



# **UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A.**

ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

## **APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP EN LA PLANTA REFORMADORA BTX DE MINATITLÁN VER.**

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO INDUSTRIAL.**

PRESENTA:

**FRANCISCO ANTONIO ESPINOSA PADRÓN.**

ASESOR DE TESIS:

**ING. VIRGINIA ARIAS MÁRQUEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Dedicatoria**

A Dios, por estar siempre a mi lado, dándome la fortaleza para continuar las muchas veces que he caído, acercándome a la FE de creer de corazón que nada es imposible si uno lo quiere, lo anhela o lo persigue, por bendecirme para poder llegar hasta dónde he llegado y por permitirme hacer realidad este sueño anhelado.

De igual forma dedico esta tesis a mis padres el Sr. Francisco Espinosa Estrada y la Sra. Velia Aurora Padrón Bolaños por haberme dado la vida y en ella la capacidad de superarme día tras día, gracias por ayudarme con su ejemplo con sus formas a construir y forjar las bases de mi educación. Gracias por su confianza y por su apoyo y por desearme siempre lo mejor en cada paso que doy a lo largo de mi vida.

Gracias por cuidarme, por demostrarme su amor corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos, gracias por sus ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan, por siempre estar a mi lado brindándome su apoyo y sus sabios consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mi hermana Laura Alicia Espinosa Padrón por siempre brindarme su ayuda en cada momento que lo he necesitado y por siempre desearme en todo éxito.

A mis preciosos hijos Constanza Espinosa Gutiérrez y Francisco Antonio Espinosa Gutiérrez por obligarme a ser mejor padre, mejor persona todos los días hacerme pensar las cosas dos veces antes de hacerlas y no acercarme a lo bellaco o ladino y así junto a su madre tratar de ponerles el mejor ejemplo.

A la persona más impórtate de mi vida, que ha hecho de mí el hombre que ahora soy, quien ha estado a mi lado en las buenas y en las malas y lidia todos los días con mis muchos defectos de carácter, mis miedos y necesidades, por aun así

Tomarme de la mano día tras día y demostrarme su amor, a ti amada esposa mía Alnair Gutiérrez Díaz por hacer que me esfuerce siempre, por no dejarme caer, por ponerme la vara más alta como nos decimos y sacar lo mejor de mí, por elegirme como esposo y padre de nuestros hermosos hijos por eso y por mil cosas más gracias amor.

Y finalmente quiero también agradecer sinceramente a todos mis maestros quienes fueron fundamentales en mis estudios y de forma muy especial a mi asesora de tesis el ING. Virginia Arias Márquez quien me guio, apoyo y corrigió durante la realización de mi trabajo de investigación, gracias por ayudarme siempre que lo necesite, gracias por su dedicación, por sus conocimientos y sobre todo por su paciencia ya que de lo contrario el desarrollo de este trabajo no hubiera sido posible. Que Dios lo bendiga.

## Índice

INTRODUCCIÓN.....	10
-------------------	----

### Capítulo I

1.1 Definición.....	17
1.2 Antecedentes Históricos.....	17
1.2.1 La seguridad industrial hasta las postrimerías del siglo XVIII.....	19
1.3 Tipos de peligro en un proceso.....	20
1.4 Conceptos generales y dimensiones de la metodología Hazop.....	21
1.4.1 Haz Op: Concepto general.....	22
1.4.2 ¿Cómo se desarrolla?.....	22
1.4.3 ¿Cuál es la secuencia lógica de razonamiento del estudio?.....	24
1.4.4 ¿Cómo se lleva a cabo?.....	25
1.4.5 ¿Cuáles son sus objetivos?.....	25
1.4.6 Hazop preparación previa del estudio.....	26
1.4.7 Hazop: Concepto de P&ID.....	27
1.4.8 Concepto de un P&ID.....	28
1.4.9 Hazop. Resultado.....	30

### Capítulo II

2.1 Aceptación social del riesgo.....	33
2.2 Peligro y riesgo. Concepto de daño.....	34
2.2.1 Peligro (hazard).....	34
2.2.2 Daño (damages).....	35

2.2.3 Riesgo (risk).....	36
2.3 ¿Qué es un análisis de riesgo de proceso?.....	36
2.4 ¿Por qué se debe realizar un análisis de riesgo de procesos?.....	37
2.5 Etapas de un análisis de riesgo de procesos.....	38
2.5.1 Primera.....	39
2.5.2 Segunda.....	41
2.5.3 Tercera.....	41
2.5.4 Cuarta.....	42
2.6 Metodologías de análisis de riesgo de procesos según	
La identificación de peligros.....	42
2.6.1 Propósito y alcance de un análisis de riesgo de procesos.....	42
2.6.2 Metodologías de la identificación de peligros.....	42
2.6.3 Metodologías cualitativas.....	43
2.6.4 Metodologías semi-cuantitativas.....	44
2.6.5 Metodologías cuantitativas.....	44
2.6.6 Metodología cualitativa hazid (hazard identification).....	44
2.6.7 Análisis mediante listas de comprobación (Chek-list).....	45
2.6.8. ¿What – if.....? (¿Qué pasa si.....?).....	45
2.6.9 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis).....	45
2.7. HAZOP (HAZARD OPERATION ENDPROCESS).....	45
2.7.1 Análisis What if.....	47
2.7.2 Propósito.....	48
2.7.3 Tipos de resultado.....	48
2.7.4 Requerimientos de recursos.....	49
2.8 Aspectos generales del desarrollo de un análisis de riesgo de proceso.....	49
2.8.1 Organización y preparación de un análisis de riesgo de procesos.....	49
2.8.2 Logística.....	52
2.8.3 Resultados.....	53
2.8.4 Control de calidad.....	54

2.8.5 Revalidación.....	54
2.8.6 Contratación a terceros.....	55
<b>2.9 Evaluación del riesgo de los peligros identificados</b>	
En un análisis de riesgo de procesos.....	55
2.9.1 Evaluación del riesgo.....	56
2.9.2. Métodos De evaluación CEL e introducción al RiskGraph.....	58
2.9.3 Método CEL (Consequence Exposition Likelihood).....	59
2.9.4 Matriz de exposición.....	59
2.9.5 Matriz de probabilidad.....	60
2.9.6 Matriz de consecuencias.....	60
2.9.7 Método Risk Graph.....	63
2.9.8 Estructura del método Risk Graph.....	64

### **Capítulo III**

3.1. Historia de la refinería.....	69
3.1.1. Datos históricos de la refinería.....	69
3.2. Misión de la refinería.....	70
3.3. Visión de la refinería.....	70
3.4. Valores de la refinería.....	71
3.5 Misión del sector 2.....	72
3.6 Visión del sector 2.....	72
3.7 Política SSPA.....	73
3.8 Política PIA.....	73
3.9 Política de confiabilidad.....	74

## Capítulo IV

4.1 Nodo 1.....	76
4.2 Nodo 2.....	83
4.3 Nodo 3.....	90
4.4 Nodo 4.....	93
4.5 Nodo 5.....	100
4.6 Nodo 6.....	106
4.7 Nodo 7.....	109
4.8 Nodo 8.....	117
4.9 Nodo 9.....	121

## Capítulo V

5.1 Análisis costo beneficio .....	128
5.2 Costo HAZOP.....	129
5.3 Estimación costo reparación del incidente.....	130
5.4 Estimación costo de paro de producción/Ganancia/Nomina.....	131

<b>Conclusión.....</b>	<b>140</b>
------------------------	------------

<b>Bibliografía.....</b>	<b>141</b>
--------------------------	------------

## Anexo

Palabras guías.....	143
Análisis de posibles parámetros.....	144
Matriz de exposición.....	145
Matriz de probabilidad.....	145
Matriz de exposición (Método CEL).....	146
Actuaciones necesarias en función del riesgo.....	147



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Promulgación de las leyes sobre seguridad en los países de América...	18
Tabla 2. Puntos de un informe HAZOP .....	30
Tabla 3. Tipos de peligro de un proceso .....	35
Tabla 4. Pasos a realizar en un análisis de riesgo de proceso.....	38
Tabla 5. Metodologías de análisis recomendadas según su idoneidad de aplicación .....	46
Tabla 6. Estimación de tiempo para el uso de la técnica de análisis de what-if....	48
Tabla 7. Matriz de exposición.....	59
Tabla 8. Matriz de Probabilidad.....	60
Tabla 9. Matriz de Consecuencias.....	61
Tabla 10. Actuaciones necesarias en función del riesgo.....	62
Tabla 11 Costo análisis hazop de la planta BTX.....	129
Tabla 12 Costo reparación del incidente.....	130
Tabla 13 Estimación costo paro de producc/ganancia/nomina.....	131
Tabla 14. Significado de palabras guías.....	132
Tabla15 Análisis de posibles parámetros.....	133
Tabla 16. Matriz de probabilidad.....	134
Tabla 17. Matriz de exposición.....	134
Tabla 18. Matriz de exposición (Método CEL).....	135
Tabla 19. Actuaciones necesarias en función del riesgo.....	136

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología HAZOP: Conceptos generales.....	21
Figura 2: Secuencia del estudio Hazop.....	24
Figura 3: Esquema de contenidos.....	32
Figura 4: Factores que afectan a la aceptación social del riesgo.....	33
Figura 5: Etapas de un análisis de riesgo.....	39
Figura 6: Elementos de un escenario accidental.....	40
Figura 7: Esquema orientativo de un posible desplazamiento de trabajo.....	52
Figura 8: Niveles de aceptabilidad de riesgo.....	57
Figura 9: Tipos de impactos.....	66
Figura 10: Pautas de recomendación.....	67

## **INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad los problemas más graves que la industria afronta, se deben a la poca capacitación del personal que labora en los procesos de las mismas. La evaluación de riesgo no ha sido considerada como elemento principal para la prevención de daños que puede originar grandes consecuencias, generando efectos negativos a la integridad física de las instalaciones y del mismo personal; por lo que es del todo necesaria la aplicación de metodologías que ayudaran a prevenir estos problemas.

La metodología Hazop hace posible crear dentro de las empresas una cultura permanente de prevención de riesgos que se viva, se transmita y permanezca en las organizaciones, utilizando una herramienta efectiva, de bajo costo y con la participación de las personas interesadas.

La problemática consiste en que generalmente quienes practican la rutina de los trabajos, en ocasiones no actúan de la mejor manera para identificar y tomar acciones correctivas y como no existió el reporte de algo mal, estas personas asumieron que todo estaba normal.

Generalmente todos los procesos tienen riesgos, esto debido a la mala operación o por la deficiencia en el diseño, la construcción o por posibles fallas humanas en su operación, por ello es muy importante contar con una herramienta efectiva, de fácil aprendizaje y de aplicación práctica que ayude a quienes laboran en una empresa o industria a detectar de forma temprana los riesgos potenciales, los cuales puedan generar grandes y graves consecuencias al proceso operativo para tomar acciones predictivas, preventivas y optimizar los costos operacionales. Esta metodología ayuda a transformar a los usuarios en personas más conscientes de los riesgos y de su responsabilidad en la eliminación o reducción de los mismos, contribuyendo a los mismos programas de mejoramiento continuo.

**TÍTULO**

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP EN EL PROCESO DE ARRANQUE  
DE LA PLANTA REFORMADORA BTX

### **PROBLEMA**

Es necesaria la aplicación de la metodología de análisis HAZOP en el proceso de arranque de la planta reformadora BTX

### **HIPÓTESIS**

¿Aplicando la metodología HAZOP se podrán disminuir los riesgos de accidente en el proceso de arranque de la Planta Reformadora BTX?

## JUSTIFICACIÓN

La naturaleza de los procesos industriales y operaciones que se realizan en PEMEX implican riesgos de accidentes, mismos que deben identificarse y evaluarse para implantar las medidas que eviten la ocurrencia de los mismos o que minimicen las consecuencias asociadas a dichos riesgos (PEMEX, 2007).

Para los análisis de riesgo en PEMEX es común utilizar una metodología conocida como what if? por ser un método sencillo y económico, además de ampliamente aplicable. Sin embargo, el método se basa en contestar preguntas previamente formuladas por un grupo multidisciplinario; pero, si en este grupo pasara desapercibido algún escenario de riesgo importante, las consecuencias podrían alcanzar un máximo riesgo. Por la razón anterior, el método what if? no necesariamente es la herramienta de análisis más adecuada.

Existen otros métodos de análisis de riesgo, sin embargo, la mayoría de ellos requieren información específica con respecto a las probabilidades de falla, y por lo tanto generalmente no son aplicables para las instalaciones de PEMEX en México, donde la información detallada no existe.

El método “HAZOP”, involucra la investigación de desviaciones del intento de diseño o propósito de un proceso en varios puntos claves de todo el proceso, de modo estructurado y sistemático, por un equipo multidisciplinario que llevará a cabo el estudio de riesgos y operatividad, usando una serie de palabras guías aplicadas a cada parámetro seleccionado para determinar mediante la discusión propositiva y la generación de ideas, lo siguiente:

- Las desviaciones de los parámetros de operación o de un paso del procedimiento.
- Las causas que las propician y sus consecuencias.
- Los sistemas de protección o mitigación que reducen la frecuencia de dichas causas y la gravedad de sus consecuencias.
- Los índices de riesgos.
- Las recomendaciones para eliminar, reducir o controlar los riesgos encontrados y las acciones para resolverlas.

## **OBJETIVOS.**

### **General:**

Analizar e identificar riesgos de operatividad en proceso de arranque de la planta reformadora BTX, mediante la aplicación de la metodología HAZOP, partiendo de la premisa de que los problemas de operatividad se producen por causa de una desviación de las condiciones de operación, con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada (diseño, arranque, operación normal, operación en una emergencia, paro, etc.), esto permite evaluar las consecuencias a la instalación, producción, personal, a la población y al ambiente.

### **Específicos:**

1. Identificar el propósito de un proceso y los posibles escenarios a presentarse en la instalación, que podrían llevar a eventos de alto riesgo.
2. Investigar la normativa nacional e internacional existente para la gestión de riesgos de procesos.
3. Proponer medidas de prevención para reducir la probabilidad del evento y limitar sus consecuencias hasta un nivel aceptable.
4. Investigar la normativa nacional e internacional existente para la gestión de riesgos de procesos.
5. Identificar el propósito de un proceso y los posibles escenarios a presentarse en la instalación, que podrían llevar a eventos de alto riesgo.
6. Proponer medidas de prevención para reducir la probabilidad del evento y limitar sus consecuencias hasta un nivel aceptable.



# Capítulo I

## **1.1 Definición**

El análisis HazOp es un método estructurado, sistemático y a la vez creativo, que sirve para identificar peligros y problemas operativos, que resultan de desviaciones de la intención del diseño y que pueden acarrear consecuencias indeseables.

Consiste en que un líder experimentado guía al equipo de análisis a través del diseño del sistema analizado, utilizando un conjunto de “palabras guía”, las cuales se aplican a las secciones o nodos del proceso y se combinan con parámetros específicos del proceso para identificar desviaciones potenciales de la operación concebida de la instalación. La técnica HazOp necesita información detallada del diseño y de la operación del proceso.

## **1.2 Antecedentes Históricos**

Antecedentes del desarrollo de la seguridad. Es en realidad en este siglo cuando la seguridad ha cobrado relevancia ya que los gobiernos de muchos países se han preocupado por desarrollar una verdadera legislación al respecto. Sin embargo, este proceso se ha dado de manera gradual.

A continuación se presentara como los países<sup>1</sup> de América han ido promulgando sus primeras leyes sobre seguridad.<sup>1</sup>

AÑO/ PAIS	AÑO/ PAIS	AÑO/ PAIS
1910: Estados Unidos de América	1919: Brasil	1930: Nicaragua
1911: El Salvador y Perú	1921: Ecuador	1931: México
1914: Uruguay	1923: Venezuela	1932: Republica Dominicana y España
1915: Argentina	1924: Costa Rica y Bolivia	1946: Guatemala
1916: Chile, Colombia Y Panamá	1927: Paraguay	1952: Honduras

**TABLA 1. Promulgación de las leyes sobre seguridad en los países de América**

Fue hasta 1932 en donde estados unidos empezó a llevar un control sobre los riesgos de trabajo, control que sirvió de base para grandes estrategias nacionales de prevención de accidentes.

Con el fin de ubicarse en el contexto actual, haremos una breve revisión de la evolución de la seguridad desde sus orígenes hasta nuestros días, la cual es muy importante a nivel nacional dentro de las diversas organizaciones.

---

<sup>1</sup>LETAYF JORGE Y GONZALEZ CARLO. SEGURIDAD HIGIENE Y CONTROL AMBIENTAL

### **1.2.1 LA SEGURIDAD INDUSTRIAL HASTA LAS POSTRIMERÍAS DEL SIGLO XVIII**

Si se analiza al hombre desde la antigüedad nos daremos cuenta de que este siempre ha tenido el mismo problema: protegerse de las adversidades y de los peligros que presenta el medio ambiente.

Cuando el hombre creó sus primeras herramientas en la Edad de Piedra, es probable que haya sufrido lesiones al dominarlas. También pudo haber padecido lesiones por caídas, por el ataque de animales o por agresiones de sus congéneres.

Posteriormente, en la edad de Bronce, cuando se inició el desarrollo de prácticas artesanales y la agricultura, el hombre se expuso a riesgos diferentes, y adquirió conciencia de los peligros que encerraban esas nuevas prácticas. Pero es probable que en esa época fuera más importante la seguridad colectiva que la individual, por lo que el hombre le dio muy poca importancia al protegerse de los peligros de dichas prácticas.

El desarrollo de la civilización trajo consigo la lucha por obtener más territorios, y con ello las guerras. Ese nuevo peligro: las lesiones por armas de combate, llevó al hombre a construir medios para defenderse de ellas, lo que constituye el antecedente del equipo de protección personal.

Grimaldi y Simonds, en su libro: La seguridad industrial, su administración, menciona que probablemente el primer antecedente legal de protección y seguridad haya sido el código de Hammurabi, que data del año 2100 a.C., lo que significa que este antecedente tiene más de 4000 años de antigüedad.

El desarrollo de la seguridad permaneció más o menos estancado desde el siglo II d.C., hasta el siglo XVIII, ya que en pocas ocasiones los patrones se preocuparon por proteger a los trabajadores. Era una práctica común utilizar niños y mujeres en

el trabajo, pues representa una mano de obra más barata y además, no había leyes que los protegieran. Esto ocasiono innumerables abusos y la explotación de ellos.

### 1.3 Tipos de peligro en un proceso:

- **Peligro de fuego:** Incendio de charco (pool fire), de dardo, llamarada (flash fire), bola de fuego (fire ball), etc.
- **Peligro de explosión:** Explosión física o química, confinada o no confinada, breve, explosión de polvo, descomposición térmica, reacciones fuera de control.
- **Peligro de fuga tóxica:** Escape de sustancias nocivas y/o tóxicas (trabajadores, público externo y medio ambiente).
- **Peligro de reactividad de sustancias:** Descomposición descontrolada, polimerización, compuestos inestables.
- **Peligros asociados a las características de las sustancias presentes, intervinientes y generadas en el proceso de la planta:** Materias primas, productos intermedios, finales subproductos, aditivos, catalizadores, desechos.
- **Peligros derivados de los materiales, los equipos y sus condiciones de operación:** Equipamientos de procesos de la instalación, altas presiones, alta temperatura, asfixia por presencia de O<sub>2</sub>, superficies calientes.

## 1.4 Conceptos generales y dimensiones de la metodología de HazOp.

Conceptos generales describe elementos básicos para entender la dimensión y conceptos previos necesarios para el desarrollo de un análisis de riesgo de proceso a través de la metodología HazOp (hazard operability study).

También se conocerá que resultados se obtienen de este análisis y como se deben gestionar las conclusiones generadas.

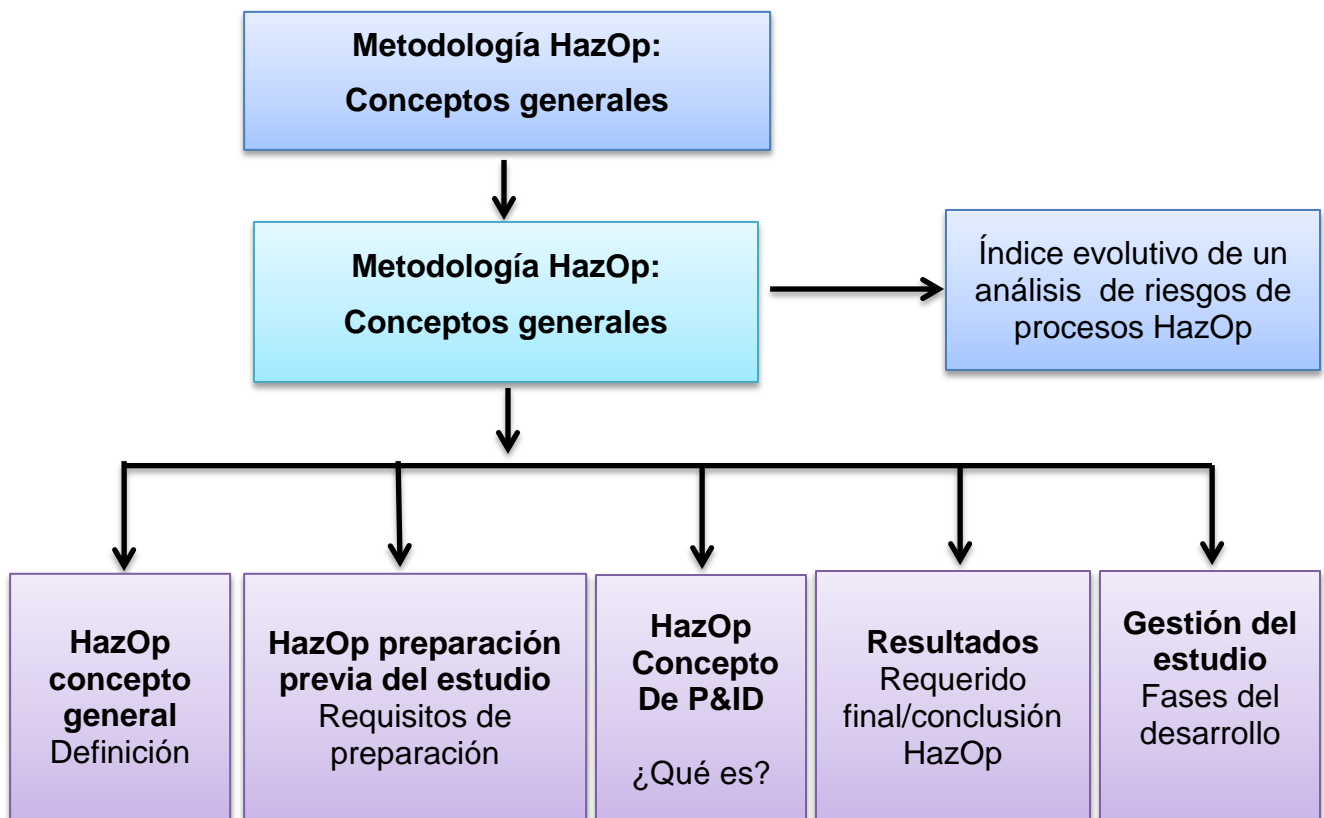


Figura 1: Metodología HAZOP: Conceptos generales  
Ilustración 1<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Metodologías de Análisis de Riesgo de Procesos

### 1.4.1 HazOp: Concepto general ¿Qué es y qué te permite?

El estudio HazOp (hazard and operability study) es una técnica estructurada y sistemática de análisis de riesgo que permite identificar peligros potenciales y problemas operacionales en procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos de instrumentación (P&ID).

Por lo tanto, ésta metodología de análisis HazOp es ampliamente utilizada en plantas de procesos, permitiendo identificar sucesos indicadores, habitadores y consecuencias asociadas a las desviaciones de las variables (temperatura, presión, flujo y niveles) de operación y sus externos.

La metodología Hazop se centra en el análisis de las desviaciones de las variables o parámetros (temperatura, presión, flujo y nivel) característico de la instalación del proceso.

### 1.4.2 ¿Cómo se desarrolla?

El estudio comienza con la subdivisión del proceso de una serie de partes o nodos. En cada uno de los nodos se estudian las derivaciones de las variables del proceso. La técnica utiliza palabras guías (no, mas, menos, etc.) que aplica a las variables de proceso (temperatura, presión, flujo y nivel etc.) determinan las causas del escenario accidental.

Para cada causa-consecuencia se tendrá que identificar las salvaguardas que puedan prevenir, controlar y/o mitigar la situación peligrosa identificada<sup>3</sup>, si las salvaguardas existentes no son suficientes para minimizar el riesgo del escenario accidental identificado, se propondrán nuevas salvaguardas de prevención o mitigación.

El análisis de riesgo de proceso HazOp debe realizarse para cada modo de operación de la planta, es decir; para funcionamiento a régimen operativo, arranque de planta, paro programado, mantenimiento normal de equipos con la unidad en marcha, etc.

La evaluación del riesgo dentro de un análisis de riesgo de procesos nos determina hasta qué punto los peligros identificados en el mismo pueden manifestarse de manera más o menos probable, así como la magnitud de los daños o consecuencias que los mismos puedan producir.

El escenario es la situación identificada en un proceso que puede ocasionar daño en caso de que se desarrolle y sin control<sup>4</sup>

### 1.4.3 ¿Cuál es la secuencia lógica del razonamiento del estudio?

---

<sup>3</sup> Repsol Exploración México S.A de C.V  
Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos

<sup>4</sup> Repsol Exploración México S.A de C.V  
Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V



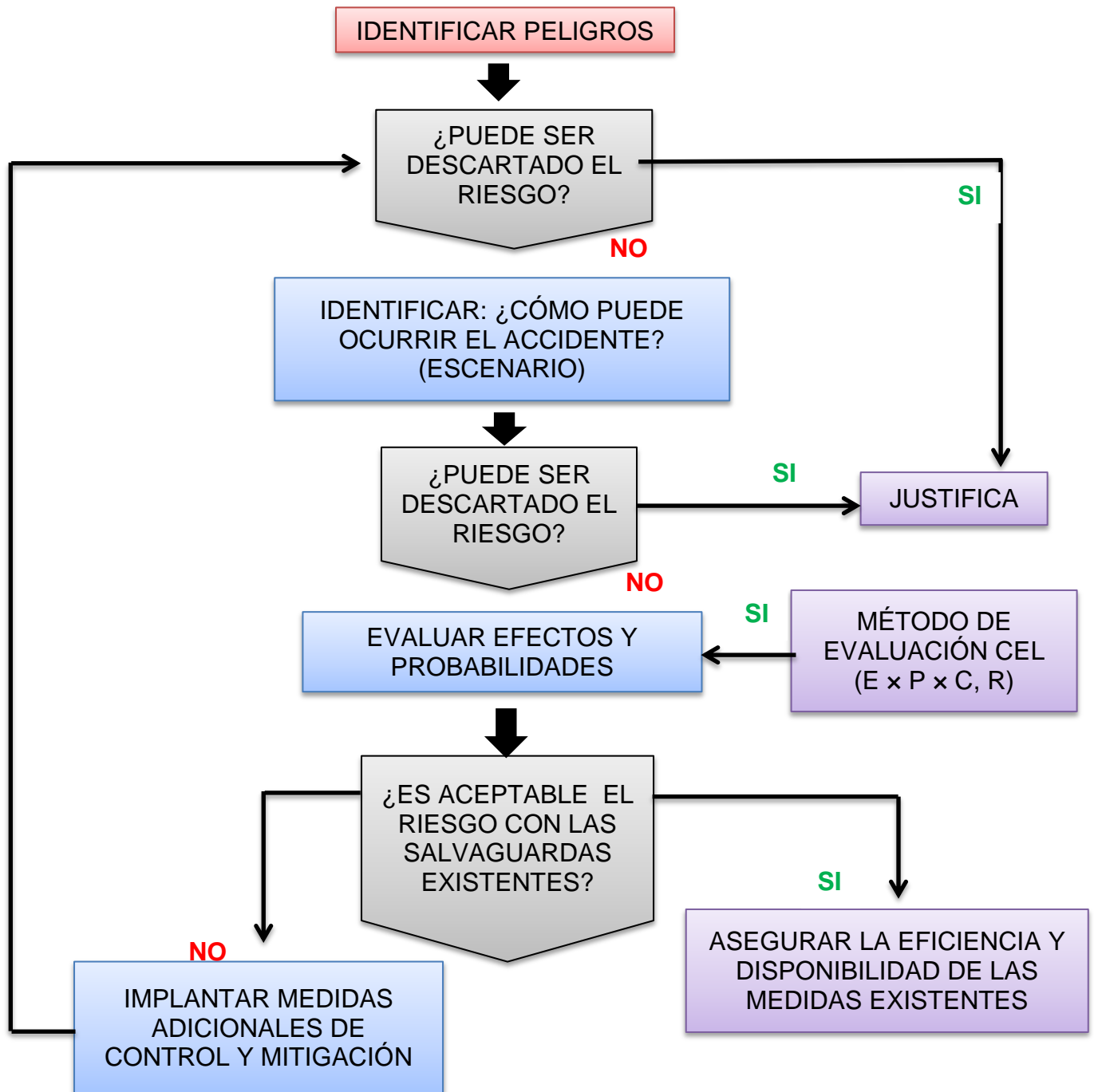


Figura 2: Secuencia del estudio HazOp  
Ilustración 2

#### 1.4.4 ¿Cuándo se lleva a cabo?

De forma general, se considera preferente el uso de esta metodología para plantas de procesos y diseños nuevos.

De acuerdo con la “Normativa de seguridad y medio ambiente” todos los proyectos de inversión de plantas de procesos, transporte (oleoductos o gasoductos), carga, descarga y almacenamiento con manejo de sustancias peligrosas, deben disponer de un análisis de riesgo de procesos.

Por lo tanto todas la unidades existentes de proceso o de transporte carga descarga o almacenamiento que manejan peligrosas deben disponer de un estudio Hazop actualizado.

A continuación se muestran las fases de proyecto y operación donde sería recomendada la aplicación de un análisis de riesgos de procesos Hazop.

#### **1.4.5 ¿Cuáles son sus objetivos?**

Los objetivos más significativos de este tipo de estudios son:

- Realizar un estudio sistemático de la identificación de las causas de la derivación de las condiciones de operación, determinación de las consecuencias de dichas desviaciones y de las salvaguardas existentes en las instalaciones prevenirlas o mitigarlas.
- Identificar aquellas áreas de las instalaciones que puedan tener peligros potenciales significativos.
- Decidir, cuando sea “razonablemente factible”, las acciones correspondientes necesarias.

Al igual que los objetivos y para otras metodologías PHA comentadas, es fundamental al inicio del análisis definir también el motivo y el alcance por el cual es necesario realizar este estudio.

### **HazOp preparación previa del estudio.**

La información y documentación mínima necesaria para llevar a cabo un análisis de riesgo de procesos Hazop es la comentada a continuación.

- **Ficha/hojas de datos de seguridad** de los productos químicos manejados en el proceso. En proyectos nuevos pueden no estar disponibles las hojas de datos de seguridad de los productos, en cuyo caso se sustituirán por la información aportada por el licenciatario.
- **Diagramas P&ID** que reflejen de modo real los procesos que se someten a la revisión. En procesos complejos deberá ser completada con planos PDF (diagramas de flujo del proceso ) para facilitar su interpretación
- **Plano actualizado de la implantación de la instalación.**
- **Documentos descriptivos del proceso y de la filosofía de control y bloqueo.** Para unidades en funcionamiento será necesario el manual de operaciones; para el caso de unidades nuevas la descripción del proceso y operaciones serán facilitadas por el licenciatario o la ingeniería. Esta descriptiva, junto con el P&ID tendrán que permitir comprender a todos los participantes del análisis el funcionamiento del proceso y su respuesta a las fluctuaciones de operación, incluyendo las actuaciones de bloqueo previstas por diseño.
- **Procedimientos escritos.** Por aquellos modos de operación especial que se deseen incorporar al análisis Hazop. Esta documentación solo será obligatoria en caso de querer realizar un análisis Hazop específico de cada uno de los procedimientos disponibles (para ello se utiliza una variante de la técnica Hazop de aplicación completa al análisis procedimental).

Es imprescindible que una parte sustancial del conocimiento sea aportado al estudio a través de la experiencia de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo asignado al desarrollo del estudio Hazop.

#### **1.4.6 Hazop: Concepto de P&ID.**

Se entiende por P&ID (Piping and Instrument Diagram) a un diagrama de proceso e instrumentación. Estos diagramas muestran como los equipos (bombas, compresores, calentadores, etc.), componentes (válvulas automáticas, filtros etc.) y elementos (torres estabilizadoras, separadores, acumuladores, etc.) de los procesos industriales están interconectados entre si mostrando la instrumentación detallada (tanto de control como de identificación de los mismos) presentes en las líneas del sistema. Además estos diagramas deberán ser interpretados correctamente por aquellas personas responsables del buen funcionamiento del proceso con el fin de disminuir y/o eliminar las probabilidades de riesgo en el proceso.

El P&ID muestra el proceso en su totalidad y proporciona una guía completa para operaciones de proceso e instrumentación involucradas en el mismo permitiendo visualizar todos los sistemas de control. Por lo tanto se trata de una herramienta valiosa de nuestro proceso de planta.

### 1.4.7 Conceptos de un P&ID

Son necesarios para interpretar y conocer el funcionamiento de un proceso controlado utilizando un conjunto de símbolos y definiciones estándar desarrollados por ANSI e ISA.

**ANSI**: American National Standards Institute.

**ISA**: Instrumentation Systems and Automation Society.

**El estándar es el ANSI/ISA S-5.1-1984(R1992).**

La representación del proceso controlado de acuerdo al estándar da lugar a los diagramas P&ID

**Los elementos que interviene en un diagrama son:**

- Elementos básicos (del proceso): Proceso o planta a controlar / etiquetas de identificación de la función de un elemento / notas aclaratorias.
- Símbolos de líneas (del proceso): Señales eléctricas, neumáticas, hidráulicas, digitales, etc.

- Simbología de instrumentación y de equipos (de proceso): Sensores, transmisores, controladores, PLC'S, etc. Definidos por una letra, que especifica la función y un número que especifica su localización o bucle en el que se encuentra.
- Símbolos de funciones matemáticas (símbolos de instrumentación y equipo): Aparecen especificadas en el diagrama de P&ID y su indicación denota una implementación por hardware.
- Símbolos de actuadores (del proceso): Tienen diferentes formas propias de tipo de actuador. Se entiende por "actuador", a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado. La norma comentada con anterioridad da libertad (siempre dentro de un estilo común) para la creación de nuevos símbolos.
- Otros símbolos son: anotaciones adicionales para la fácil interpretación de los diagramas<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

### 1.4.8 Hazop: Resultado

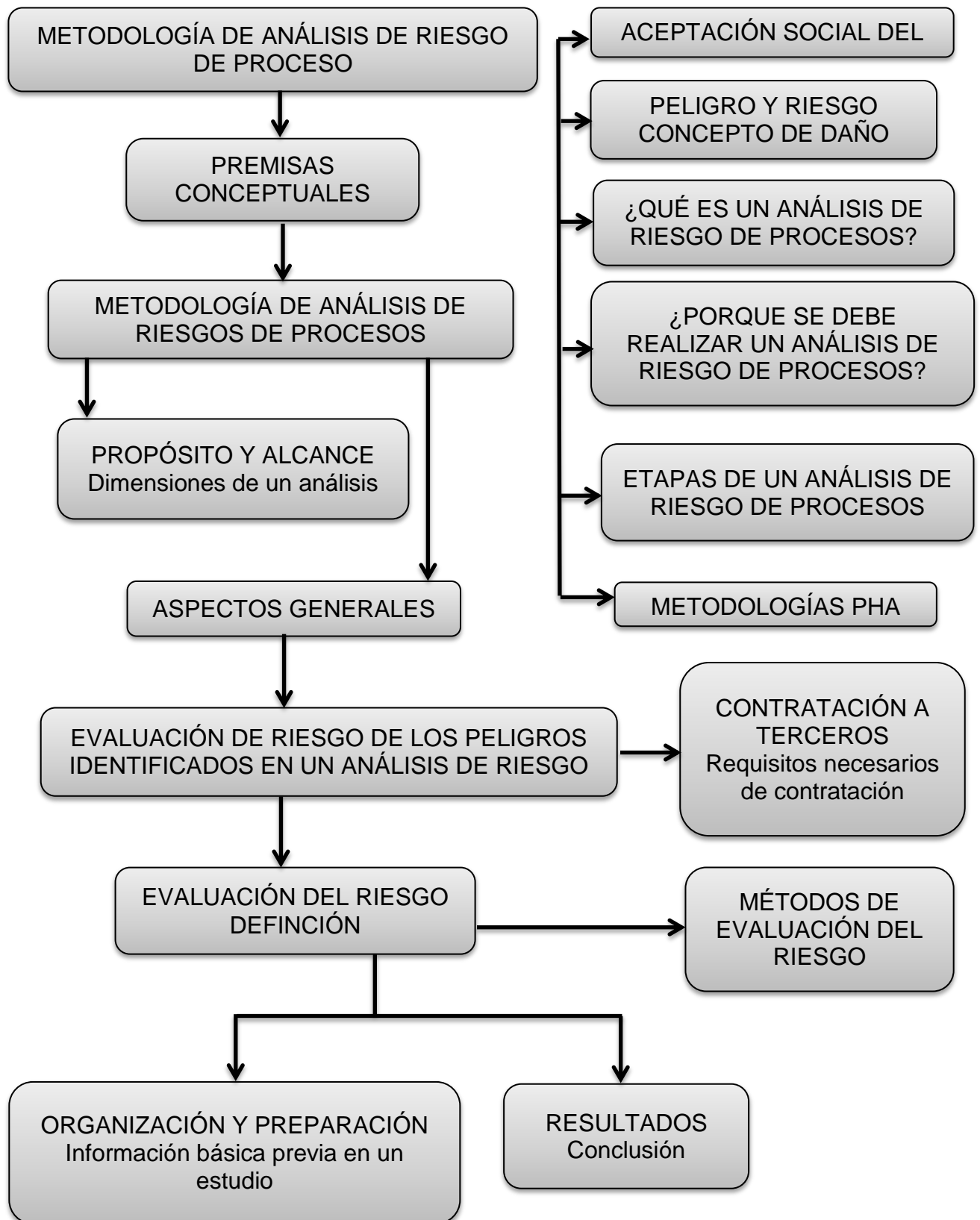
<b>Puntos del informe final</b>	Contenidos.
<b>Informe Hazop</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compañía (Company).</li> <li>• Localización (Location).</li> <li>• Establecimiento-instalación (Facility).</li> <li>• Método PHA (PHA Method): HazOp.</li> <li>• Tipo de PHA (PHA Type): inicial, actualización o revalidación.</li> <li>• Descripción del proceso (Process).</li> <li>• Nombre del fichero (File description).</li> <li>• Fecha (date).</li> <li>• Sustancias químicas (Chemical).</li> <li>• Propósito (Porpuse).</li> <li>• Alcance (Scope).</li> <li>• Objetivo (objectives).</li> <li>• Anotaciones sobre el proyecto (Project notes).</li> <li>• Listado de secciones y asistentes: sesión, fecha, hora de inicio, duración, asistente, cargo.</li> </ul>
<b>Tablas Hazop (WORKSHEET)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollados del análisis.</li> </ul>
<b>Seguimiento de las propuestas de mejora.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paquete de recomendaciones generadas en el análisis Hazop.</li> <li>• Listado automático que genera la aplicación PHAWork.</li> <li>• Fichas de registro de asignación de acciones HazOp.</li> </ul>
<b>Puntos del informante final</b>	<b>CONTENIDOS</b>
<b>Planos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planos P&amp;ID (con los nodos identificados según un código de colores).</li> <li>• Planos PDF.</li> <li>• Planos de implementación.</li> <li>• Otros planos de interés.</li> </ul>
<b>Manuales y Procedimientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación utilizada para la gestión de un análisis Hazop</li> </ul>

Tabla 2. Puntos de un informe HazOp

No se debe considerar que un estudio Hazop ha concluido hasta que todas las recomendaciones han sido discutidas y/o ejecutadas.

## Capítulo II





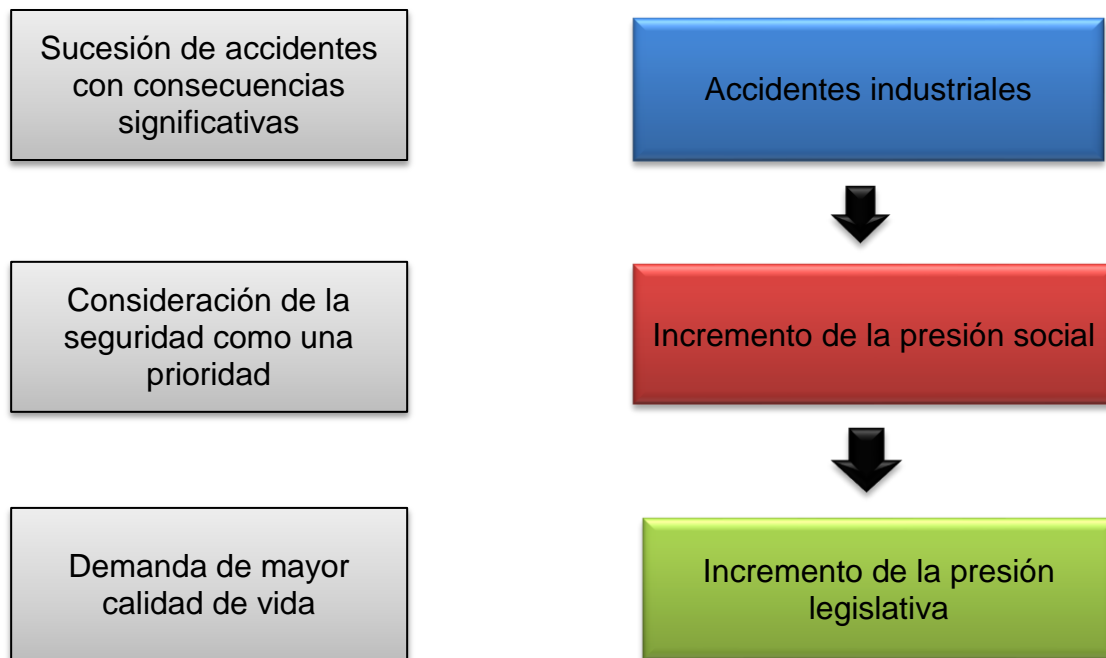
**Figura 3: Esquema de contenidos**  
Ilustración 3

## 2.1 Aceptación social del riesgo.

El riesgo es algo inherente a la realización de cualquier actividad ya sea de tipo natural o artificial. Por ejemplo las piedras corren el riesgo de sufrir erosión o al cruzar una calle se corre el riesgo de ser atropellado.

Además los riesgos pueden ser inevitables, aunque se puede paliar, o asumibles como contrapartida de los beneficios que se obtiene de la aceptación de los mismos.

Como consecuencia de esta situación se puede decir que en la actualidad existen varios tipos de factores que afectan a la aceptación social del riesgo.



**Figura 4: Factores que afectan a la aceptación social del riesgo**  
Ilustración 4

En lo que respecta al sector industrial, los índices de accidentabilidad de la industria química y petroquímica son mucho más bajos que en la mayoría de las actividades industriales, sin embargo, algunos accidentes graves ocurridos en las últimas cuatro décadas en todo el mundo, han originado, por un lado, un importante rechazo social por parte de la opinión pública y por lo tanto la adopción de una normativa más estricta que regule la actividad de las industrias, por parte de las autoridades estatales y gubernamentales<sup>6</sup>.

## 2.2 PELIGRO Y RIESGO. CONCEPTO DE DAÑO

Es posible definir el concepto de peligro y riesgo de diferentes formas, las presentadas a continuación son las formas establecidas.

### 2.2.1 peligro (hazard)

**Definición:** Condición física o química que tiene el potencial de causar daños a las personas, el medio ambiente o a las instalaciones. En un lenguaje poco formal se puede expresar el concepto de peligro del siguiente modo: “situación potencialmente dañina”.

Algunos ejemplos de clasificación de peligros y sustancias o escenas asociadas son:

- Peligro físico, alta presión.
- Peligro químico, materiales tóxicos.
- Peligro mecánico partes móviles de equipos.
- Peligros eléctricos, alto voltaje etc.

---

<sup>6</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

## 2.2.2 DAÑO (DAMAGE)

**Definición:** Perjuicio lesión o detrimento que se produce sobre elementos vulnerables sometidos a los efectos derivados de situaciones de peligro. Por lo tanto el daño es la materialización del peligro.

Los análisis de riesgos de procesos detectan y analizan los peligros asociados a las sustancias procesadas e intervinientes en una instalación. En este sentido se puede encontrar la siguiente tipología de peligros.

<b>Peligro de fuego</b>	Incendio de charco (pool fire), de dardo, llamarada flash fire), bola de fuego (fireball) etc.
<b>Peligro de explosión</b>	Explosión física o química, confinada o no confinada, breve, explosión de polvo, descomposición térmica, reacciones fuera de control.
<b>Peligro de fuga toxica</b>	Escape de sustancias nocivas y/o toxicas (Trabajadores, población y/o medio ambiente.)
<b>Peligro de reactividad de sustancias</b>	Descomposición descontrolada, polimerización, compuestos inestables.
<b>Peligros asociados a las características de las sustancias presentes, intervinientes y generadas en el proceso de la planta.</b>	Materias primas, productos intermedios, finales, subproductos, aditivos, catalizadores, desechos.
<b>Peligros derivados de los materiales, los equipos y sus condiciones de operación</b>	Equipamientos de procesos de la instalación, altas presiones, alta temperatura, asfixia por ausencia de O <sub>2</sub> , superficies calientes, etc.

Tabla 3. Tipos de peligro de un proceso

La identificación de peligro consiste en determinar y caracterizar las situaciones que pueden generar daños

Así, una vez identificados los peligros inherentes al proceso, los daños a detectar en este tipo de análisis, establecidos en la normativa de seguridad y medio ambiente son los indicadores a continuación.

- Posibles daños a la salud y seguridad de los trabajadores de la instalación.
- Posibles daños a las población (personas externas a la planta) fuera de las instalaciones
- Posibles daños (impacto) sobre el medio ambiente.
- Posibles daños a las instalaciones (daños materiales).
- Posibles daños a la imagen de la empresa.

Toda consecuencia indeseada (daño) tiene asociado un riesgo que debe ser evaluado.

### 2.2.2 RIESGO (RISK).

**Definición:** Combinación de la probabilidad y las consecuencias de la materialización de un peligro. Es un lenguaje menos formal se puede expresar ambos conceptos de la siguiente manera: “El riesgo es la combinación de dos factores: el daño que puede producirse y su probabilidad de ocurrencia. Así se deberá tener en cuenta el límite hasta el cual es asumible, el riesgo, fijado por lo tanto nuestro rango de aceptación de riesgo”.

**RIESGO=EXPOSICION×PROBABILIDAD×CONSECUENCIA<sup>7</sup>.**

---

<sup>7</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

## 2.3 ¿QUÉ ES UN ANALISIS DE RIESGO DE PROCESOS?

El riesgo es algo inherente a cualquier actividad humana, por ejemplo, los operadores de una planta de proceso corren el riesgo de intoxicación debido a las sustancias que se manejan en el mismo, (peligro químico) o un peatón corre el riesgo de ser atropellado al cruzar la calle. Se hará énfasis al primer tipo de riesgo el industrial.

El riesgo es la probabilidad de que el peligro (operador con sustancias químicas) derive en un accidente (intoxicación), que a su vez, genere unos determinados daños o consecuencias (daños físicos al operador). Este tipo debe ser identificado y valorado de modo que se pueda tomar medidas para controlarlo y minimizarlo.

**Definición:** Se entiende por análisis de riesgo de procesos la aplicación de una serie de técnicas que permiten la adecuada identificación de peligros en las instalaciones, así como la valoración cualitativa y/o cuantitativa de los riesgos presentes en cualquier proceso de la misma, a fin de controlarlos y minimizarlos.

## 2.4 ¿Por qué se debe realizar un análisis de riesgo de procesos?

La normativa corporativa especifica que, todas las unidades de proceso, transporte, carga, descarga o almacenamiento de sustancias peligrosas dispongan un análisis de riesgos de procesos válido y actualizados, con el único fin de evitar daños a las personas, instalaciones y medio ambiente.

## 2.5 ETAPAS DE UN ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS.

La realización de un análisis de riesgo de procesos consta de varias etapas, que se sintetizan a través de los siguientes pasos que aparecen en el siguiente contenido<sup>8</sup>.

<p><b>¿Qué puede ir mal? (¿Qué puede ocurrir?)</b></p> <p>En esta etapa se lleva a cabo la identificación de las fuentes que potencialmente pueden dar lugar a accidentes, así como la identificación de posibles formas en que pueden ocurrir esos accidentes.</p>	<p><b>Paso 1:</b></p> <p>Identificación</p> <p>Peligros (PHA).</p>	<p><b>Identificación de fuentes potenciales de accidentes</b></p>	<p><b>Análisis del riesgo</b></p>
<p><b>¿Cuáles son las consecuencias? (¿Cuáles son los efectos?)</b></p> <p>Se realiza una estimación de las posibles consecuencias del accidente.</p> <p><b>¿Cada cuánto se estima? (¿con que frecuencia?)</b></p> <p>En esta etapa se estima la probabilidad de ocurrencia del accidente.</p>	<p><b>Paso 2:</b></p> <p>Cuantificación (cualificación) del riesgo.</p>	<p><b>Evaluación del riesgo</b></p>	
<p><b>¿Es tolerable el riesgo? (¿Cuál es la relevancia del riesgo?)</b></p> <p>Se evalúa el riesgo y se compara con los niveles de tolerancia del riesgo preestablecido.</p>	<p><b>Paso 3:</b></p> <p>Evaluar. Tomar decisiones.</p>	<p><b>Criterio de aceptabilidad del riesgo</b></p>	
<p><b>ACTUACIÓN</b></p>	<p><b>Paso 4:</b></p> <p>Reducir, controlar, tolerar el riesgo.</p>	<p><b>Gestión del riesgo</b></p>	

Tabla 4. Pasos a realizar en un análisis de riesgo de proceso

<sup>8</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

También se puede observar a través de las siguientes gráficas de manera global la evolución de las etapas a completar a la hora de desarrollar un análisis de riesgos de procesos:

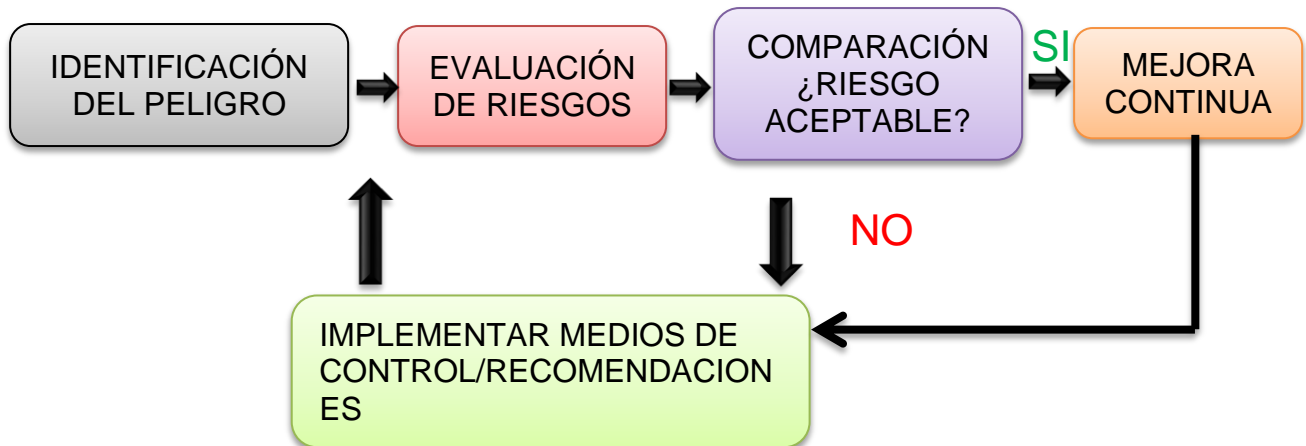


Figura 5: Etapas de un análisis de riesgo  
Ilustración 5

**2.5.1 PRIMERA:** Identificar los peligros presentes en las instalaciones (definición de escenarios accidentales). A las diferentes técnicas para identificar peligros de procesos se les conoce por *PROCESS HAZARD ANALYSIS* (ANÁLISIS DE PELIGRO DE PROCESOS), en adelante PHA.

Metodologías PHA.

HAZID (HAZARD identificación).

Checklist o lista de comprobación.

WHAT IF (¿qué pasa si...?).

FMEA (Failure Modes and Affects Analysis).

HAZOP (Hazard and operability studies)<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V



**Definición:** Por escenario o escenario accidental se entiende la situación identificada de un proceso que puede ocasionar daño en caso de que se desarrolle completamente y sin control. Así se puede decir que un escenario accidental es el resultado de la materialización del riesgo.



**Figura 6: Elementos de un escenario accidental**  
Ilustración 6

10

La definición de los elementos que definen un escenario es vital para poder entender que ocurre y por qué, en definitiva, para realizar una evaluación y gestión adecuada del riesgo

<sup>10</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

**2.5.2 SEGUNDA:** Evaluar el riesgo, mediante métodos de evaluación de riesgos. Para la evaluación de riesgo se utiliza el método CEL. De forma muy resumida, el riesgo se calcula como:

$$\text{RIESGO}=\text{EXPOSICION}\times\text{PROBABILIDAD}\times\text{CONSECUENCIA}$$

En función del valor de riesgo obtenido de esta forma se debe realizar una serie de actuaciones:

**2.5.3 TERCERA:** Comparar el riesgo evaluado con un criterio de referencia preestablecido: Niveles de aceptabilidad de riesgos, en base a la normatividad corporativa de seguridad y medio ambiente.

- INTOLERABLE: este nivel de riesgo no es admitido bajo ninguna circunstancia. Se debe suspender la actividad de forma inmediata y solo podrá reanudarse cuando se demuestre que el riesgo ha sido reducido a un nivel tolerable.
- TOLERABLE: se deben tomar medidas, de formas inmediatas, para reducir el riesgo a niveles tan bajos como sea razonablemente posible.
- ACEPTABLE: aunque el nivel de riesgo sea asumible, se deben tomar medidas conducentes a su reducción según el concepto de mejora continua.

**2.5.4 Cuarta:** Determinar, según el valor final del riesgo, si es necesario o no la implementación de nuevas salvaguardas o medidas de control en el proceso analizado, que permitan reducir el riesgo a niveles aceptables. no obstante tal como se ha comentado anteriormente se implementaran acciones encaminadas a lograr una mejora continua dentro del proceso analizado.

## **2.6 METODOLOGÍAS DE ANALISIS DE RIESGOS DE PROCESOS SEGÚN LA IDENTIFICACION DEL PELIGRO.**

### **2.6.1 PROPOCITO Y ALCANSE DE UN ANALISIS DE RIESGO DE PROCESOS:**

El principal propósito al acometer este tipo de estudios en diversos procesos existentes en las plantas es conseguir el diseño y la operación de las mismas en condiciones de seguridad aceptables, a través de uno o varios análisis de riesgos de procesos, ya que son la principal medida válida para detectar los peligros y reducir los riesgos a un mínimo aceptable.

**2.6.2 METODOLOGÍAS DE LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS:** Aunque todos los tipos de análisis están orientados hacia la consecución de los mismos objetivos (detección de peligros, evaluación de riesgos y propuestas de mejoras), la metodología de aplicación, así como el nivel de detalle de la información requerida para ejecutarlos hacen que algunos sean más adecuados para ciertas fases de los proyectos.

Por ello, se dispone de guías corporativas de aplicación mundial según el tipo de metodología a aplicar a la hora de desarrollar un análisis de identificación de peligros PHA (guía para realización de estudios PHA).

A continuación se presentan diferentes metodologías específicas a la hora de desarrollar un análisis de riesgos de procesos, especialmente en la metodología cualitativa.

Las metodologías cualitativas se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos y están basadas en técnicas de análisis críticos, en los que intervienen distintos expertos de planta. Su aplicación depende de la cantidad de información disponible y de su exhaustividad. Entre ellos destacan el CHECK-LIST, HAZID, ¿WHAT IF...?, FMEA y HAZOP.

11

**2.6.3 METODOLOGIAS CUALITATIVAS:** Se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos y estas basadas en técnicas de análisis críticos, en los que intervienen distintos expertos de la planta. Su aplicación depende de la calidad de la información disponible y de su exhaustividad

Métodos destacados:

- HAZID (Hazard identification)
- Análisis mediante listas de comprobación (check-list)
- What if...? (¿Qué pasa si...?)
- Análisis de modos de fallo y sus efectos (FMEA)
- HAZOP (Hazard Operability)

---

<sup>11</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

**2.6.4 METODOLOGIAS SEMI-CUANTITATIVAS:** Se caracterizan por recurrir a clasificar las áreas de instalación en base a una serie de índices que miden su potencial para causar daño en función de una serie de magnitudes y criterios, como por ejemplo, la cantidad de producto, características de peligrosidad, etc.

Métodos destacados:

- Índice Mond y Dow
- LOPA
- (...)

**2.6.5 METODOLOGIAS CUANTITATIVAS:** Metodología que resulta en una representación numérica de la magnitud y la frecuencia de cada accidente posible en una determinada actividad. Los resultados permiten una comparación precisa con criterios establecidos previamente.

Métodos destacados:

- Árbol de fallos
- Árbol de sucesos
- (...)

**2.6.6 METODOLOGIA CUALITATIVAS: HAZID (Hazard identification).**

Es una técnica estructurada y sistemática utilizada para identificar los peligros, evaluar los riesgos y controles de una instalación, actividad o proceso industrial.

**2.6.7 ANALISIS MEDIANTE LISTA DE COMPROBACIÓN (CHEK-LIST):** Se trata de una serie ordenada de cuestiones concretas, relativas a los aspectos técnicos de seguridad y medio ambiente, que contemplan todos los equipos y sistemas en las distintas fases de un proyecto o de funcionamiento de una instalación (puesta en marcha, marcha normal y paro de planta).

**2.6.8 WHAT IF...? (¿Qué pasa si...?):** El método consiste en realizar preguntas del tipo ¿ qué pasa si ...? Que pongan de relieve posibles situaciones accidentales dentro de un proceso objeto de estudio.

**2.6.9 FMEA (Failure modes and effects analysis):** Esta metodología consiste en listado y tabulación de los equipos y sistemas de una planta de procesos químicos, estableciendo las diferentes posibilidades de fallos y concretando los diversos efectos de cada uno de ellos en el conjunto del sistema o de la planta.

## **2.7 HAZOP (HAZARD OPERATION END PROCESS)**

Se trata de una técnica estructurada de análisis de riesgo que permite identificar peligros potenciales y problemas operacionales en los procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos e instrumentación (P&ID).

En la siguiente tabla se muestran a modo de resumen, metodologías de análisis recomendadas, con carácter orientativo según su idoneidad de aplicación<sup>12</sup>:

Ingeniería conceptual	Como ayuda para la selección del proceso. Detectar peligros inaceptables del proceso. Ayuda para el diseño de proceso identificar modificaciones fundamentales en el proceso que reduzcan al nivel de riesgo.	HAZID CHECK LIST WHAT IF
Ingeniería básica	Identificar con mayor detalle peligros en el proceso seleccionado y en el diseño propuesto. Adicionalmente en estas fases ya se puede valorar adecuadamente los riesgos asociados	HAZID CHECK LIST WHAT IF FMEA HAZOP
Ingeniería de detalle	Identificar definitivamente todas las situaciones de peligro en el proceso, valorando los riesgos asociados.	CHECK LIST WHAT IF
Manuales operativos	Detectar aspectos de la operación no contemplados inicialmente.	FMEA HAZOP
Procedimientos.	Ayudar a establecer los procedimientos de operación, comisionado y puesta en marcha.	
Plantas en operación	Garantizar que la información sobre calidad y requisitos legales seguridad de procesos y procedimientos operativos es completa y está actualizada y está actualizada.  Verificar que las lecciones aprendidas en accidentes o incidentes recientes han sido tenidas en cuenta y aplicadas.	CHEK LIST HAZOP

**Tabla 5. Metodologías de análisis recomendadas según su idoneidad de aplicación.**

<sup>12</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

### 2.7.1 ANALISIS WHAT- IF

La técnica de análisis de WHAT- IF es un enfoque de intercambio de ideas en el que un grupo de personas con experiencia y familiarizado con el tema de proceso, hacen preguntas o expresan sus preocupaciones acerca de posibles acontecimientos no deseados. No es tan estructurado como algunas otras técnicas (por ejemplo, análisis HAZOP Y FMEA). Sin embargo este análisis es necesario para adaptar el concepto a la aplicación específica.

El concepto de análisis what-if en el tema de Hazard Evaluation, alienta al equipo a pensar en las preguntas que comienzan con what-if. Por ello, cualquier problema de seguridad del proceso, se puede descubrir, incluso si no se formula como pregunta. Por ejemplo

- Estoy preocupado por tener el material equivocado entregado.
- ¿Qué pasaría si la bomba para el funcionamiento durante el arranque?
- ¿Qué pasaría si el operador abre la válvula B en vez de la A?

Estas preguntas son distribuidas en las áreas específicas de la investigación, normalmente se refieren a las consecuencias de interés, tales como la seguridad eléctrica, protección contra incendios o la seguridad personal.



## 2.7.2 PROPOSITO

El propósito del análisis what-if es identificar los peligros, situaciones peligrosas, o eventos específicos de accidentes, que pueden producir una consecuencia indeseable. Un grupo de personas experimentadas identifica posibles situaciones de accidentes, sus consecuencias y salvaguardas existentes, entonces sugieren alternativas para reducir el riesgo. El método implica el examen de desviaciones posibles a partir de la designación, construcción, modificación o el intento de operación.

ALCANCE	PREPARACIÓN	EVALUACIÓN	DOCUMENTACIÓN
Simple /pequeño sistema	4 a 8 horas	4 a 8 horas	1 a 2 días
Complejo /largo proceso	1 a 3 días	3 a 5 días	1 a 3 días

**TABLA 6.** Estimación de tiempo para el uso de la técnica de análisis de what-if

## 2.7.3 TIPOS DE RESULTADOS

De esta sencilla manera, la técnica de análisis generalmente genera una lista de preguntas y respuestas sobre el proceso. Además que también puede generar una lista de situaciones peligrosas (sin ranking de implicación o cualitativo de los escenarios y las posibles opciones para la reducción de riesgos).

## 2.7.4 REQUERIMIENTOS DE RECURSOS.

El análisis what-if es tan flexible, que puede ser usado en cualquier etapa del proceso, utilizando cualquier información del mismo y el conocimiento disponible. Para cada área del proceso, mínimo dos o más personas deben ser asignadas para realizar el análisis.

El tiempo y el costo de un análisis what-if es proporcional a la complejidad de la planta y el número de áreas analizadas.

## 2.8 ASPECTOS GENERALES DEL DESARROLLO DE UN ANALISIS DE RIESGO DE PROCESOS.

### 2.8.1 Organización y preparación de un análisis de riesgo de procesos

Para el desarrollo de este tipo de estudios es necesario conformar un equipo de trabajo en el que a cada participante se le asignara una o varias responsabilidades específicas. Estas van desde la propia gestión del estudio, la dirección de las secciones de trabajo, o la aportación del conocimiento técnico, fundamentalmente para la identificación de peligros.

Los integrantes de un análisis de riesgos de procesos son, independientemente del tipo y metodología utilizada:

- **JEFE DEL ESTUDIO:** es el encargado de la ejecución del estudio en función de las directrices corporativas y/o de carácter legal.
- **LÍDER O FACILITADOR DEL ESTUDIO:** es el encargado de dirigir el estudio. Puede ser propio de la empresa o personal externo.

- **SECRETARIO TÉCNICO:** es el encargado del registro de toda la información generada en el análisis.
- **EQUIPO TÉCNICO:** ingenieros y/o técnicos de proceso, operacional, mantenimiento, proyectos, control e instrumentación

La formación del equipo de trabajo será responsabilidad del jefe del estudio siguiendo los requerimientos específicos a la hora de realizar este tipo de estudios. Por lo tanto según el proceso a analizar el jefe de estudio seleccionara el equipo adecuado para lograr el concreto desarrollo del estudio.

El número de personas que forman parte del equipo de trabajo debe estar comprendido entre cuatro y seis. Se debe asegurar siempre la presencia del mismo grupo de gente durante la duración de todo el análisis de riesgos de proceso. Durante el desarrollo del análisis puede ser requerida, de manera puntual la presencia de un experto que permita aclarar aspectos específicos del proceso analizando.

**La información de partida** para el desarrollo de un análisis de riesgo de procesos puede ser muy variable en función de la técnica de identificación de peligro utilizada.

En cualquier caso, se puede describir varios niveles de información.

- **INFORMACIÓN BÁSICA:** Descripción de procesos de instalación, P & ID, PFD, planos de implantación y datos formales (FDS) sobre las características de peligro de las sustancias químicas.

- **INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:** Para datos más detallados se requerirá datos específicos sobre balance de materia y energía, las salvaguardas tecnológicas, la instrumentación, el control (incluyendo representaciones de la lógica de actuación) y la química del proceso.
- **INFORMACIÓN EN DETALLE:** Hojas de especificaciones de equipos, planos mecánicos de detalle, procedimientos específicos de operación, etc.

Además de la información aportada por la documentación de partida, el conocimiento integral del proceso y su operación es vital para el desarrollo correcto de un análisis de riesgo de procesos. Es imprescindible que una parte sustancial del conocimiento sea aportado a través de la experiencia de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo asignado al desarrollo del estudio.

Para poder realizar un seguimiento adecuado de las sesiones de trabajos se deberá contar con una aplicación informática que permita llevar a cabo una buena gestión de los puntos de análisis.

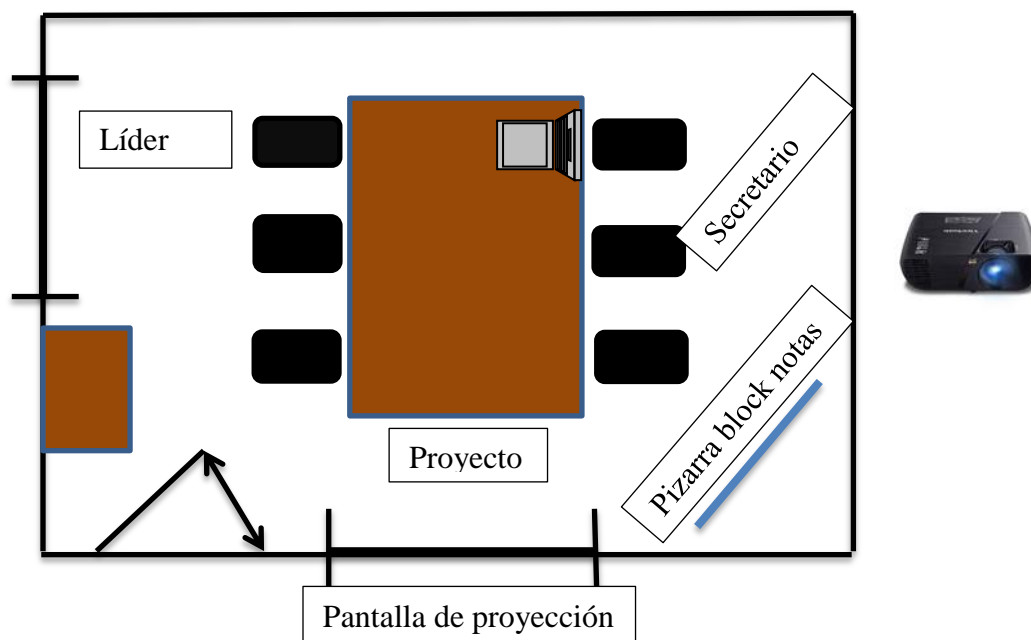
En cuanto al entorno de trabajo para realizar este tipo de estudios, es preciso disponer de espacios suficiente para exponer la documentación necesaria para desarrollar el estudio. Se requiere de un entorno adecuado para favorecer al proceso brainstorming o tormenta de ideas.

## 2.8.2 LOGÍSTICA.

Con el fin de asegurar una adecuada concentración de todo el grupo de trabajo, la duración máxima de las sesiones será de seis a horas diarias efectivas, o superando las ocho horas de trabajo por día.

Es importante que al inicio de la primera sesión el líder del estudio efectúe una pequeña introducción al resto de los participantes que incluya las reglas a seguir durante el mismo, una pequeña explicación de la metodología a utilizar y los motivos, objetivos y alcances del estudio.

13



**FIGURA 7: Esquema orientativo de un posible desplazamiento de trabajo**  
Ilustración 7

<sup>13</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

### 2.8.3 RESULTADOS

Como resultado del análisis de riesgos se emite un informe final. Debe ser un documento comprensible que contenga información clara y relevante acerca de:

- Motivo, alcance, y objetivo del estudio.
- Metodología utilizada
- proceso analizado
- participantes y responsabilidades.
- Premisas utilizadas
- Resumen de los resultados; estados / seguimiento de las recomendaciones.
- Material de referencia; documentación utilizada y revisión de la misma.

La documentación utilizada (planos, hojas de datos, P&ID, etc.) durante el estudio formara parte del informe final.

El informe final del estudio debe ser disponible en el emplazamiento durante toda la vida del proceso/unidad, debido a requerimientos legales o para usos internos.

No debe considerar que un estudio de este tipo ha concluido hasta que todas las recomendaciones y/o acciones de mejora (medios de control) han sido discutidas y/o ejecutadas.

**2.8.4 Control de calidad:** La calidad del estudio depende de muchos factores, aunque el más relevante es la implicación y la cuantificación de los participantes del estudio. En menor medida la calidad del estudio también se ve afectada por la eficiencia del líder, por lo que se deberá realizar una evaluación del mismo al final del estudio como herramienta para ayudar a mejorar la calidad de futuros estudios.

**2.8.5 Revalidación:** La continua aparición de nuevos y mejores conocimientos sobre aspectos técnicos de los procesos y sobre la seguridad de los mismos, así como los requerimientos prescriptivos, mejoras menores sobre las unidades y/o procesos, etc. Pueden hacer que los resultados de riesgos existentes pueden parcial o totalmente obsoletos.

Existen tres tipos o posibilidades de ejecutar el proceso de revalidación:

- **Aceptación del estudio:** el estudio existente es completo y desde su realización no han sido realizados cambios o mejoras significativas, no han aparecido nuevos criterios, (técnicos de seguridad, etc.) por lo que el estudio existente se considera válido.
- **Revisión del estudio:** siempre que se introduzcan mejoras significativas se deberá evaluar si la misma tiene suficiente relevancia como para revisar total o parcialmente el estudio existente.
- **Nuevo estudio:** el número de mejoras que necesita el estudio existente hacen inviable su actualización, por lo que se procederá a realizar uno nuevo<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

**2.8.6 Contratación a terceros:** Normalmente, la realización de un estudio PHA requiere la contratación de servicios de asistencia técnica a terceros para cubrir las posiciones de líder y secretario técnico.

La homologación de la empresa ofertante es un requisito necesario, pero no suficiente para la adjudicación de los servicios. Así se tendrá en cuenta:

- Selección de subsistemas (nodos) y programación de las sesiones.
- selección de los departamentos y descripción de su tratamiento.
- Calidad contrastable en el servicio que se pretenda contratar.
- Propuesta de preparación del estudio.
- Experiencia de facilitador y secretario propuesto.
- Existencia del sistema de calidad de contratista para la realización de estudios PHA acordes a los requisitos<sup>15</sup>.

## **2.9 Evaluación del riesgo de los peligros identificados en un análisis de riesgo de procesos.**

La evaluación de riesgos determina hasta que puntos los peligros identificados en el proceso, pueden manifestarse de manera más o menos probable, así como la magnitud de los daños o consecuencias que dichos peligros pueden producir. Una vez que ya se hayan visto las diferentes metodologías, el siguiente paso es la evaluación de los riesgos, asociados a los peligros identificados anteriormente.

---

<sup>15</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V



## 2.9.1 Evaluación del riesgo

A la hora de establecer hasta qué punto un peligro identificado en un estudio de PHA, puede manifestarse de manera más o menos probable, así como la magnitud de los daños (consecuencias) que conlleva, se establece una valoración del riesgo llamada evaluación de riesgo

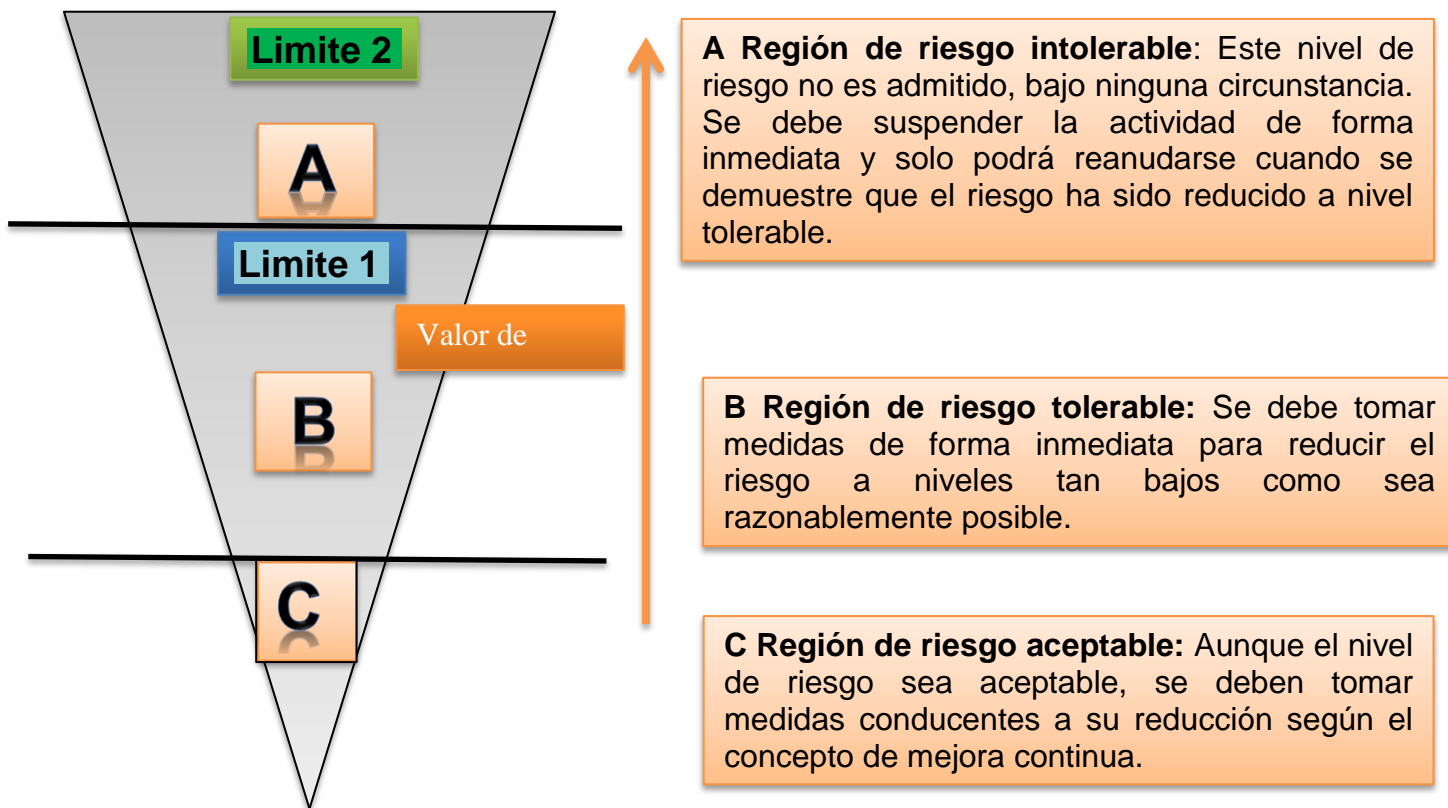
La evaluación de riesgos se lleva a cabo mediante. Distintos métodos de evaluación que se detallan en el apartado. Método de evaluación de riesgos. Métodos (CEL) e introducción de RiskGraph.

La evaluación de riesgo está directamente relacionada con los niveles de aceptabilidad de riesgo, los cuales surgen de la absoluta imposibilidad de eliminar totalmente el riesgo de las personas, el medio ambiente y los bienes<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

De esta forma se establecen tres niveles de aceptación de riesgo.



**Figura 8: Niveles de aceptabilidad de riesgo.**  
Ilustración 8

Las propuestas o medidas de mejoras son necesarias para poder reducir el riesgo existente a valores aceptables. Por lo tanto, estas deberían conseguir reducir la probabilidad de ocurrencia de suceso indeseado dentro del escenario del riesgo, y/o limitar las consecuencias dañinas hasta un nivel de riesgo aceptable.

En cualquier caso, cuando existan criterios de tolerancia de riesgo establecidos por la normativa legal, la aceptabilidad de riesgo deberá basarse en dichos criterios, siempre se optará por el cumplimiento de la normativa más restrictiva de todas las existentes.

A modo de resumen, la evaluación de riesgo gestión de procesos industriales permiten asegurar que:

- Se identifican convenientemente los peligros inherentes a determinadas actividades industriales.
- Los riesgos potenciales son debidamente cuantificados y evaluados.
- Se mantienen los riesgos en un orden de magnitud aceptable.

No existe una evaluación de riesgos mundialmente aceptada para distintas tipologías de instalaciones y procesos industriales, de ahí la necesidad de recurrir a criterios de aceptabilidad de riesgo. Esta aceptabilidad debe ser creada por cada empresa según sus parámetros de riesgo previamente, analizados, estudios, y ajustados los más objetivamente según a los procesos de desarrollo específicos de la empresa.

## **CEL e Introducción al RiskGraph.**

Tal como se ha comentado en el punto anterior, existen diversos métodos de evaluación de riesgo de proceso. Los métodos a utilizar según los requerimientos, se encuentran indicados en la normatividad de interna seguridad y medio ambiente.

El riesgo es por tanto la combinación de dos factores: el daño que pueda producirse y la probabilidad de ocurrencia.

A través de la evaluación del riesgo se consigue establecer la prioridad de ejecución de las medidas de mejora (medidas de control) propuesta a lo largo del estudio.

Los métodos propuestos para evaluar los riesgos son el método CEL (consequence exposition likelihood) y el método Risk Graph.

### 2.9.3 Método CEL (consequence exposition likelihood)

El método CEL (acrónimo inglés de consecuencia explosión y probabilidad) consiste en una evaluación cualitativa del riesgo, que se realiza empleando las tres matrices que se presentan a continuación e introduciendo los valores extraídos de estas formula en la del riesgo (Anexo III)

### 2.9.4 Matriz Explosión.

**Definición:** Explosión es la frecuencia con la que se presenta el incidente indicador. Esta matriz determina la frecuencia con la que se podría presentar el incidente indicador.

Explosión E		valor
Muy rara	Menos de una vez al año	0.5
Rara	Aproximadamente cada año	1.0
Poco usual	Algunas veces al año	2.0
Ocasional	Más de una vez al año	3.0
Frecuente	Diariamente	6.0
Continua	Más de una vez al día	10.0

Tabla 7. Matriz de exposición.

## 2.9.5 Matriz de Probabilidad

Probabilidad es la posibilidad de que, una vez presentada la situación de riesgo (en general evento indicador).

Esta matriz recoge la probabilidad de que, una vez desarrollado el evento indicador del incidente, se alcance una determinada consecuencia. (Anexo III)

Probabilidad p			valor
Prácticamente imposible	$\leq 10^{-7}$	Se acerca a lo imposible	0.2
Altamente improbable	0.01%	No ha pasado nunca	0.5
Remotamente posible	0.1%	Ha ocurrido en otro sitio	1
Poco usual	1.0%	Ha ocurrido aquí alguna vez	3
Posible	50%	Se espera que pase más de una vez	6
Casi seguro	95%	Casi seguro que sucederá	10

Tabla 8. Matriz de Probabilidad.

## 2.9.6 Matriz de Consecuencias

Consecuencia en el perjuicio, lesión o detrimento que se produce sobre los elementos vulnerables sometidos a los efectos derivados de las situaciones de peligro. Las consecuencias pueden ser: sobre la salud y seguridad de las personas, (trabajadores o público en general), sobre el medio ambiente o sobre la propiedad (el patrimonio o cualquier activo intangible asociado a la imagen de la empresa)

Se debe seleccionar, de cada columna, la consecuencia que aplique y tomar el valor más alto de todos los datos. (Anexo I)

<b>CONSECUENCIA C</b>					<b>VA LO R</b>
	<b>LESIONES</b>	<b>DAÑOS</b>	<b>MEDIOS DE DIFUSION</b>	<b>MEDIO AMBIENTE</b>	
<b>MENORES</b>	Sin bajas	< 6000 €	Sin difusión	Derrame sin consecuencias	1
<b>MODERADAS</b>	Hasta 30 días de baja	Entre 6000 € y $3 \times 10^5$ €	Crisis de nivel verde	Derrame dentro de valla. 1 día de limpieza	3
<b>SERIAS</b>	Más de 30 días de baja	Entre 6000 y $3 \times 10^5$ € y $10^6$ €	Crisis de nivel amarillo	Derrame fuera de valla. No afecta el curso de agua	7
<b>MUY SERIAS</b>	Una muerte o lesiones permanentes	Entre 106 y 107 €	Crisis de nivel rojo	Derrame que afecta el curso del agua de forma reversible	15
<b>DESASTROSAS</b>	Entre 2 y 9 muertes	Entre $10^7$ y $5 \times 10^7$ €	Afectación internacional en forma transitoria	Derrame que afecta el curso del agua no potable de forma permanente	40
<b>CATASTRÓFICAS</b>	10 o más muertes	$> 5 \times 10^7$ €	Afectación internacional de forma permanente	Derrame que afecta el curso del agua potable de forma permanente	100

Tabla 9 Matriz de Consecuencias.

Una vez obtenidos los valores de consecuencia, probabilidad y exposición en las matrices anteriores, se calcula el valor del riesgo asociado de la siguiente forma:

### **RIESGO= EXPOSICION × PROBABILIDAD × CONSECUENCIA.**

El valor de riesgo obtenido se traslada a la siguiente tabla de donde se extraerá las medidas a adoptar en cada caso.

TIPO	RIESGO = E×P×C	ACTUACIONES NECESARIAS
RIESGO MENOR	$\text{RIESGO} \leq 20$	EVALUAR LA NECESIDAD DE MEDIDAS CORRECTORAS
RIESGO MODERADO	$20 \leq \text{RIESGO} \leq 70$	MEDIDAS CORRECTORAS DE PRIORIDAD NORMAL
RIESGO ALTO	$70 \leq \text{RIESGO} \leq 200$	MEDIDAS CORRECTORAS DE PRIORIDAD ALTA
RIESGO URGENTE	$200 \leq \text{RIESGO} \leq 400$	ACCIÓN INMEDIATA
RIESGO EXTREMO	$\text{RIESGO} \leq 400$	EVALUAR SUSPENDER LA ACTIVIDAD

Tabla 10. Actuaciones necesarias en función del riesgo.

17

La valoración de los resultados de la evaluación de riesgos no es más que la comparación de los resultados obtenidos con criterios de aceptabilidad del riesgo. Los criterios surgen como consecuencia de la absoluta imposibilidad de eliminar a cero el riesgo sobre las personas, medio ambiente y bienes asociados a la actividad humana

<sup>17</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

### 2.9.7 Método Risk Graph.

El método **Risk Graph** es una técnica comúnmente utilizada para **la obtención de niveles de sil, safety integrity level** (medida discreta de la integridad de la seguridad) basada en un gráfico de riesgo, entendiendo por nivel SIL el grado de la integridad (confiabilidad) de que un sistema instrumentado de seguridad actúe cuando sea requerido hacerlo.

El gráfico de riesgo calibrado, determinado mediante el método cualitativo, requiere una estimación de la probabilidad de que ocurran los escenarios, de la posibilidad de disponer de personal presente en la zona de cuestión, así como la probabilidad de evitar el peligro y las consecuencias.

En primer para cada escenario se estima la reducción de riesgos requerida con graficas de riesgo (se aplican tres gráficas, para la seguridad de las personas, el medio ambiente y protección de las instalaciones y producción) a continuación se analiza la independencia de cada una de las capas de protección y la reducción efectiva del riesgo que lleva a cabo.

Con la intención de reflejar mejor este riesgo, la valoración del riesgo se determina en ausencia total de las diferentes capas de protección. Esto significa que para el sistema esta consideración solo tiene valides en el proceso mismo, (medidas preventivas que son parte del diseño).



Otras medidas de seguridad, llamadas comúnmente IPL podrían ser excluidas del análisis o deberán suponer que fallan al ejecutar la función proyectada.

Incluso las alarmas del sistema de motorización del proceso y la actuación humana deberían ser consideradas sistemáticamente inefectivas en esta etapa<sup>18</sup>.

De este modo, el índice de riesgo resultante da un valor de la reducción del riesgo que todas las etapas independientes de protección, IPL deberían garantizar con la intención de cumplir el criterio de aceptabilidad del riesgo.

### 2.9.8 Estructura del método Risk Graph

El método Risk Graph se apoya en la siguiente ecuación:

$$R = f \times c$$

Dónde:

**R**: es el riesgo de proceso en ausencia de sistemas relacionados con la seguridad.

**c** : es la consecuencia del evento peligroso.

**f** : es la frecuencia del evento peligroso en ausencia de sistemas relacionados con la seguridad. Esta frecuencia depende de otros parámetros antes mencionados como F, P y W (probabilidad de presencia de personas, probabilidad de evitar las consecuencias y la frecuencia del escenario).

---

<sup>18</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

En este método la frecuencia  $f$  del evento peligroso se considera que el resultado de tres factores influyentes.

- Frecuencia y tiempo de exposición en una zona de peligro.
- La posibilidad de evitar el evento peligroso.
- La posibilidad que el evento peligroso se produzca en ausencia de sistemas relacionados con la seguridad (pero en presencia de dispositivos externos de reducción de riesgos). Es lo que se conoce por la probabilidad de un evento no deseado<sup>19</sup>.

Por lo tanto se obtendrían cuanto parámetros de riesgos siguientes:

- Consecuencia del evento peligroso ( C, E; A)
- Frecuencia y tiempo de exposición al peligro (F)
- Posibilidad de evitar el evento peligroso (P)
- Probabilidad de evento no deseado (W)

$$R(r) = f(C, F, P, W)$$

---

<sup>19</sup> Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos  
Repsol Exploración México S.A de C.V

A continuación se exponen a modo de presentación, las tablas de evaluación bajo este método, para su análisis.

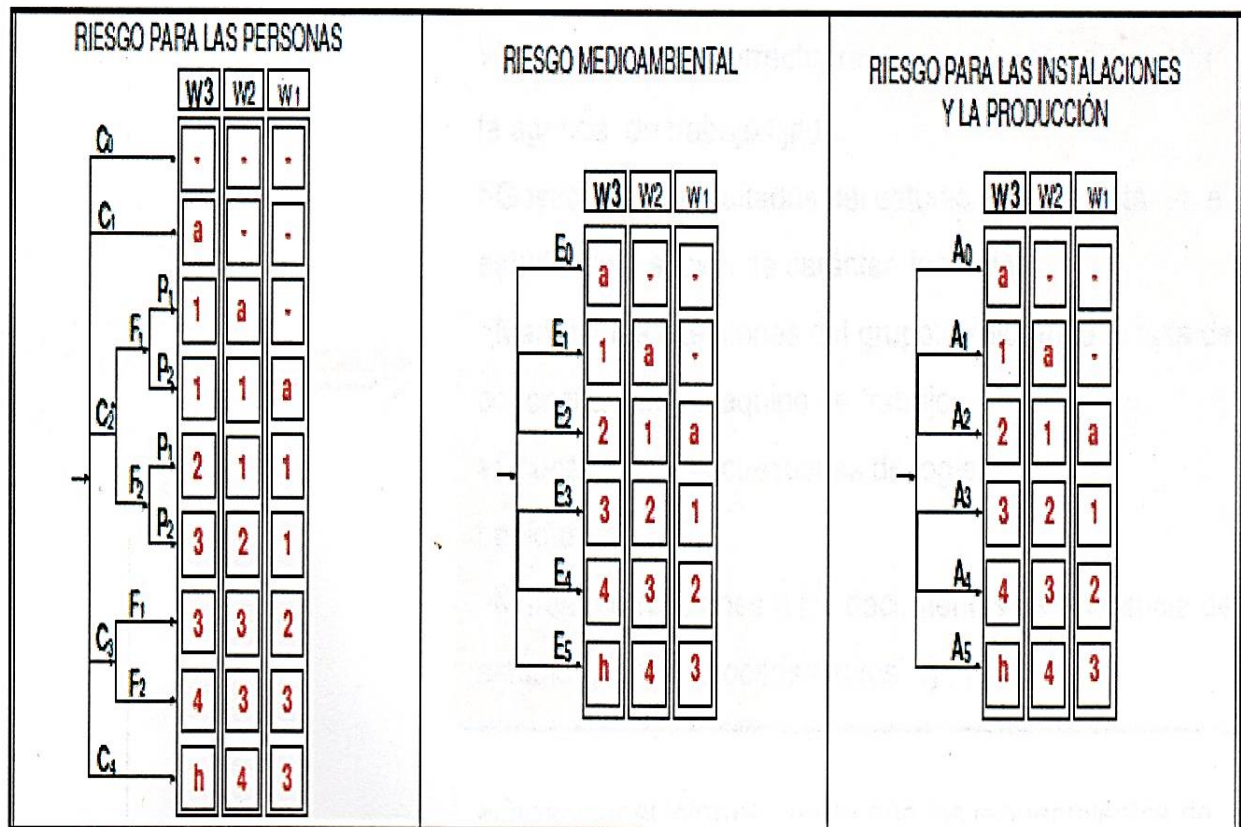


Figura 9: Tipos de impactos  
Ilustración 9

## PAUTAS

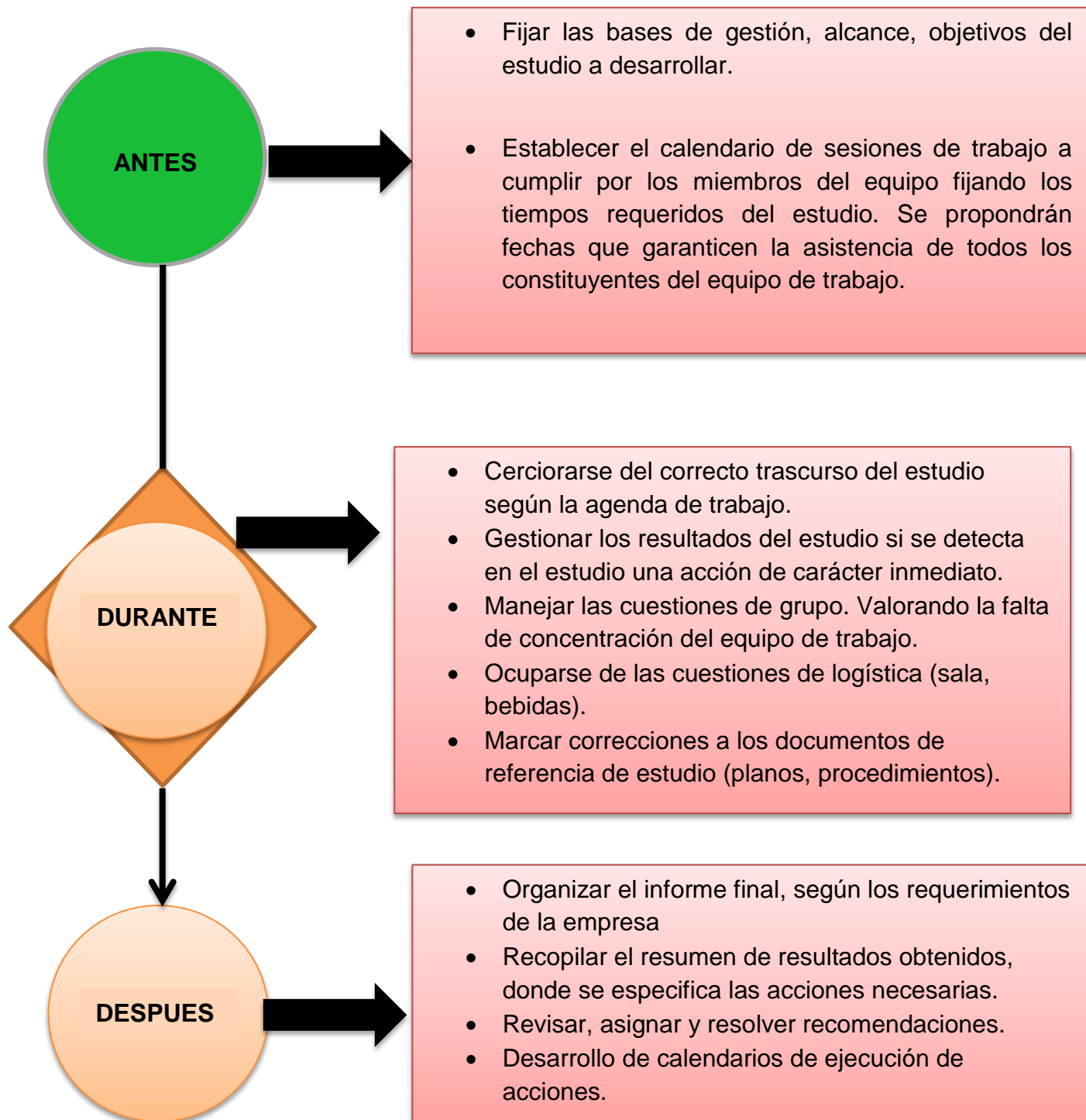


Figura 10. Pautas de recomendación.  
Ilustración 10

## Capítulo III

### **3.1 HISTORIA DE LA REFINERÍA**

Militar y político mexicano nacido en Jiquilpan, Michoacán el 21 de Mayo de 1895 sus padres Dámaso Cárdenas y Felicitas del Río. Cursó estudios primarios, aprendió tipografía y trabajó en la oficina de rentas de Jiquilpan. Se incorporó a la revolución en 1913; fue capitán en 1914 y alcanzó el grado de General de División en 1928. Militó primero en el Villismo a las órdenes de Gral. F. Morales, pero en 1915 con el apoyo del Gral. Plutarco Elías Calles, se pasó al constitucionalismo. Ocupó cargos diversos políticos y militares, entre ellos Jefe de Operaciones, Gobernador de Michoacán, Secretario de Gobernación y de Guerra y Presidente de la República de 1934 a 1940; fue fundador del Departamento de Asuntos Indígenas y de la Confederación Nacional Campesina; aumentó el reparto de tierras y entregó diversas industrias a los obreros. En 1938 decretó la expropiación de las compañías petroleras. Fue uno de los hombres más discutidos de la política mexicana. Falleció en la ciudad de México el día 19 de Octubre de 1970.

### **3.2 Datos Históricos de la Refinería**

1863. El sacerdote tabasqueño Manuel Gil y Sáenz, descubre yacimientos petrolíferos en su tierra natal y pone en marcha trabajos para destilar aceites ricos en queroseno, poco después el norteamericano radicado en Veracruz Don Adolfo Aufrey exploto los yacimientos de la Constancia y produjo aceite luminante.

1901. México, célebre por sus riquezas minerales, se convierte en noticia por sus yacimientos petrolíferos y la producción de crudo; al grado de llegar a ocupar el segundo lugar como productor mundial de petróleo al inicio de los 20's.

1906. Empieza la construcción de la Refinería de Minatitlán, a consecuencia de los buenos resultados en la explotación de los campos petroleros de San Cristóbal, afluente del río Coatzacoalcos, a 18 Km. al sureste de Minatitlán,

campos que eran explotados desde dos años antes por la casa "Pearson and son" y la Refinería era administrada por la compañía inglesa "el Águila".

1913. La Refinería de Minatitlán era considerada, al final de la época del auge, la planta más completa de su género de cuantas existían en el país convirtiendo a Minatitlán en un importante centro económico.

1938. El 18 de marzo de este año, fecha clave en la historia de la industria petrolera en México; las instalaciones pasan a ser patrimonio de la nación como resultado del decreto de expropiación petrolera por el entonces presidente de la república, Gral. Lázaro Cárdenas del Río.

### **3.3 Misión:**

Producir energéticos de la refinación del petróleo con calidad y oportunidad, para satisfacer la demanda de nuestros clientes, dentro del marco de la seguridad, salud en el trabajo, protección al medio ambiente, y rentabilidad a través del esfuerzo, talento y compromiso de los que laboramos en la primera refinería de Latinoamérica, contribuyendo al progreso y fortaleciendo de México.

### **3.4 VISIÓN:**

La refinería es orgullo de México por la cultura en seguridad y respeto al medio ambiente de sus trabajadores en el desempeño de sus funciones, con rentabilidad de forma sustentable, teniendo como base el conocimiento y aplicación de los sistemas SSPA, SIA y confiabilidad con disciplina operativa.

### 3.5 VALORES DE LA REFINERÍA GENERAL LAZARO CARDENAS:

- **HONESTIDAD:** proceder con honradez y rectitud desarrollando nuestras actividades con respeto, responsabilidad, siendo congruentes entre el pensar y el actuar
- **CALIDAD – PRODUCTIVIDAD:** actitud y compromiso para hacer las cosas bien, a la primera, que permita la rentabilidad de nuestro centro de trabajo.
- **LIDERAZGO:** ejercicio de la autoridad basada en el fortalecimiento del proceso de comunicación efectiva encaminadas para que trabajen con entusiasmo al logro de objetivos del centro de trabajo.
- **SEGURIDAD:** actitud y acción de todos para darle la máxima importancia a la seguridad, a raves de un enfoque preventivo para conservar nuestra salud, las instalaciones y la confianza de la comunidad.
- **TRABAJO EN EQUIPO:** convicción que solo con el esfuerzo conjunto de todos los que laboramos en este centro de trabajo se alcanzan los objetivos planificados.
- **INNOVACIÓN:** creatividad, imaginación y disciplina para la aplicación de nuevas ideas, conceptos productivos, servicios y prácticas con la intención de impulsar en cada actividad y proceso de refinería el incremento de la de la productividad y la mejora continua.



- **CONCIENCIA ECOLÓGICA:** conciencia y acción para restablecer y preservar nuestro ambiente limpio operando y manteniendo las instalaciones de acuerdo con los reglamentos y normas ecológicas vigentes.
- **DESARROLLO HUMANO:** espíritu de superación y autodesarrollo que busca el bienestar integral del individuo y de su familia.
- **NACIONALISMO:** compromiso con el progreso del país y con Pemex desempeñando nuestro trabajo con talento e imaginación.
- **LEALTAD:** respeto incondicional a los valores principios y normas que rigen nuestra empresa. Orgullo de ser trabajador petrolero.

### **3.6 MISIÓN DEL SECTOR 2:**

Hidrodesulfurar productos petrolíferos derivados de la destilación primaria aumentar la pureza del H<sub>2</sub>, fraccionar mezcla de butanos y producir gasolinas de alto octano y ultra-bajo azufre, con seguridad, calidad, menor costo, dentro de un proceso de mejora continua y sin afectar al medio ambiente.

### **3.7 VISIÓN DEL SECTOR 2:**

Ser un sector líder que cumpla con los requerimientos de producción, con calidad seguridad y protección ambiental, a través de capacitación continua de todo el personal, para contribuir con los requerimientos de la refinería.

### **3.8 POLITICA SSPA (SEGURIDAD SALUD Y PROTECCIÓN AMBIENTAL)**

Petróleos mexicanos es una empresa eficiente y competitiva que se distingue por el esfuerzo y compromiso de sus trabajadores con la seguridad, la salud y la protección ambiental y desarrollo sustentable.

#### **Principios:**

- La seguridad, salud y protección ambiental son valores con igual prioridad que la producción, el transporte, ventas, la calidad, y los costos.
- Todos los incidentes y lecciones se pueden prevenir.
- La seguridad, salud y protección ambiental son responsabilidad de todos y condición de empleo.
- En petróleos mexicanos nos comprometemos a continuar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en beneficio de la comunidad.
- Los trabajadores petroleros están convencidos de que la seguridad, salud, y protección ambiental son en beneficio propio y nos motiva a participar en este esfuerzo

### **3.9 POLÍTICA INTEGRAL DE ADMINISTRACIÓN ( PIA )**

Elaborar productos derivados de la refinación del petróleo para satisfacer los requisitos y expectativas de nuestros clientes, de las partes interesadas y legales, estableciendo un enfoque preventivo y de mejora continua en seguridad, salud, protección ambiental, calidad, rentabilidad, eficiencia de los procesos y desarrollo integral del personal, aspectos que son compromiso y responsabilidad de todos los trabajadores con base en un sistema integral de administración.

### 3.10 POLÍTICA DE CONFIABILIDAD

En petróleos mexicanos la confiabilidad operacional es un valor fundamental de la organización que contribuye a una operación confiable, segura y sostenible a lo largo del ciclo de la vida de los activos, con igual prioridad que la seguridad, la producción, la calidad y las ventas de la empresa.

Principios:

1. Mejoramos la Confiabilidad Humana, motivando a este personal, capacitándolo, proporcionándole los recursos necesarios y fomentando el trabajo en equipo para el desempeño de sus funciones.
2. Mejoramos la Confiabilidad del Diseño, proyectando y construyendo instalaciones y ductos seguros que permitan el mantenimiento integral y de sus componentes.
3. Mejoramos la Confiabilidad de los Procesos, operando la infraestructura de acuerdo al contexto operacional y apego a la disciplina operativa.
4. Mejoramos la Confiabilidad de los Equipos y Ductos, documentando los procesos, optimizando planes de mantenimiento e inspección, eliminando sistemáticamente las causas raíz de las fallas y administrando la gestión de operación y mantenimiento en el sistema institucional.



## Capítulo IV

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 1.</b> Líneas de carga (tanque TV-212/213 y Fraccionadoras 1/2), torres secadoras V-2114 A/B, tanque de balance V-2100, succión y descarga de bombas de carga P-2100 A/B.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Suministro de nafta ligera hacia el tanque de balance.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
1	Nivel	Alto	Alto nivel en el tanque TV-2100.	Falla del controlador LC-2100 con válvula LV-2100 en posición abierta.	Presionamiento del tanque V-2100.  Posible arrastre de líquidos al quemador.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Programa de mantenimiento preventivo de válvulas de control.</li> <li>Alarma por alto nivel LAH-2100 en el tanque de balance V-2100 con señal al panel de control.</li> <li>Indicadores de nivel ópticos en campo, LG-2108//2100/2109/2110.</li> <li>Control de presión PIC-2100-B, en el tanque de balance V-2100 al desfogue.</li> <li>Válvula de seguridad PSV-2100 al desfogue.</li> <li>Control de nivel por directo de LV-2100.</li> <li>Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</li> <li>Aplicación de la técnica VOTO.</li> </ol>	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
2				Alto flujo en el equipo de bombeo del sector 6.	Presionamiento del tanque V-2100. Posible arrastre de líquidos al quemador.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Comunicación vía trunking con personal operativo del sector 6.</li> <li>Control manual de retorno a tanque de carga con el personal operativo del sector 6.</li> <li>Alarma por alto nivel LAH-2100 en el tanque de balance V-2100.</li> <li>Indicadores de nivel ópticos en campo, LG-2108/2100/2109/2110.</li> <li>PIC-2100-B, control de presión en el tanque de balance V-2100 al desfogue.</li> <li>Válvula de seguridad PSV-2100 al desfogue.</li> <li>Control de nivel por directo de LV-2100.</li> <li>Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</li> <li>Aplicación de la técnica VOTO.</li> </ol>	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
								Pr= 1	C			
	Nivel	Bajo	Bajo nivel en el tanque TV-2100.	Falla del controlador LC-2100 con válvula LV-2100 en posición cerrada.	Cavitación de bombas con posible fuga en los sellos e incendio en caso de encontrar un punto de ignición.  Bajo flujo de entrada de carga a la planta.	10. Programa de mantenimiento preventivo de válvulas de control.  11. Alarma por bajo nivel LAL-2100 en el tanque de balance V-2100, con señal al panel de control.  12. Indicadores de nivel ópticos en campo, LG-2108//2100/2109/2110.  13. PIC-2100-B, control de presión en el tanque de balance V-2100 al desfogue.  14. Control de nivel por directo de LV-2100.  15. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr= 1	C C C C C			



No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						16. Aplicación de la técnica VOTO.						
4				Falla del equipo de bombeo del sector 6	Cavitación de bombas con posible fuga en los sellos e incendio en caso de encontrar un punto de ignición.  Bajo flujo de entrada de carga a la planta.	1. Programa de mantenimiento preventivo de válvulas de control.  2. Alarma por bajo nivel LAL-2100 en el tanque de balance V-2100, con señal al panel de control.  3. Indicadores de nivel ópticos en campo, LG-2108//2100/2109/2110.  4. PIC-2100-B, control de presión en el tanque de balance V-2100 al desfogue.  5. Control de nivel por directo de LV-2100.  6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  7. Aplicación de la técnica VOTO.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr= 1	C C C C C			
5	Presión	Alta	Alta Presión en el tanque TV-2100	Falla del lazo de control PIC-2100 en posición cerrada	Bajo flujo de alimentación al tanque de balance.  Bajo nivel en el tanque V-2100 con posible cavitación de bombas P-2100 A/B	1. Programa de mantenimiento preventivo de válvulas de control.  2. Alarma por bajo nivel LAL-2100 en el tanque de balance V-2100, con señal al panel de control.  3. Indicadores de nivel ópticos en campo, LG-2108//2100/2109/2110.  4. Control de nivel por directo de LV-2100.  5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  6. Aplicación de la técnica VOTO.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr= 1	C C C C C			
6	Presión	Alta	Alta Presión	Falla de las	Alto nivel en el	1. Programa de mantenimiento a	5	Pe=1	C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			en el tanque TV-2100	bombas P-2100 A/B	tanque V-2100 con posible arrastre de líquido al quemador	<p>equipo dinámico.</p> <p>2. Alarma por bajo nivel LAH-2100 en el tanque de balance V-2100, con señal al panel de control.</p> <p>3. Ind. de nivel ópticos en campo, LG-2108//2100/ 2109/2110.</p> <p>4. Control de nivel por directo de LV-2100.</p> <p>5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>6. Aplicación de la técnica VOTO.</p>		Po=1 Am=1 In=1 Pr= 1	C C C C			
7	Presión	Baja	Baja Presión	No hay causas creíbles				Pe= Po= Am= In= Pr=				
8	Flujo	No	No Flujo de H2 de regeneración a secadoras V-2114 A/B	Bajo suministro de H2 del proveedor	Baja calidad en el producto final. Mayor consumo de dicloroetano.	<p>1. Equipo de relevo para secado V-2114 A/B.</p> <p>2. Análisis de humedad de laboratorio rutinario, en el gas de recirculación.</p> <p>3. Procedimiento para regeneración</p>	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1	C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						de secadoras. 4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 5. Aplicación de la técnica VOTO.		Pr=1	C			
9	Presión	Alta	Alta Presión		No hay consecuencias de interés			Pe= Po= Am= In= Pr=				
10	Presión	Baja	Baja Presión en la descarga de la bomba P-2100 A/B.	Obstrucción de las bombas P-2100 A/B, por arrastre de material secante o impurezas.	Alto nivel en el tanque de balance de carga V-2100. Bajo flujo de alimentación a los reactores.	1. Equipo de bombeo de relevo. 2. Alarmas por bajo flujo, FAL-2101/2107, con señal al panel de control. 3. Indicadores de presión locales PI-2102/2136 4. Alarma por alto nivel en LAH-2110 en el V-2100. 5. Control por directo de las válvulas FV-2107/2101 6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 7. Aplicación de la técnica VOTO.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			
11	Contención	Pérdida	Perdida de contención	Daño de materiales (falta de materiales,	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.	4	Pe=2 Po=1 Am=2 In=1 Pr=1	C C B C C	1.- cumplimiento programa calibración Dar al de de	Ver programa de reparación general 2017	Ing. Hector Padrón Lara

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				corrosión).	con daños al personal, al ambiente, pérdida de producción y daños a la instalación.  Paro de planta.	2. Programa de medición de espesores.  3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  4. Extintores locales y red de agua Contra incendio.  5. Programa de Simulacros operacionales y Contra incendio.				espesores  2.-Considerar la sustitución de tramos adelgazados en la reparación general de la planta		

<b>Nombre del estudio:</b> HazOp de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 2.</b> Desde la línea de descarga de la bomba P-2100 A/B, intercambiadores de alimentación combinada E-2101 A/H (lado coraza), precalentadores H-2100/2101/2102, reactores de reformación V-2101/2102/2103, intercambiadores de alimentación combinada E-2101 A/H (lado tubos), condensadores de producto E-2102 A/D hasta entrada al separador de productos V-2105.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Acondicionar la temperatura de la alimentación en los intercambiadores y en el precalentador para realizar la reacción en los reactores V-2101/2102/2103
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
12	Temperatura	Alta	Alta Temperatura en la salida del calentador H-2100/2101/2102.	Falla del controlador TRC-2100/2101/2102 con válvula TV-2100/2101/2102 en posición abierta.	1.-Posible carbonización de nafta 2.- daños al catalizador de reacción.	1. Indicadores de temperatura del cabezal de salida del calentador H-2100/2101/2102, T-2100-5, 6, 7 con señal al panel de control. 2. Indicador de temp. en los serpentines termoskines TI-2100-60/61/62 /63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82, del H-2100/2101/ 2102. 3. Control por directo de la válvula TRC-2100/2101/2102. 4. Alarma del calentador H-2100 TAH-2100; H-2101 TAH-2101; H-2102 TAH-2102. 5. Recorridos Operacionales con toma de lectura cada dos horas	5	Pe=1	C	1.- Actualizar el Procedimiento 331-42155-POE-105 "Procedimiento para el control del Calentador H-2100/01/02", incluyendo la revisión del lazo de control.  2.- Aplicar Disciplina Operativa al procedimiento actualizado 331-42155-POE-105	02/09/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C		31/12/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
13	Temperatura	Alta	Alta Temperatura en la salida del calentador H-2100/2101/2102.	Bajo flujo de carga de alimentación.	Posible daño a la integridad mecánica a la tubería del calentador H-2100/2101/2102.  Posible obstrucción por carbonización en los serpentines del calentador.  Depósito de carbón en el catalizador.  Ajuste de carga.	1. Indicadores de temperatura del cabezal de salida del calentador H-2100/2101/2102, T-2100-5, 6, 7 con señal al panel de control. 2. Indicador de temperatura en los serpentines TI-2100-60/61/62/63/64/65/66/67/68/69/70/71/72/73/74/75/76/77/78/79/80/81/82, del H-2100/2101/2102. 3. Alarma por bajo flujo de carga FAL-2101. 4. Interlock de disparo del calentador H-2100/2101/2102 con corte de suministro de gas por bajo flujo de carga. 5. Programa de simulacros operacionales. 6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1	C	1.- Actualizar el Procedimiento 331-42155-PO-002 "Procedimiento para Falla de Carga en la Planta BTX" incluyendo los movimientos operativos que deben ejecutarse en caso de presentarse el bajo flujo de carga de alimentación.  2.- Aplicar Disciplina Operativa al procedimiento actualizado 331-42155-PO-002	02/09/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
31/12/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo											
14	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en la salida de los H-2100/2101/2102.	Falla del controlador TRC-2100/2101/2102 con válvula TV-2100/2101/2102 en posición cerrada	Baja calidad del reformado (bajo octano).	1. Indicadores de temperatura TI-2100-3 y TI-2100-4 en el hogar superior y salida de gas a chimenea del calentador H-2100/2101/2102. 2. Indicadores de temperatura en la salida de carga del calentador H-2100/2101/2102, TI-2100-5, TI-2100-6 y TI-2100-7. 3. Control por directo de las válvulas TV-2100/2101/2102. 4. Programa de simulacros operacionales. 5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada	5	Pe=1	C	Idem punto 12	Idem punto 12	Idem punto 12
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						dos horas.						
15	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en la salida de los calentadores H-2100/2101/2102.	Quemadores del H-2100/2101/2102, obstruidos por partículas extrañas en el gas combustible o por desprendimiento del refractario.	Baja calidad del reformado (bajo octano).  Alto consumo de gas combustible.  Ajuste de carga.	1. Filtro de gas combustible 2. Indicadores de temperatura TI-2100-5, 6, 7 en el hogar superior y salida de gas a chimenea del calentador H-2100/2101/2102. 3. Indicadores de temperatura en el hogar y salida de gas a chimenea del calentador H-2100/2101/2102. TI-19,20,21,22,27 y TI-2100-3. 4. Indicadores de presión de la red de gas combustible PI-2100/2101/2102, con alarma PAL-2100/2101/2102 con señal al panel de control. 5. Programa de simulacros operacionales. 6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C	Cumplir con el Programa de mantenimiento preventivo a pilotos y quemadores de los calentadores H-2100/2101/2102.	02/09/2017	Ing. Juan Manuel Hernández Márquez
16	Concentración de azufre en la carga	Alta	Baja eficiencia en los reactores V-2101, V-2102 y V-2103.	Alto contenido de azufre en la carga.	Disminución en la diferencial de temperatura de la entrada/salida de los reactores V-2101/2102/2103.  Mayor consumo de dicloroetano.  Baja aportación de hidrógeno a plantas consumidoras.  Baja producción de reformados ligeros.	1. Indicador de temperatura en la entrada y salida del reactor V-2101, TI-2100-05, TI-2900-08. 2. Prueba cualitativa con acetato de plomo en el hidrogeno recirculado 3. Prueba cualitativa con acetato de plomo en la entrada de carga líquida. 4. Indicador de temperatura en la entrada y salida del reactor V-2102, TI-2100-06, TI-2900-09. 5. Indicador de temperatura en la entrada y salida del reactor V-2103, TI-2100-07, TI-2100-10. 6. Venteo de hidrogeno a gas combustible por PRC-2101 7. Ajuste de la inyección de cloro y agua. 8. Ajuste de la temperatura de entrada a los reactores. 9. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	4	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C	1.- Actualizar el Procedimiento 331-42155-PO-117 "Procedimiento para Contaminación con Azufre en la carga a las Plantas RNP y BTX" incluyendo los movimientos operativos que deben ejecutarse en caso de presentarse la alta concentración de azufre en la carga de alimentación.  2.- Aplicar	02/09/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
										Disciplina Operativa al procedimiento actualizado 331-42155-PO-117	31/12/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo
17	Flujo	Alto	Flujo Mal Direccionado en los intercambiadores E-2101A/H	Ruptura de tubos en los intercambiadores E-2101A/H	Bajo octano en el reformado.  Paro de planta.	1. Análisis de octano en la salida de reactores V-2101, V-2102 y V-2103. 2. Análisis PONA (Parafinas, Olefinas, Naftenos y Aromáticos) semanal 3. Procedimiento 331-42155-POE-115 "Control de octano en el reformado FDC-5"	4	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=2	C C C C C	Aplicar las 4 etapas al procedimiento operativo 331-42155-POE-115	31/12/2017	Ing. Gerson Moctezuma Castillo
18	Flujo	Bajo	Bajo flujo a la entrada de los intercambiadores E-2101 A/H.	Taponamiento de los tubos de los intercambiadores (incrustación y/o carbonización).	Posible presionamiento en la salida de los reactores V-2101/2102/2103 con posibilidad de incendio.  Alta temperatura de la carga combinada a la entrada de los calentadores H-2100/2101/2102.  Bajo flujo o	1. Filtro de solidos tipo cono de bruja 2. Indicadores de presión del reactor V-2103, PI-2102 y PI-2103. 3. Indicador de temperatura en la entrada al reactor V-2103, TI-2100, 07. 4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 5. Procedimiento de paro de planta.	3	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=2	C C C C C	.		



N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					no flujo de reformado a la entrada del condensador E-2102.  Paro de planta.							
19	Temperatura	Alta	Alta temperatura en la salida de los condensadores E-2102 A/B/C/D.	Taponamiento en los tubos del condensador E-2102 A/B/C/D.	Alta temperatura en la succión y descarga del compresor C-2100.  Baja eficiencia del compresor C-2100.  Baja producción el H2 de recirculación.  Paro de planta.	1. Indicador de temperatura TI-2111. en campo de la salida de los condensadores E-2102A/D 2. Alarma TAH-2100 y disparo por alta temperatura en la descarga del compresor V-2100 3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 4. Procedimiento de paro de la planta.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=2	C C C C C			
20	Temperatura	Alta	Alta temperatura en la salida de los condensadores E-2102 A/B/C/D.	Baja presión del agua de enfriamiento.	Alta temperatura en la succión y descarga del compresor C-2100.  Baja eficiencia del compresor C-	1. Comunicación con el área de la superintendencia de fuerza via trunking 2. Alarma por baja presión del cabezal de distribución de agua de enfriamiento con señal al panel de control. 3. Alarma TAH-2100 y disparo por alta temperatura en la descarga del compresor C-2100. 4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					2100. Baja producción el H2 de recirculación.							
21	Contención	Pérdida	Perdida de contención	Falla en carrete de los intercambiadores E-2101 A/H.	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente, pérdida de producción y daños a la instalación.	1. Anillos de vapor de alta presión en unión bridas de los permutadores E-2101 A/H 2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 3. Extintores locales y red de agua Contra incendio. 4. Programa de Simulacros operacionales y Contra incendios.	5	Pe=1 C Po=1 C Am=2 B In=1 C Pr=2 B	C C B C B	Instalar detectores de fuego y gas en el área de los permutadores de carga de proceso de la planta BTX.  Instalar cargas vivas en uniones bonete-coraza de los intercambiadores de calor E-2101 A/H  Actualizar el procedimiento 331-47211-POE-008 incluyendo la aplicación de un formato institucional en el que se certifique y apruebe por Operación, Manto e Inspección Técnica la especificación del material del empaque tipo	31/12/2018 (próxima reparación)  31/12/2018 (próxima reparación)  31/12/2017	Ing. Juan Manuel Hernández Márquez  Ing. Juan Manuel Hernández Márquez  Ing. Juan Manuel Hernández Márquez

N o.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha comprometido	Responsable
										RTJ.		

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 3.</b> Separador V-2105 de productos del reactor, salida de fondos de V-2105, intercambiador E-2103, hasta la entrada a la torre depentanizadora V-2106 en el plato 16.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Separar la gasolina reformada del hidrogeno y alimentar a la torre depentanizadora en el plato 16.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
22	Nivel	Alto	Alto Nivel del separador V-2105 de productos del reactor.	Falla del controlador LC-2101 con válvula en posición cerrada.	Daño en el compresor C-2100 por presencia de líquido  Paro de la planta	1. Alarma por alto nivel LAH-2101 en el separador V-2105.  2. Indicadores de nivel en campo (mirillas) LG-2102 /03  3. Disciplina operativa (control por directo de la válvula LV-2101)  4. Disparo del compresor por alto nivel LSH-2100 en el separador V-2105.  5. Interlock de disparo de calentadores H-2100/2101/2102 y bombas de carga P-2100 A/B, por disparo del compresor C-2100  6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  7. Programa de mantenimiento preventivo de instrumentos.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
23	Nivel	Bajo	Bajo Nivel del separador V-2105 de productos del reactor.	FALLA DEL LIC-2101 EN POSICION ABIERTA	Envío de gases a la torre fraccionadora V-2105 Presionamiento de la torre	1. Indicador optico 2. Indicador nivel en cuarto de control		Pe=	C			
								Po=	C			
								Am=	C			
								In=	C			
								Pr=	C			
24	Presión	Alta	Alta Presión en el separador V-2105 de productos del reactor.	Falla en el controlador PIC-2101 con válvula en posición cerrada	Falta de envío de hidrogeno a la planta HDG.	1. Control por directo de la válvula PC-2101. 2. Válvula de seguridad PSV-2102 3. Indicador de presión PI-2130 4. Programa de mantenimiento preventivo a válvulas e instrumentos.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
25	Presión	Bajo	Baja Presión en el separador V-2105 de productos del reactor.	Falla en el controlador PIC-2101 con válvula en posición abierta.	Disparo del compresor C-2100 por baja presion de succion Paro de planta	1. Programa de mantenimiento preventivo a válvulas e instrumentos. 2. Comunicación vía trunking con el personal de operación de la planta HDG. 3. Válvulas laterales de la PC-2101.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
26	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en la salida del intercambiador E-2103.		No hay consecuencias de interés.			Pe=				
								Po=				
								Am=				
								In=				
								Pr=				
27	Temperatura	Alta	Alta Temperatura en la salida del intercambiador E-		No hay consecuencias de			Pe=				
								Po=				

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			2103.		interés.			Am=				
								In=				
								Pr=				
28	Pérdida	Contención	Perdida de contención	Daño de materiales (falla de materiales, corrosión).	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente, pérdida de producción y daños a la instalación.	<p>1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.</p> <p>2. Programa de medición de espesores.</p> <p>3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>4. Extintores locales y red de agua Contra incendios.</p> <p>5. Programa de Simulacros operacionales y contraincendios</p>	4	Pe=2	C	<p>1.- Dar cumplimiento al programa de calibración de espesores</p> <p>2.- Considerar la sustitución de tramos adelgazados en la reparación general de la planta</p>	Ver programa de reparación general 2017	Ing. Hector Padrón Lara
								Po=1	C			
								Am=2	B			
								Pr=1	C			
								In=2	C			

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 4.</b> Salida de H <sub>2</sub> del separador V-2105, succión y descarga del compresor C-2100, cabezal de recibo de hidrogeno en intercambiadores E-2101 A/B y se incluyen envíos a Unidades de Kerosina y Gasolina, así como al cabezal de gas combustible.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Línea de succión P <sub>dis</sub> : 21.5 kg/cm <sup>2</sup> y T <sub>dis</sub> : 45°C y descarga P <sub>dis</sub> : 31 kg/cm <sup>2</sup> y T <sub>dis</sub> : 75°C del compresor C-2100.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

No	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
29	Flujo	Bajo	Bajo flujo en la descarga del compresor C-2100.	Falla del controlador FRC-2102 con válvula FRC-2102 quedando en posición abierta.	Baja la relación molar H <sub>2</sub> /hidrocarburos  Depósito de carbón en el catalizador de los reactores V-2101/2102/2103.  Afectación a plantas consumidoras de Hidrogeno.  Disparo del compresor C-2100	1. Programa de mantenimiento a instrumentos  2. Control de flujo por directo de FRC-2102.  3. Indicadores flujo FI-2101 A/B con alarma y disparo por bajo flujo del compresor C-2100.  4. Programa de simulacros operacionales.  5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  6. Aplicación de la técnica VOTO.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
30	Flujo	Alto	Alto flujo en la descarga del compresor C-2100.	Falla en válvula de gobierno de la turbina	Posible paro de planta.	<p>1. Indicadores de temperatura en la entrada y salida de los reactores V-2101/2102/2103.</p> <p>2. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.</p> <p>3. Disparo por sobre velocidad del compresor C-2100.</p> <p>4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>5. Programa de simulacros operacionales.</p> <p>6. Procedimiento para paro de emergencia en la BTX por falla del compresor C-2100.</p>	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
31	Flujo	Bajo	Bajo flujo en la descarga	Falla en el compresor	Baja la relación molar H2/hidrocarburos.	1. Programa de mantenimiento	4	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=	C			



No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			del compresor C-2100.	C-2100.	Depósito de carbón en el catalizador de los reactores V-2101/2102/2103. Afectación a plantas consumidoras de Hidrogeno. Pérdida de producción. Posible paro de planta.	correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Alarma por bajo flujo FAL-2101 de gas de recirculación del C-2100. 3. Interlock de paro de bombas de carga P-2100 A/B y cierre de válvulas Programa de simulacros operacionales. 4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 5. Procedimiento para paro de emergencia en la BTX por falla del compresor C-2100.		1 Pr=1 In=2	C C			
32	PRESION	BAJA	Baja Presión en la descarga del compresor	Falla en el compresor C-2100.	Baja la relación molar H2/hidrocarburos. Depósito de carbón en el catalizador de los reactores V-	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por	4	Pe=1 Po=1 Am=1 Pr=1 In=1	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			C-2100.		2101/2102/2103. Afectación a plantas consumidoras de Hidrogeno. Pérdida de producción. Posible paro de planta.	programa institucional. 2. Alarma por bajo flujo FAL-2101 de gas de recirculación del C-2100. 3. Interlock de paro de bombas de carga P-2100 A/B y cierre de válvulas automáticas TRC-2100/2101/2102 de corte rápido de gas combustible a los calentadores H-2100/2101/2102 por bajo flujo de H2 de recirculación. 4. Indicador de presión PI-2113 5. Programa de simulacros operacionales. 6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.						

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						7. Procedimiento para paro de emergencia en la RNP-1 por falla del compresor C-2200.						
33	Presión	Baja	Baja presión en la succión del compresor C-2100.	Obstrucción de la malla demister del separador V-2105	Baja la relación molar H2/hidrocarburos. Presionamiento en el tanque V-2105. Depósito de carbón en el catalizador de los reactores V-2101/2102/2103. Afectación a plantas consumidoras de Hidrogeno. Disparo del compresor C-2100 por baja presión de succión Posible paro de planta.	1. Aplicación de procedimiento de cambio de malla demister en el separador V-2105. 2. Alarma por bajo flujo FAL-2101 de gas de recirculación en la descarga del compresor C-2100. 3. Disparo por bajo flujo FSL-2101 de gas de recirculación del C-2100. 4. Indicador de presión PI-2112 5. Interlock de paro de bombas de carga P-2100 A/B y cierre de válvulas automáticas TRC-	4	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=2	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable	
						<p>2100/2101/220 2 de corte rápido de gas combustible a los calentadores H-2100/2101/2102 por disparo del compresor C-2100.</p> <p>6. Controlador de presión PRC-2100 del tanque separador V-2105.</p> <p>7. Válvula de seguridad PSV-2102 del V-2105.</p> <p>8. Programa de simulacros operacionales</p> <p>9. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>10. Aplicación de la técnica VOTO.</p> <p>11. Procedimiento para paro de emergencia en la BTX por falla</p>							

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						del compresor C-2100.						
34	Temperatura	Alta	Alta Temperatura en la descarga del compresor.	Baja eficiencia en la condensación del efluente del reactor en E-2102 A/D por incrustación en los tubos.	Daños en internos del compresor Daños a los sellos del compresor	1. Indicador de temperatura TI-2105 local en la succión del compresor C-2100. 2. Indicador de temperatura TI-2100-14 en la descarga del C-2100 con señal al panel de control en la succión con alarma por alta temperatura TAH-2100-4 y disparo del compresor por alta temperatura TS-2100. 3. Indicador de temperatura TI-2111 en salida del efluente de E-2102. 4. Ajustes operacionales en las revoluciones	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=2	C C C B	1.solicitar la limpieza de núcleos en E-2102 en la próxima reparación general de la planta. 2.- Llevar el monitoreo de tendencias en temperatura de la descarga del compresor para detectar incremento de temperatura 3.- Establecer rutinas de retrolavado en condensadores E-2201 A/D al menos una vez por semana	Próxima reparación  01-julio 2017  01-julio-2017	Ing. Frnacisco Martinez Dominguez  Ing. Gerson Moctezuma Castillo

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						del compresor. 5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 6. Aplicación de la técnica VOTO. 7. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.						
35	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en la descarga del compresor.		No hay consecuencias de interés.			Pe= Po= Am= In= Pr=				
36	Pérdida	Contención	Perdida de contención	Daño de materiales (falla de materiales, corrosión).	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente, perdida de producción y daños a la instalación.	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Programa de medición de espesores. 3. Recorridos operacionales	3	Pe=2 Po=1 Am=2 In=2 Pr=2	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						con toma de lectura cada dos horas. 4. Extintores locales y red de agua contraincendios . 5. Programa de Simulacros operacionales. 6. contraincendios .						

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 5.</b> Sección de vapor de la torre V-2106, salida de vapores del domo, condensadores E-2105 A/B, acumulador V-2107 y salida de incondensables a gas combustible.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Separar la fase vapor (C1, C2, C3, C4) de la fase líquida de la torre V-2106 para su recuperación como gas combustible.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV. RAMM, GCM

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
37	Temperatura	Alta	Alta temperatura en el domo de la torre V-2106	Bajo POR FALTA DE reflujo al domo por falla del lazo de control de la válvula FRC-2106, en posición cerrada.	Presionamiento de la torre V-2106 y acumulador V-2107.  Arrastre de producto a la red de gas combustible.	1. Indicador de temperatura TI-2100 en el domo de la torre V-2106.  2. Indicador de temp a cuarto de control TW-2108  3. Control por directo de la válvula FRC-2106.  4. Control de presión PRC-2101 en el acumulador V-2107.  5. Válvula de seguridad PSV-2105 de la torre V-2106 a quemador.  6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
38	Temperatura	Alta	Alta temperatura en el domo de la torre V-2106	Bajo reflujo POR FALTA DE REFLUJO al domo por paro de las bombas P-2101 A/B.	Presionamiento de la torre V-2106 y acumulador V-2107.  Arrastre de producto a la red de gas combustible.	1. Equipo de bombeo de relevo.  2. Indicador de temperatura TI-2100 en el domo de	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			



No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						la torre V-2106. 3. Control de presión PRC-2101 en el acumulador V-2107. 4. Válvula de seguridad PSV-2105 de la torre V-2106 a quemador. 5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.		Pr=1	C			
39	Temperatura	Alta	Alta temperatura en el domo de la torre V-2106	Alta temperatura en el fondo de la torre por falla del TRC-2103.	Presionamiento de la torre V-2106 y acumulador V-2107.  Arrastre de producto a la red de gas combustible.  Disminuye la PVR del reformado	1. Control por directo por el TRC-2103. 2. Indicador de temperatura TI-2100 el domo de la torre V-2106. 3. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 4. Control de presión PRC-2101 de la torre V-2106. 5. Válvula de seguridad PSV-2105 de la torre V-2106 a quemador 6. Recorridos operacionales	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						con toma de lectura cada dos horas.						
40		BAJA	BAJA TEMP EN FONDO DE LA TORRE	BAJA TEMPERATURA POR FALLA EN CALENTADOR H-2103	Aumenta la PVR del producto Arrastre de productos ligeros y sulfhidrico en el reformado	1. Control por directo por el TRC-2103. 2. Indicador de temperatura TI-2100 el domo de la torre V-2106. 3. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.						
41	Presión	Alta	Alta presión en el acumulador V-2107	Alta temperatura en el fondo de la torre V-2106 por falla del TRC-2103.	Arrastre de producto a la red de gas combustible.	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Control de presión PRC-2101 del tanque V-2107. 3. Válvula de seguridad PSV-2105 de la torre V-2106. 4. Recorrido para toma de lectura c/2 horas.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			
42	Presión	Alta	Alta presión en el	Falla del controlador PRC-2101-V con	SIN reflujo a la torre V-	1. Prog. de mantto correct y/o entrega	5	Pe=1 Po=1	C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			acumulador V-2107	válvula automática en posición cerrada.	2106. Baja temperatura en el fondo de la torre V-2106. Bajo nivel en el acumulador V-2107.	de equipo por prog institucional. 2. Control por directo de válvula PV-2101 3. Indicador de flujo FR-2105-E a cabezal de gas combustible. 4. Válvula de seg PSV-2105 de la torre V-2106. 5. Recorrido para toma de lectura c/2 hrs 6. Aplicación de la técnica VOTO.		Am=1 In=1 Pr=1	C C C			
43	Presión	Baja	Baja presión en el acumulador V-2107	Falla del controlador PRC-2101 con válvula quedando en posición abierta.	Envío excesivo de hidrocarburo a la red de gas combustible con posible arrastre de líquidos  Descontrol operativo en la torre depentanizadora (bajo nivel de la torre)  Alto nivel en el acumulador V-2107.	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Control por directo de la válvula PV-2101. 3. Indicador de flujo FR-2105 de hidrocarburo a la red de gas combustible, con señal al panel de control. 4. Indicador de nivel en campo (LG-2106). 5. Indicador de nivel LI-2103, con alarma	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						por alto nivel LAH-2103, con señal al panel de control. 6. Control de nivel LIC-2103. 7. Recorrido para toma de lectura c/2 horas. 8. Aplicación de la técnica VOTO						
44	Nivel	Alto	Alto nivel en el acumulador V-2107	Falla de las bombas P-2101 A/B.	Arrastre de producto a la red de gas combustible.  Alta presión en el domo de la torre.	1. Equipo de bombeo de relevo. 2. Mantenimiento preventivo a equipo de bombeo. 3. Indicador de nivel en campo (LG-2106). 4. Indicador de nivel LI-2103, con alarma por alto nivel LAH-2103, con señal al panel de control. 5. Control de nivel LIC-2103. 6. Control de presión PRC-2101. 7. Válvula de seguridad PSV-2105. 8. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 9. Aplicación de la técnica VOTO	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
45	Nivel	Alto	Alto nivel en el acumulador V-2107	Falla del lazo de control del FRC-2106 quedando en posición cerrada.	Arrastre de producto a la red de gas combustible.  Alta presión en el domo de la torre.	1. Control por directo de la válvula FRC-2106.  2. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.  3. Indicador de nivel en campo (LG-2106).  4. Indicador de nivel LI-2103, con alarma por alto nivel LAH-2103, con señal al panel de control.  5. Control de nivel LIC-2103.  6. Control de presión PRC-2101.  7. Válvula de seguridad PSV-2105.  8. Recorrido para toma de lectura c/2 horas.  9. Aplicación de la técnica VOTO	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			
46	Contención	Pérdida	Pérdida de contención	Daño de materiales (falta de materiales, corrosión).	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente,	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa	3	Pe=2	C			
								Po=1	C			
								Am=2	C			
								In=2	C			
								Pr=2	C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					pérdida de producción y daños a la instalación. Paro de planta.	institucional. 2. Programa de medición de espesores. 3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 4. Extintores locales y red de agua contraincendios. 5. Programa de Simulacros operacionales y contraincendios.						

<b>Nombre del estudio:</b> HazOp de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 6.</b> Fase líquida del acumulador V-2107, bomba de reflujo de destilado P-2101 A/B, reflujo al domo de la torre V-2106 y salida de destilados.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Enviar producto del destilado a la torre V-2106, para mantener el equilibrio de nivel.
<b>Equipo multidisciplinario:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
47	Flujo	Alto	Alto flujo en la descarga de la bomba P-2101 A/B.		No aplica	1.		Pe= Po= Am= In= Pr=				
48	Flujo	Bajo	Bajo flujo en la descarga de la bomba P-2101 A/B.	Daños en los internos de la bomba.	Alta temperatura en el domo de la torre V-2106.  Alta presión en el domo de la torre V-2106.	1. Equipo de bombeo de relevo.  2. Mantenimiento preventivo a equipo de bombeo.  3. Registrador FR-2104, con señal al panel de control.  4. FIC-2106 control de flujo	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						5. Indicador de temperatura TI-2100, en el domo de la torre V-2106. 6. Válvula de seguridad PSV-2105. 7. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 8. Técnica VOTO.						
49	Flujo	Bajo	Bajo flujo en la descarga de la bomba P-2101 A/B.	Falla del lazo de control de la FRC-2106, en posición cerrada.	Alta temperatura en el domo de la torre V-2106.  Alta presión en el domo de la torre V-2106.	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Control por directo de FRC-2106. 3. Registrador FR-2104,	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			



No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						con señal al panel de control. 4. Indicador de temperatura TI-2100, en el domo de la torre V-2106. 5. Válvula de seguridad PSV-2105. 6. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 7. Aplicación de la técnica VOTO.						
50	Contención	Pérdida	Perdida de contención	Daño de materiales (falla de materiales, corrosión)	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente, perdida de producción y	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 2. Programa de medición de espesores.	3	Pe=2 Po=1 Am=2 In=2 Pr=2	C C C C C			

No .	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					daños a la instalación. Paro de planta.	<p>3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>4. Extintores locales y red de agua contra incendios.</p> <p>5. Programa de Simulacros operacionales y contra incendios.</p>						

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 7.</b> Zona de agotamiento de la torre depentanizadora V-2106, bomba P-2103 A/B, calentador H-2103 y envío de recirculación al fondo de la torre.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Recircular la corriente del fondo de la torre para la separación de mezcla pesados/ligeros y la salida de reformado a tanques finales.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV. RAMM, GCM

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
51	Temperatura	Alta	Alta Temperatura en el fondo de la torre V-2106.	Falla del controlador TRC-2103 con válvula automática de gas combustible quedando en posición abierta	Presionamiento en la torre V-2106  Alto nivel en el acumulador V-2107.  3. Arrastre de líquido a la red de gas combustible	1. Indicadores de temperatura TI-2100-23/24/25/25 en la salida de los cuatro serpentines del H-2103.  2. Control de presión PRC-2101 en el acumulador V-2107.  3. Indicador de TI-2100-12, en el cabezal de la salida del calentador H-2103.  4. Indicadores de temperatura TI-2100-19/20/21/22 en el hogar del calentador H-2103.  5. Indicadores de temperatura TI-2100-27 en la chimenea	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						del calentador H-2103. 6. Indicador y alarma por bajo nivel LC-2102 y LAH-2107 en la torre debutanizador a V-2106. 7. Válvula de seguridad PSV-2105 del acumulador V-2107. 8. Recorridos operacionales con tomas de lectura cada dos horas. 9. Aplicación de la técnica VOTO. 10. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.						
52	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en el fondo de la torre V-2106.	Falla del controlador TRC-2103 con válvula automática de gas combustible en posición cerrada.	Incremento en el nivel de la torre V-2106 Bajo nivel en el acumulador V-2107 Incremento a la PVR del reformado	1. Control por directo de la válvula TRC-2103. 2. Indicadores de temperatura TI-2100-23/24/25 en la salida de los cuatro serpentines del H-2103	5	Pe=1 C Po=1 C Am=1 C In=1 C Pr=1 C				

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						3. Indicador de temperatura TI-2100-12, en el cabezal de la salida del calentador H-2103. 4. Indicadores de temperatura TI-2100-19/20/21/22 en el hogar del calentador H-2103. 5. Control de nivel LC-2202 en la torre V-2205. 6. LG de la torre V-2205 7. Recorridos operacionales con tomas de lectura cada dos horas. 8. Aplicación de la técnica VOTO. 9. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.						
53	Temperatura	Baja	Baja temperatura en el fondo de la torre V-2106	Quemadores del H-2103 obstruidos.	Incremento en el nivel de la torre V-2106 2. Bajo nivel en el acumulador V-2107 y bajo reflujo del destilado al domo de la torre V-2106 Incremento a la PVR	1. Programa de mantenimiento preventivo a quemadores. 2. Filtro de gas de partículas	5	Pe=1 C Po=1 C Am=1 C In=1 C Pr=1 C				

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					del reformado	solidas 3. Indicadores de temperatura TI-2100-23/24/25 en la salida de los cuatro serpentines del H-2103 4. Indicador de temperatura TI-2100-12 de salida general del calentador H-2103. 5. Control de temperatura TRC-2103 6. Ajustes operacionales. 7. Recorridos operacionales con tomas de lectura cada dos horas 8. Aplicación de la técnica VOTO.						
54	Temperatura	Baja	Baja Temperatura en el fondo de la torre V-2106.	Baja presion de gas combustible		IDEM ANTERIOR		Pe= Po= Am= Pr= In=	C C C C C			
55	Nivel	Alto	Alto Nivel en la torre V-2106.	Falla del controlador LC-2102 con válvula en posición	Baja temperatura de la torre V-2106. Bajo nivel en el	1. Alarma por alto nivel LA-2107S de la	5	Pe=1 Po=1 Am=1 Pr=1 In=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				cerrada.	<p>acumulador V-2107.</p> <p>Posible afectación en herrajes de los platos del fondo de la torre V-2106.</p> <p>Presionamiento del domo de la torre</p>	<p>torre V-2106.</p> <p>2. Alarma por bajo nivel LAL-2103 del acumulador de reflujo V-2107.</p> <p>3. Control por directo de la válvula LC-2102.</p> <p>4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>5. Aplicación de la técnica VOTO</p> <p>6. Programa de preventivo a instrumentos.</p>						
56	Nivel	Bajo	Bajo Nivel en la torre V-2106.	<p>Falla del controlador LC-2102 con válvula en posición abierta.</p>	<p>Posibles daños a la bomba de recirculación P-2103 A/B por falta de carga.</p> <p>Posibilidad de daños en el calentador H-2103 por falta de carga</p> <p>Incremento en el perfil de temperatura de la torre V-2106.</p>	<p>1. Alarma por bajo nivel LAL-2107 de la torre V-2106.</p> <p>2. Alarma por bajo flujo FAL-2102 de recirculación al calentador H-2103</p> <p>3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>4. Aplicación de la técnica</p>	5	<p>Pe=1 C</p> <p>Po=1 C</p> <p>Am=1 C</p> <p>Pr=1 C</p> <p>In=1 C</p>				

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						VOTO 5. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.						
57	Flujo	desbalanceado	Flujo desbalanceado en los serpentines del calentador H-2203	Apertura de las válvulas de bloqueo	Sobrecalentamiento del serpentín con menos flujo  Daños al material de construcción	1. FI-2100/01/02/03  2. TI-2100 19/20/21/22  3. Recorrido para toma de lectura cada dos horas.  4. Aplicación de la técnica VOTO	5.	Pe= Po= Am= In= Pr=	C C C C C			
58	Flujo	No	No Flujo de recirculación al calentador H-2103.	Falla del controlador FRC-2105 con válvula automática en posición cerrada.	Posibles daños de los serpentines por falta de carga al H-2103 (sobrecalentamiento)  Ruptura, fuga e incendio en el interior del calentador H-2103.  Daños a la bomba P-2103 A/B, fuga de sellos con posibilidad de incendio.	1. Alarma por bajo flujo FAL-2102 al calentador H-2103.  2. Controlador de temperatura TRC-2103 en la salida del calentador H-2103.  3. Indicador de presión PI-2118/2119 en la descarga de la bomba P-2103 A/B.	4.	Pe=2 Po=1 Am=3 Pr=2 In=3  Po=1 Am=3 Pr=2 In=3	C C B C B  C B C B	Instalar disparo del calentador H-2103 por bajo flujo de carga a serpentines de proceso  Revisión de operación correcta de las válvulas automáticas antes de cada arranque de planta  Cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo y predictivo de valvulas automáticas		Ing. Pedro Sanchez Figueroa  Ing. Pedro Sanchez Figueroa  Ing. Operación en Turno.



No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						4. Control por directo de la válvula FV-2103. 5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 6. Aplicación de la técnica VOTO 7. Extintores locales. 8. Anillos de espreas de la red contraincendios. 9. Detectores de mezclas explosivas. 10. Programa de mantenimiento preventivo instrumentos.						
60	Flujo	Alto	Alto Flujo de recirculación al calentador H-2103.	Falla del controlador FRC-2105 con válvula automática quedando en posición abierta.	Bajo nivel en el fondo de la torre V-2106.  Posible cavitación de las bombas P-2103 A/B.	1. Control por directo de la válvula FRC-2105. 2. Alarma por bajo nivel LAL-2107S. 3. Programa de preventivo a equipo dinámico. 4. Programa de	5	Pe=1 C Po=1 C Am=1 C Pr=1 C In=1 C		Actualizar el tag de las bombas P-2103A/B, de la Planta RBTX en el Plot Plant de la Refinería, debido a inconsistencias.		

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						preventivo a instrumentos. 5. Recorridos con toma de lectura cada dos horas. 6. Aplicación de la técnica VOTO.						
61	Temperatura	Alta	Alta temperatura en la salida de reformado producto a tanques finales.	Baja eficiencia del enfriador E-2104 A/B por tubos cancelados o ensuciamiento BAJA CIRCULACION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	Alta emisión de vapores de hidrocarburos a la atmósfera en el área de tanques de almacenamiento con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición. Posibles daños de los tanques de almacenamiento (MIF) Contaminación ambiental.	1. Indicador de temperatura TI-2112 en la línea de salida del E-2104 A/B. 2. Recorrido para toma de lectura cada dos horas. 3. Aplicación de la técnica VOTO 4. Programa de mantenimiento predictivo y preventivo a equipo de intercambio.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								Pr=1	C			
								In=1	C			
62	Temperatura	Alta	Alta temperatura en la salida de reformado producto a tanques finales	Baja presión en el suministro de agua de enfriamiento en el cambiador E-2104 A/B	Alta emisión de vapores de hidrocarburos a la atmósfera en el área de tanques de almacenamiento con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición. Posibles daños de los tanques de almacenamiento (MIF)	1. Indicador de temperatura TI-2112 en la línea de salida del E-2104 A/B. 2. Recorrido para toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								Pr=1	C			
								In=1	C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
					Contaminación ambiental.	3. Aplicación de la técnica VOTO. 4. Programa de mantto predictivo y preventivo a equipo de intercambio. 5. INDICADOR DE PRESION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO EN L.B.						
63	Contención	Pérdida	Pérdida de contención por daños en los sellos de las bombas P-2103	Daño de materiales (falla de materiales, corrosión).	Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al amb., pérdida de producción y daños a la instalación.  Paro de planta.	1. Sellos dobles en bombas P-2103. 2. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional. 3. Recorrido para toma de lectura cada dos horas. 4. Programa de Simulacros operacionales y contraincendios.	4	Pe=2 C Po=1 C Am=2 B Pr=2 C In=1 C		Cumplimiento al programa de mantenimiento preventivo y predictivo de las bombas		Ing. Mantenimiento Mecanico del area

<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora de Benceno, Tolueno y Xilenos (RBTX).
<b>Nodo 8.</b> Caldereta V-2113, envío de vapor a la red de vapor de media (10.5 kg/cm <sup>2</sup> ), succión y descarga de las bombas P-2107 A/B con envío a los serpentines en calentadores y retorno a la caldereta.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Generar vapor de media (10.5 kg/cm <sup>2</sup> ) para su envío a la red de vapor de media.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
64	Presión	Más	Más Presión en el domo de la caldereta V-2113	Rechazo de los consumidores de vapor.  Bloqueo de válvula de salida de vapor	Envío de vapor a la atmósfera (relevo de la PSV-2202/2111/2119).  Bajo nivel de la caldereta.  Contaminación ambiental (ruido).  Fuga en uniones bridadas.	1. Alarma por alta presión en V-2113 con señal al panel de control.  2. Indicación de presión PI-2156, del domo de la caldereta V-2113.  3. Control de nivel LC-2105, de la V-2113.  4. Válvula de alivio PSV-2119, de la caldereta, de la llegada del calentador H-2100/2101/2102 , PSV-2111 y del calentador H-2200/2201/2202 , PSV- 2202.  5. Recorridos operacionales	6	Pe=1 Po=1 Am=2 In=1 Pr=1	C C B B B	Comunicación con área de fuerza y servicios principales para mitigar los efectos de rechazo de consumo de vapor.		Ing. de Operación en Turno

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						con toma de lectura cada dos horas. 6. Aplicación de la técnica VOTO.						
65	Presión	Menos	Menos Presión en el domo de la caldereta V-2113.	Válvula de seguridad PSV-2119/2111/2202 descalibradas y/o calzadas	Contaminación ambiental (ruido). Arrastre de condensado a red de vapor de media. Alto nivel en la caldereta.	1. Válvulas de bloqueo de las PSV's. 2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 3. Aplicación de la técnica VOTO. 4. Programa de mantenimiento preventivo de válvulas de seguridad.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			
66	Nivel	Alto	Alto Nivel en la caldereta V-2113.	Falla del controlador LC-2105 con válvula LV-2105 en posición abierta.	Arrastre de condensado al cabezal de vapor. Golpes de ariete en las líneas de vapor. Mayor presión en la caldereta.	1. Alarma por alto nivel en la caldereta, LAH-2102. 2. Indicador de presión PI-2156, del domo de la V-2113. 3. Control por directo en la válvula LC-2105. 4. Recorridos	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						operacionales con toma de lectura cada dos horas. 5. Aplicación de la técnica VOTO. 6. Programa de mantenimiento preventivo a instrumentos.						
67	Nivel	Alto	Alto Nivel en la caldereta V-2113.	Falla de la bomba P-2107 A/B.	Bajo flujo de condensado a los serpentines de la zona de convección de los calentadores.  Golpe de ariete en los serpentines en la zona de convección de los calentadores al reanudar el flujo del mismo.  Posibles daños en los serpentines y en líneas anexas, con fuga de condensado y/o vapor.  Posible paro de planta.	1.Indicación de flujo a serpentines en la zona de convección de los calentadores, FI-2104/2105. 2. Equipo de relevo de bombeo. 3.Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 4.Aplicación de la técnica VOTO. 5.Programa de mantenimiento preventivo a equipo dinámico. 6.Procedimiento	4	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
						de paro de planta.						
68	Nivel	Bajo	Bajo Nivel en la caldereta V-2113.	Falla del controlador LC-2105 con válvula LV-2105 en posición cerrada.	<p>Posibles daños a la bomba de recirculación de condensado P-2107 A/B por falta de carga.</p> <p>Bajo flujo de condensado a los serpentines de la zona de convección de los calentadores.</p> <p>Posibles daños en los serpentines y en líneas anexas, con fuga de condensado y/o vapor.</p> <p>Posible paro de planta.</p>	<p>1. Alarma por bajo nivel LAL-2103 en V-2113.</p> <p>2. Indicación de flujo a serpentines en la zona de convección de los calentadores, FI-2104/2105.</p> <p>3. Control por directo en la válvula LC-2105.</p> <p>4. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.</p> <p>5. Aplicación de la técnica VOTO.</p> <p>6. Programa de mantenimiento preventivo a equipo dinámico.</p> <p>7. Procedimiento de paro de planta.</p> <p>8.</p>	5	Pe=1 Po=1 Am=1 In=1 Pr=1	C C C C C			

No.	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
69	Contención	Pérdida	Pérdida de contención	Daño de materiales (falla de materiales, corrosión).	Fuga de condensado en el interior del calentador.  Posible paro de planta.	1. Programa de mantenimiento correctivo y/o entrega de equipo por programa institucional.  2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	4	Pe=1	C			
								Po=1	C			
								Am=1	C			
								In=1	C			
								Pr=1	C			



<b>Nombre del estudio:</b> Hazop de la Planta Reformadora Benceno, Tolueno y Xilenos.
<b>Sección o Nodo 9.</b> Sección Servicios Principales de la Planta Reformadora BTX.
<b>Propósito de acuerdo al diseño:</b> Permitir la operación de las unidades.
<b>Equipo multidisciplinario<sup>1</sup>:</b> GMC; JMHM; JACR ; EAVG ; MAMM ; JFMD ; AJSV, RAMM, GCM

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
70	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de gas combustible	Pérdida de contención en la línea de suministro de gas a la BTX.	Paro de planta  Fuga con posibilidad de incendio en caso de encontrar una fuente de ignición y con daños al personal, al ambiente, pérdida de producción y daños a la instalación.  Pérdida de producción	1. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de gas combustible con señal al panel de control.  2. Programa de medición de espesores.  3. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  4. Extintores locales y red de agua contra incendios.  5. Programa de Simulacros operacionales y contra incendios.	2	Pe=2	C			
						Po=1	C			
						Am=2	C			
						Pr=1	C			
						In=1	C			
71	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de aire de instrumentos	Falla en los compresores del área de fuerza y servicios principales.	Pérdida de producción.  Paro de planta.	1. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de aire de instrumento con señal al panel de control.  2. Recorridos	3	Pe=1	C			
						Po=1	C			
						Am=1	C			
						Pr=1	C			
						In=1	C			

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				operacionales con toma de lectura cada dos horas. 3. Extintores locales y red de agua contra incendios. 4. Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.						
72	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de aire de instrumentos	Perdida de contención en la línea de suministro de aire de instrumentos a la BTX.	Perdida de producción. Depresionamiento de la red general de aire de instrumentos	1. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de aire de instrumento con señal al panel de control. 2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 3. Programa de medición de espesores. 4. Mantenimiento correctivo a la línea de aire de instrumentos. 5. Compresores de apoyo en planta PSA (GB-3704 A/B) y compresor de regeneración C-2100-A.	4	Pe=1 Po=1 Am=2 Pr=1 In=1	C C B C C	Interconectar el suministro de aire de instrumentos a un compresor de respaldo de otra planta (U-8000)  Terminar instalación de compresor de aire de Instrumentos C-2100 A		Ing. Gerson Moctezuma Castillo  Ing. Mecánico del Sector

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				6. Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.						
73	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de vapor de alta.	Falla en las calderas del área 7 de fuerza y servicios principales.	Perdida de producción.  Disparo de compresor C-2100 y bombas de turbina (CARGA P-2100 B, lubricación del compresor PT-2108 A, P-2103 B fondo depentanzadora, P-2106 A).  Paro de planta.	1. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de vapor de alta con señal al panel de control.  2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  3. Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.	6	Pe=1 Po=1 Am=1 Pr=4 In=1	C C C A B	NOTA: Estos servicios dependen de fuerza y servicios principales.  Difusión al personal de operación sobre el procedimiento de paro de emergencia por falla de Vapor de alta presión		Ing. Operación del Sector
74	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de vapor de alta.	Perdida de contención en la línea de suministro de vapor de alta en la BTX.	Perdida de producción.  Paro de planta.  Disparo de compresor C-2100 y bombas de turbina (CARGA P-2100 B, lubricación del compresor PT-2108 A, P-2103 B fondo despentanzadora, P-2106 A).	1. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de vapor de alta con señal al panel de control.  2. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.  3. Programa de medición de espesores.	4	Pe=1 Po=1 Am=2 Pr=1 In=1	C C B C C	Difusión al personal de operación sobre el procedimiento de paro de emergencia por falla de Vapor de alta presión. Cumplimiento al programa de calibración de espesores en líneas de servicios principales		Ing. Operación del Sector

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				4. Mantenimiento correctivo a la línea de vapor de alta. 5. Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.						
75	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de agua de enfriamiento.	Falla en las bombas de suministro de la torre de enfriamiento CT-1401.	Vaporización del suministro y retorno de agua. Pérdida de producción. Paro de planta. Incremento en la temperatura de reformado y de productos de reacción	1. Apertura de venteos en líneas de retorno. 2. Equipo de bombeo de relevo en torre CT-1401. 3. Programa de Simulacros operacionales de servicios principales. 4. Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro agua de enfriamiento con señal al panel de control. 5. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas.	5	Pe=1 C Po=1 C Am=1 C Pr=2 B In=2 B		Difusión al personal de operación sobre el procedimiento de paro de emergencia por falta de agua de enfriamiento.  Comunicación vía radio con personal de fuerza y servicios principales para determinar el tiempo de duración de la falla.		Ing. Operación del Sector
76	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de agua de enfriamiento	Perdida de contención en la línea de suministro de agua de	Mayor cantidad de agua de enfriamiento Incremento en la temperatura de	1. Mantenimiento correctivo a la línea de suministro de agua de	5	Pe=1 C Po=1 C Am=2 B Pr=1 C		Cumplimiento al programa de calibración de espesores en líneas de servicios		Ing. Hector Padrón Lara

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
		enfriamiento en la BTX.	reformado y de productos de reacción	enfriamiento 2.Colocación de taquetes de madera y recubrimiento metálico (boiler). 3.Indicadores de presión y alarma por baja presión de la red de suministro de agua de enfriamiento con señal al panel de control. 4.Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 5.Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.		In=1	C	principales		
77	Qué pasa si? Hay pérdida del servicio de energía eléctrica	Falla en turbogeneradores del área 7 de fuerza y servicios principales.	Paro de planta.	1.Programa de Simulacros operacionales de servicios principales.	5	Pe=1 Po=1 Am=1 Pr=1 In=1	C C C C C			
78	Qué pasa si? Hay pérdida en el servicio de dicloroetano	Falla en el equipo de bombeo Bomba P-2105 ABCDE	Posible paro de planta Afecta las especificaciones del producto reformado. Bajo número de octano Desbalance del	2.Bombas de relevo equipos de relevo. 3.Programa de mantenimiento a equipo dinámico. 4.Pruebas de	5	Pe=1 Po=1 Am=1 Pr=1 In=1	C C C C C			

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
			catalizador	laboratorio Dragüer. 5.Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 6.Ajuste manual en la carrera de la bomba para la inyección de dicloroetano.						
79	Qué pasa si? Hay pérdida en el servicio de dicloroetano	Pérdida de contención	Incendio con posibilidad de daños al personal y equipos de proceso.	1. Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 2. Extintores locales y red contraincendios. 3. Camión de contraincendios. 4. Disparo de la bomba de inyección de dicloroetano en campo	4	Pe=2 Po=1 Am=2 Pr=2 In=1	C C B C C	Alarma de gas y fuego en área de casa de bombas de inyección de dicloroetano		Ing. Pedro Sanchez Figueroa
80	Qué pasa si? Hay pérdida en el servicio de dimetilsulfuro	Pérdida de contención	Incendio con posibilidad de daños al personal y equipos de proceso.	1.Recorridos operacionales con toma de lectura cada dos horas. 2.Procedimiento de arranque de la planta BTX. 3.Extintores locales y red contraincendios. 4.Camión de	2	Pe=2 Po=1 Am=2 Pr=1 In=1	C C C C C			

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable	
				contra incendios.							
81	Qué pasa si? Hay una Desviación durante el arranque	Error humano en la aplicación de procedimiento de arranque de la BTX.	Retraso en el periodo de arranque  Posible daño a equipo (s)  Posible daño al personal.	1.Procedimiento de arranque a planta 331-42155-PO-100.  2.Diagrama de flechas.  3.Programa de capacitación.  4.Protocolo de pre-arranque.  5.Protocolo de lectura de 22 puntos para plantas y equipos mayor.	4	Pe=1	C				
						Po=1	C				
						Am=1	C				
						Pr=1	C				
						In=1	C				
82	Qué pasa si? Hay una Desviación durante el paro normal o de emergencia		No hay consecuencias de interés.	1. Procedimiento de paro normal  2. Procedimiento de paro por emergencia		Pe=					
						Po=					
						Am=					
						Pr=					
						In=					
83	Qué pasa si? Hay una Desviación durante mantenimiento	Error humano en la aplicación de procedimiento de mantenimiento	Retraso en el periodo de arranque.  Posible daño a equipo (s).  Posible daño al personal.	1.Programa anual de capacitación del personal de mantenimiento.  2.Procedimiento de bloqueo de energía y de material peligroso PXR-PC-06-2012.  3.Procedimiento Crítico de Apertura	4	Pe=1	C				
						Po=1	C				
						Am=1	C				
						Pr=1	C				
						In=1	C				

No.	Qué pasa si?	Causas	Consecuencias	Protecciones	F	C	R	Recomendaciones	Fecha compromiso	Responsable
				y cierre de líneas de equipos de procesos PXR-PC- 08-2012.						



## Capítulo V

Actividades	Meses		1				2				3				TOTAL
	Semanas	Días aprox	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	<b>Análisis HAZOP de la Planta Refomadora BTX</b>														
<b>1. Preparación del estudio</b>															
1.1. Recopilación de información															
1.2. Revisión de los DTI's															
1.3. Preparación de las actividades de identificación de riesgos															
<b>2. Desarrollo del análisis de riesgos de proceso</b>															
2.1. Identificación de peligros y condiciones peligrosas															
2.2. Ponderación e identificación de los escenarios de riesgos															
2.3. Análisis y evaluación de consecuencias															
2.4. Estimación de frecuencias															
2.5. Caracterización, Jerarquización y Matrices de riesgos															
<b>3. Elaboración del documento análisis de riesgos</b>															
<b>Total   \$</b>														<b>550,000.00</b>	

Cantidad	Mano de obra/Nombre	P.U.	Mes 1	Mes 2	Mes 3	TOTAL
1	Coordinador de Proyecto	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 25,000.00	\$ 75,000.00
1	Especialista de Proceso	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 60,000.00
1	Especialista Phast	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	\$ 60,000.00
1	Secretario/Documentador/Dibujante	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00	\$ 45,000.00
1	Asistente tecnico	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 36,000.00
			<b>\$ 92,000.00</b>	<b>\$ 92,000.00</b>	<b>\$ 92,000.00</b>	<b>\$ 276,000.00</b>

Materiales/Papelería	P.U.	Cant.	Total	Cant.	Reportes a elaborar	TOTAL Matles.
Hojas blancas TC	\$ 360.00	2	\$ 720.00	1	Bateria Modular Costero	\$ 19,448.63
Hojas blancas DC	\$ 480.00	2	\$ 960.00			\$ -
Micas	\$ 90.00	10	\$ 900.00			\$ -
Tablas de campo	\$ 30.00	5	\$ 150.00			\$ -
Plumas	\$ 3.00	15	\$ 45.00			\$ -
Lapiceros (puntilleros)	\$ 15.00	15	\$ 225.00			\$ -
Puntillas	\$ 10.00	10	\$ 100.00			\$ -
Engrapadora	\$ 35.00	3	\$ 105.00			\$ -
Grapas	\$ 13.60	3	\$ 40.80			\$ -
Perforadora de uso rudo	\$ 332.00	1	\$ 332.00			\$ -
CD's	\$ 5.00	20	\$ 100.00			\$ -
Kit de rotulado de CD's	\$ 50.00	15	\$ 750.00			\$ -
Resistol	\$ 24.00	4	\$ 96.00			\$ -
Marca textos	\$ 25.00	20	\$ 500.00			\$ -
Cuadernos	\$ 25.00	20	\$ 500.00			\$ -
Tóner de impresora	\$ 800.00	5	\$ 4,000.00			\$ -
Cartuchos de impresora	\$ 450.00	10	\$ 4,500.00			\$ -
Carpetas de 2"	\$ 51.90	20	\$ 1,038.00			\$ -
Carpetas de 3"	\$ 59.90	20	\$ 1,198.00			\$ -
Clips	\$ 15.90	3	\$ 47.70			\$ -
Hojas opalinas	\$ 2.00	200	\$ 400.00			\$ -
Post it	\$ 25.00	10	\$ 250.00			\$ -
Separadores	\$ 49.00	30	\$ 1,470.00			\$ -
Caja de cartón	\$ 19.00	5	\$ 95.00			\$ -
<b>Costo fijo de materiales</b>			<b>\$ 19,448.63</b>	<b>Total de estudios=</b>		<b>1 \$ 19,448.63</b>

Equipos/Gastos de Operación	P.U. (MES)	Mes 1	Mes 5	Mes 6	TOTAL
Laptops	\$ 10,000.00	4			\$ 40,000.00
Cañón	\$ 6,000.00	1			\$ 6,000.00
Memorias USB	\$ 300.00	4			\$ 1,200.00
Disco duro portátil	\$ 1,250.00	1			\$ 1,250.00
Gasolina	\$ 5,000.00	1	1	1	\$ 15,000.00
Casetas	\$ 500.00	2	2	2	\$ 3,000.00
Equipo de protección personal	\$ 1,350.00	5			\$ 6,750.00
Renta de salon y mobiliario	\$ 15,000.00	2	1	1	\$ 60,000.00
Gasto de Seguro y Prestaciones	\$ 3,000.00	5	5	5	\$ 45,000.00
		<b>\$ 103,750.00</b>	<b>\$ 36,000.00</b>	<b>\$ 36,000.00</b>	<b>\$ 178,200.00</b>

<b>Gasto total</b>	<b>\$ 454,201.00</b>
<b>Indirectos</b>	<b>\$ 499,621.10</b>
<b>Fac. de Utilidad</b>	<b>20%</b>
<b>Costo</b>	<b>\$ 545,041.20</b>
<b>Fac./redondeo</b>	<b>\$ 550,000.00</b>

Tabla 11. Costo análisis hazop de la planta ref. BTX

Cant	Categoría	Nivel	Salario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Total
<b>Depto Manto de Plantas</b>							
1	Cabo	26	\$ 16,030	\$ 16,030	\$ 16,030	\$ 16,030	\$ 48,089
3	Soldadores especialistas	20	\$ 13,115	\$ 39,344	\$ 39,344	\$ 39,344	\$ 118,033
6	Operarios	15	\$ 10,272	\$ 61,635	\$ 61,635	\$ 61,635	\$ 184,905
3	Ayudantes de Soldadores	11	\$ 8,759	\$ 26,276	\$ 26,276	\$ 26,276	\$ 78,829
5	Obreros	8	\$ 8,328	\$ 41,639	\$ 41,639	\$ 41,639	\$ 124,916
<b>Subtotal</b>							<b>\$ 554,772</b>
<b>Inspeccion Tecnica</b>							
1	Tecnico Especialista	18	\$ 11,889	\$ 11,889	\$ 11,889	\$ 11,889	\$ 35,666
1	Ayudante Especialista	11	\$ 8,759	\$ 8,759	\$ 8,759	\$ 8,759	\$ 26,276
<b>Subtotal</b>							<b>\$ 61,942</b>
<b>Mantenimiento de Instrumentos</b>							
3	Operario Especialista	18	\$ 11,889	\$ 35,666	\$ 35,666	\$ 35,666	\$ 106,998
6	Operarios	15	\$ 10,272	\$ 61,635	\$ 61,635	\$ 61,635	\$ 184,905
<b>Subtotal</b>							<b>\$ 291,902</b>
<b>Total</b>							<b>\$ 908,617</b>

Materiales/Papelería	P.U.	Cant.	Total
Tubo de 14"	\$ 80,000.00	1	\$ 80,000.00
TI de Proceso	\$ 1,234.35	40	\$ 49,374.00
Discos de corte	\$ 510.00	15	\$ 7,650.00
soldadura	\$ 700.00	2	\$ 1,400.00
Cableado de Instrumentacion	\$ 25,000.00	1	\$ 25,000.00
Soldadoras	\$ 5,000.00	1	\$ 5,000.00
Andamios y Plataformas	\$ 10,000.00	1	\$ 10,000.00
Grua	\$ 15,000.00	1	\$ 15,000.00
Titan	\$ 13,000.00	1	\$ 13,000.00
			\$ -
			\$ -
			\$ -
			\$ -

materiales y renta de equipos \$ 206,424.00

**Tabla 12. Estimación costo reparación del incidente.**

Bls/día		
Carga promedio planta btx	10,000	10,000
Reformado de planta btx	80%	8,000
Perdida del proceso	20%	2,000
Dias incidente	90	

Productos	Costo unit / bls	Costo Produccion	Costo por incidente
Nafta hidrotratada	32.70	\$ 327,000.00	
Gasolina magna	63.60	\$ 508,800.00	\$ 45,792,000
Ganacia neta		\$ 181,800.00	\$ 16,362,000
Precio Dólar	\$ 18.50		<b>\$ 302,697,000</b>

Cant	Categoría	Nivel	Salario	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Total
<b>Depto Manto de Plantas</b>							
3	Supervisor B	32	\$ 20,826	\$ 62,478	\$ 62,478	\$ 62,478	\$ 562,302
3	Enc. Ctrl de Proc.	26	\$ 16,030	\$ 48,089	\$ 48,089	\$ 48,089	\$ 432,799.20
3	Operador de 1ra	20	\$ 13,115	\$ 39,344	\$ 39,344	\$ 39,344	\$ 354,099.60
18	Operador de 2da	15	\$ 10,273	\$ 184,921.92	\$ 184,921.92	\$ 184,921.92	\$ 9,985,784
3	Ayudante de Opn.	11	\$ 8,759	\$ 26,276.40	\$ 26,276.40	\$ 26,276.40	\$ 236,488
<b>Subtotal</b>							<b>\$ 11,571,472</b>

Costo perdida propduccion	\$ 302,697,000.00
Costo Mano de Obra	\$ 11,571,472.08
Costo total	\$ 314,268,472.08

**Tabla 13. Estimación costo paro de producción/ganancia/nomina.**

## **Conclusión**

Con base en el análisis costo – beneficio podemos determinar que la importancia de realizar un análisis Hazop para la planta reformadora BTX nos permitirá disminuir las pérdidas por accidentes tanto en lo económico como en el personal que opera la planta.

Esto podría implementarse en otras unidades de la refinería, para minimizar los posibles costos tanto en funcionamiento como por incidentes, lo cual también podría ir de la mano con un programa de capacitación y orientación para los trabajadores que operan estas unidades, con el fin de concientizarlos de la importancia de las medidas de seguridad y de prevención de accidentes.

## Bibliografía

- Análisis de riesgos Planta Reformadora de Benceno, tolueno y Xileno (BTX) Proyecto CE-RMIN-007/08
- Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
- Repsol Exploración México S.A de C.V
- Letayf Jorge y Gonzalez Carlo.- Seguridad higiene y control ambiental

### Otras fuentes:

- Guía técnica para análisis de costo beneficio, de recomendaciones emitidas en los análisis de riesgos
- SGPC-LNS06-PE-003 Análisis Costo-Beneficio

# ANEXOS

En este anexo se presenta un listado de palabras de ayuda, para el desarrollo de un análisis de riesgo. Así como sus parámetros, su significado y una serie de matrices que contemplan un análisis HAZOP.

INGLES	ESPAÑOL	SIGNIFICADO
<b>OBLIGATORIAS</b>		
NO	NO/SIN	Negación de la intención de diseño.
MORE	MÁS	Incremento cuantitativo en un parámetro de proceso (cuyo valor es posible medir a través de instrumentos).
LESS	MENOS	Incremento cuantitativo en un parámetro de proceso (cuyo valor es posible medir a través de instrumentos).
OTHERTHAN	OTRO	Sustitución o modificación alternativa en el parámetro analizado
REVERSE	INVERSO	Opuesto a la dirección del proceso previa o contraria a la acción programada.
<b>OBCIONALES</b>		
ASWELLAS ALSO	ADEMÁS/QUÉ MÁS QUE TAMBIÉN	Incremento o modificación cualitativa.
PARTOF	PARTE/PARCIAL	Decremento o modificación cualitativa.

Tabla 14. Significado de palabras guías.



	NODO DE PROCESO	NODO GLOBAL
<b>ESPECÍFICOS</b>	NIVEL CAUDAL PRESIÓN TEMPERATURA	
<b>GENERALES</b>	SERVICIOS MANTENIMIENTO (POR DEFECTO)	SERVICIOS (POR DEFECTO) MANTENIMIENTO CONTECIÓN
<b>GENERALES</b>	PH VISCOSIDAD TAMAÑO DE PARTÍCULA TRANSFERENCIA MEZCLA AGITACIÓN SEPARACIÓN VELOCIDAD SEÑAL PARO/MARCHA COMUNICACIÓN TIEMPO MEDIDA CONTROL SECUENCIA DESALOJO ESTÁTICA EMERGENCIA EQUIPO DE REPUESTO ADICIÓN REACCIÓN MANTENIMIENTO PRUEBAS INSTRUMENTACIÓN MUESTREO DESCARGA CORROSIÓN /EROSIÓN	

Tabla15. Análisis de posibles parámetros.

MATRIZ DE EXPOSICIÓN		
EXPOSICIÓN (E)		VALOR
Muy rara	Menos de una vez al año	0.5
Rara	Aproximadamente	1.0
Poco usual	Algunas veces al año	2.0
Ocasional	Más de una vez al mes	3.0
Frecuente	Diariamente	6.0
Continua	Más de una vez al día	10

Tabla 16. Matriz de exposición.

MATRIZ DE PROBABILIDAD			
PROBABILIDAD (P)			VALOR
Prácticamente imposible	$\leq 10^{-7}$	Se acerca a lo posible	0.5
Altamente improbable	0,01	No ha pasado nunca	1
Remotamente posible	0,1%	Ha ocurrido en otro sitio	2
Poco usual	1%	Ha ocurrido aquí alguna vez	3
Posible	50%	Se espera que pase más de una vez	6
Casi seguro	95%	Sucedirá casi seguro	10

Tabla 17. Matriz de probabilidad.

MATRIZ DE EXPOSICIÓN					
CONSECUENCIAS (C)					VALOR
	Lesiones	Daños	Medios de difusión	Medio ambiente	
Menores	Sin baja	< 6000 €	Sin difusión	Derrame sin consecuencias	1
Moderadas	Hasta 30 días de baja	Entre 6000 € y $3 \times 10^5$ €	Crisis de nivel verde	Derrame dentro de valla. 1 día de limpieza	3
Serias	Más de 30 días de baja	Entre $3 \times 10^5$ € y $10^6$ €	Crisis de nivel amarillo	Derrame fuera de valla. No afecta el curso de agua	7
Muy serias	Una muerte o lesiones permanentes	Entre $10^6$ y $10^7$ €	Crisis de nivel rojo	Derrame que afecta el curso del agua de forma reversible	15
Desastrosas	Entre 2 y 9 muertes	Entre $10^7$ y $5 \times 10^7$ €	Afectación internacional en forma transitoria	Derrame que afecta el curso del agua no potable de forma permanente	40
Catastróficas	10 o más muertes	$>5 \times 10^7$ €	Afectación internacional de forma permanente	Derrame que afecta el curso del agua potable de forma permanente	100

Tabla 18. Matriz de exposición (método CEL).

ACTUACIONES NESESARIASN EN FUNCIÓN DEL RIESGO		
TIPO	RIESGO = E×P×C	ACTUACIONES NECESARIAS
RIESGO MENOR	$\text{RIESGO} \leq 20$	EVALUAR LA NECESIDAD DE MEDIDAS CORRECTORAS
RIESGO MODERADO	$20 \leq \text{RIESGO} \leq 70$	MEDIDAS CORRECTORAS DE PRIORIDAD NORMAL
RIESGO ALTO	$70 \leq \text{RIRSGO} \leq 200$	MEDIDAS CORRECTORAS DE PRIORIDAD ALTA
RIESGO URGENTE	$200 \leq \text{RIESGO} \leq 400$	ACCIÓN INMEDIATA
RIESGO EXTREMO	$\text{RIESGO} \leq 400$	EVALUAR SUSPEDER LA ACTIVIDAD

Tabla 19. Actuaciones necesarias en función del riesgo.