



UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO:

ESTABLECER LA METODOLOGÍA HAZOP EN LAS
INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS DE LA REGIÓN DE
COATZACOALCOS, VERACRUZ.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

YASMIN RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ

ASESOR DE TESIS:

ING. JUAN ANTONIO HAAZ ORTIZ

COATZACOALCOS, VER.

ENERO 2014



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.

TITULO: ESTABLECER LA METODOLOGÍA HAZOP, EN LAS INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS DE LA REGIÓN DE COATZACOALCOS, VER.

Problema: ¿Es necesario establecer una metodología para el análisis de riesgos operacionales?

Objetivo General: Proponer la Metodología HAZOP para establecerla en las Industrias.

Objetivos Específicos:

- Definir que es un estudio de análisis de riesgo de procesos y las principales metodologías de prevención.
- Conocer los modelos de Análisis a la hora de realizar un estudio de análisis de riesgos.
- Determinar el nivel de prioridades preventivas y correctivas al realizar este tipo de estudios.

JUSTIFICACIÓN

En la actualidad los problemas más graves que las industrias afrontan, se debe a la poca capacitación que el personal que labora en los procesos recibe.

La evaluación de riesgo no ha sido considerada como el elemento principal para la prevención de daños, que pueden originar severas consecuencias, generando efectos negativos a la integridad física y a la vida del personal; por lo que es del todo necesario adoptar metodologías para prevenir estos problemas.

Conociendo la metodología HAZOP es posible crear en 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.

Esta problemática se debe, generalmente, a quienes practican la rutina de los trabajos, a veces no actúan para identificar y tomar acciones correctivas y como nadie les dijo que algo estaba mal, asumieron que todo estaba bien.

Toda planta o proceso tienen riesgos debidos a la mala operación o por deficiencia en su diseño y construcción, y por posibles fallas humanas en su operación.

De aquí la importancia de contar con una herramienta efectiva, de fácil aprendizaje y aplicación práctica que ayude a quienes laboran en una empresa o industria, a detectaren forma temprana los posibles riesgos que pueden traer graves consecuencias al proceso productivo para tomar acciones preventivas y optimizar los costos operacionales. Esta metodología ayuda a transformar los usuarios en personas más conscientes de los riesgos y de su responsabilidad en la eliminación o reducción de los mismos, contribuyendo a los programas de "MEJORAMIENTO CONTINUO".

Hipótesis: ¿Es la Metodología HAZOP adecuada para la Prevención de Riesgos en los Procesos?

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	5
CAPITULO I ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	8
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	9
1.2 TIPOS DE PELIGROS EN UN PROCESO	11
1.3 CONCEPTOS GENERALES Y DIMENSIONES DE LA METODOLOGÍA HAZOP	12
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	22
2. ACEPTACIÓN SOCIAL DEL RIESGO.....	24
2.1 PELIGRO Y RIESGO. CONCEPTO DE DAÑO	25
2.3 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS SEGÚN LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.....	33
2.3.1 PROPÓSITO Y ALCANCE DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS.....	33
2.3.2 METODOLOGÍAS DE LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	33
2.3.3 METODOLOGÍAS CUALITATIVAS	34
2.3.4 METODOLOGÍAS SEMI-CUANTITATIVAS.....	34
2.4 ANÁLISIS WHAT-IF	37
2.5 ASPECTOS GENERALES DEL DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS.....	39
2.5.1 ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS	39
2.6 EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LOS PELIGROS IDENTIFICADOS EN UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS.	45
2.6.1 EVALUACIÓN DEL RIESGO	45
2.6.2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN CEL E INTRODUCCIÓN AL RISK GRAPH	47
2.6.3 MÉTODO CEL (CONSEQUENCE EXPOSITION LIKEHOOD).....	48
2.6.4 MATRIZ EXPOSICIÓN	48
2.6.5 MATRIZ DE PROBABILIDAD	49
2.6.6 MATRIZ DE CONSECUENCIAS	49
2.6.7 MÉTODO RISK GRAPH	52
2.6.8 ESTRUCTURA DEL MÉTODO RISK GRAPH.....	53
CAPITULO III APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP EN LAS INDUSTRIAS DE COATZACOALCOS, VERACRUZ.	56
3.0 IDENTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP	57
CAPITULO IV MARCO NORMATIVO.....	65
CAPITULO V SISTEMA PROPUESTO	68
COSTO –BENEFICIO.....	92
CONCLUSIÓN	93
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS	98
ANEXO I	99
PALABRAS GUÍAS.....	99

ANEXO II	101
PARÁMETROS.....	101
ANEXO III	103
MATRICES DE CONSECUENCIAS, PROBABILIDAD, EXPOSICIÓN.....	103
ANEXO IV	106
FICHA DE RECOMENDACIÓN	106
ANEXO V	108
NODO	108
ANEXO VI	110
ÍNDICES	110
ANEXO VII	113
UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE PHAWORKS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS HAZOP.	113
GLOSARIO	116

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PUNTOS DE UN INFORME HAZOP	21
TABLA 2. TIPOS DE PELIGROS EN UN PROCESO.....	26
TABLA 3. PASOS A REALIZAR EN UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS.....	29
TABLA 4. METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS RECOMENDADAS SEGÚN SU IDONEIDAD DE APLICACIÓN	36
TABLA 5. ESTIMACIONES DE TIEMPO PARA EL USO DE LA TÉCNICA DE ANÁLISIS WHAT-IF	38
TABLA 6. MATRIZ DE EXPOSICIÓN	48
TABLA 7. MATRIZ DE PROBABILIDAD	49
TABLA 8. MATRIZ DE CONSECUENCIAS	50
TABLA 9. ACTUACIONES NECESARIAS EN FUNCIÓN DEL RIESGO.....	51
TABLA 10: APLICACIÓN DE PALABRAS GUÍAS	72
TABLA 11: MATRIZ SEMICUANTITATIVA.....	74
TABLA 12: EJEMPLO ANÁLISIS DE RIESGOS HAZOP DEL PROCESO DELLENADO DE ESFERA, ALMACENAMIENTO Y SUMINISTRO A CAMIONES CISTERNA.....	82
TABLA 13. SIGNIFICADO DE PALABRAS GUÍAS	100
TABLA 14: ANÁLISIS DE POSIBLES PARÁMETROS.....	102
TABLA 15: MATRIZ DE EXPOSICIÓN	104
TABLA 16: MATRIZ DE PROBABILIDAD	104
TABLA 17: MATRIZ DE EXPOSICIÓN (MÉTODO CEL)	105
TABLA 18: ACTUACIONES NECESARIAS EN FUNCIÓN DELRIESGO.....	105
TABLA 19: FICHA DE SEGUIMIENTOS DE RECOMENDACIONES.....	107
TABLA 20: ÍNDICE DE SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS.	111
TABLA 21: ÍNDICE DE FRECUENCIA DEL ESCENARIO.	111
TABLA 22: MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DE RIESGOS.....	112
TABLA 23: ÍNDICE DE RIESGO.....	112
TABLA 24: DESARROLLO DE ESTUDIO HAZOP	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: METODOLOGÍA HAZOP: CONCEPTOS GENERALES	12
FIGURA 2: SECUENCIA DEL ESTUDIO HAZOP	15
FIGURA 3: ESQUEMAS DE CONTENIDOS	23
FIGURA 4: FACTORES QUE AFECTAN LA ACEPTACION SOCIAL DEL RIESGO	24
FIGURA 5: ETAPAS DE UN ANALISIS DE RIESGO	30
FIGURA 6: ELEMENTOS DE UN ESCENARIO ACCIDENTAL.....	31
FIGURA 7: ESQUEMA ORIENTATIVO DE UN POSIBLE DESPLAZAMIENTO DE TRABAJO	41
FIGURA 8: NIVELES DE ACEPTIBILIDAD DEL RIESGO.....	46
FIGURA 9: TIPOS DE IMPACTOS	54
FIGURA 10 : PAUTAS DE RECOMENDACION	55
FIGURA 11: SECUENCIA DE UN ANALISIS HAZOP	58
FIGURA 12: DIAGRAMA P&ID DE UNA INSTALACION DE RECEPCION, ALMACENAMIENTO Y LLENADO DE PROPANO LICUADO A CAMIONES CISTERNA	77
FIGURA 13: LLENADO DE ESFERA DE PROPANO.....	109

INTRODUCCIÓN

Todo manejo de instalaciones industriales, conlleva riesgos de fugas o derrames que pueden derivar en accidentes que afectan al personal, la población, al medio ambiente y/o al negocio (instalaciones-producción).

Para determinar medidas que prevengan su ocurrencia o mitiguen sus posibles consecuencias, se realizan los análisis de riesgos de proceso, comúnmente llamados HAZOP.

El presente proyecto plantea la adecuada realización de un análisis HAZOP, desarrollado para identificar y evaluar los peligros y riesgos así como la prevención de los mismos para la seguridad en una planta de proceso e identificar problemas de operación, que aunque no puedan desencadenar una situación de peligro, podrían comprometer la disponibilidad de la planta.

El HAZOP se basa en la interacción de un grupo multidisciplinario de especialistas, que aplican procedimientos sistematizados y creativos para la identificación de problemas de operabilidad o situaciones de peligro, resultantes de desviaciones respecto a la intención original de diseño y que pueden llevar a consecuencias indeseables.

El líder de equipo debe poseer experiencia, para guiar sistemáticamente al grupo a través de todas las secciones o nodos, en que pueda dividirse un proceso, usando como herramienta un conjunto de palabras guía.

Estas palabras guía son aplicadas en cada sección o nodo específico, y son combinadas con los respectivos parámetros del proceso, que permiten identificar desviaciones potenciales de las intenciones de operación y diseño de la planta.

Una vez identificada una desviación, se hace una evaluación, si sus consecuencias producen un efecto negativo al funcionamiento seguro y eficiente de la planta; entonces se recomiendan medidas para eliminar la causa que produce la desviación o mitigar las consecuencias de su materialización.

El equipo que realiza el análisis, hace un listado potencial de las causas y consecuencias de las desviaciones que puedan surgir, así como de las salvaguardas con las que se cuenta y que protegen contra la desviación analizada.

Cuando el equipo determina que existe una inadecuada protección para alguna desviación posible o factible, usualmente, se recomienda tomar alguna acción al respecto, para reducir el riesgo por severidad o frecuencia de la desviación potencial identificada.

Es por ello que el presente proyecto, establece la adecuada realización de un análisis HAZOP, tomando en cuenta la problemática que existe en las empresas, debido a fallas humanas provocadas por una deficiente cultura de prevención de riesgos, que el personal de la empresa tiene y que terminan en serios problemas operacionales.

La base de este proyecto se centra en determinar los peligros existentes en los procesos, identificando los distintos accidentes que razonablemente pueden producirse en una determinada instalación, dando respuesta a preguntas como: *¿Qué puede funcionar mal? Y ¿por qué razón?; ¿Con qué frecuencia? Y ¿qué efectos tiene?*

Esencialmente el procedimiento involucra contar con una descripción completa de un proceso en particular, cuestionando sistemáticamente cada parte de él para establecer como pueden manifestarse posibles desviaciones respecto a la intención del diseño.

En términos sencillos, el proceso de estudio HAZOP implica la aplicación sistemática de todas las combinaciones relevantes de palabras guía de la planta o proceso en estudio, en un esfuerzo por descubrir problemas potenciales; Demostrando de esa manera como es que se debe realizar un análisis de riesgos de proceso, dando a conocer las recomendaciones pertinentes por el equipo que lo realizan.

La motivación de este proyecto radica en la necesidad de descubrir el origen de la mayoría de los accidentes, que suceden en las empresas y que por consecuencia afectan al proceso productivo. Lo que originó la búsqueda de un método para controlar este suceso, fue así como se determinó que la metodología HAZOP podría resolver esta interrogante, estableciéndola de la manera adecuada.

Basándose en tres objetivos específicos:

Definir qué es un estudio de análisis de riesgo de procesos y las principales metodologías de prevención.

Conocer los modelos de Análisis a la hora de realizar un estudio de análisis de riesgos.

Determinar el nivel de prioridades preventivas y correctivas al realizar este tipo de estudios.

Y así poder comprobar si la hipótesis es la adecuada para la prevención de riesgos en los procesos operacionales.

El objetivo primordial de la tesis es evaluar cada uno de los aspectos que conlleva riesgos operacionales y la manera en que pueden ser mitigados, contemplando cada uno de los nodos de un proceso.

En el capítulo I: Antecedes Históricos, se describe el origen de la metodología y la razón por la cual surgió, así como los casos más relevantes, que dieron paso a desarrollo.

En el capítulo II: Marco teórico y conceptual, se describen los puntos que deben ser contemplados para el seguimiento y desarrollo de la metodología.

En el capítulo III: Aplicación de la metodología HAZOP en las industrias de Coatzacoalcos, se mencionan las tipologías de estudios HAZOP que existen y el modelo seleccionado, la secuencia de etapas necesarias para una correcta aplicación y los puntos que deben contener el informe final.

En el capítulo IV: Marco Normativo; se describen las normas en las que se basa la metodología para su realización.

En el capítulo V: Sistema propuesto, se describe de manera detallada como es que debería ser desarrollada la metodología HAZOP, de una manera más simplificada pero con más efectividad.

Finalmente se realizan las conclusiones y recomendaciones lo cual constituye el aporte de este trabajo de investigación.

CAPITULO I. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

1.1 Antecedentes Históricos

La técnica de análisis de riesgo y operabilidad conocida como “HAZOP” por sus siglas en inglés(Hazard and operability), se desarrolló a principio de la década de los 70 por ingenieros de prevención de pérdidas y confiabilidad de la empresa Imperial Chemical Industries, ICI, de Gran Bretaña, después de aceptar que las causas de los accidentes potenciales ocurridos en el mundo, pueden evitarse o que su gravedad o frecuencia pueden reducirse, y cuando se detectó que los equipos con control automático cada vez más complejos funcionaban la mayor parte del tiempo sin la supervisión de operadores. Es cierto que la instrumentación hace más economía y más segura la operación, pero también es cierto que es una de las varias causas de fallos de equipos.

A largo de ese tiempo ocurrieron numerosos accidentes, provocados por una mala ejecución y una deficiente supervisión, tales como:

- La explosión de una nube de vapor no confinada ocurrida en la planta de Nypro en Flixborough, Gran Bretaña el 1° de junio de 1974. Destrucción completa de la planta, 28 muertos, 36 heridos graves y varios centenares de heridos leves.
- Explosión de contenedores de LPG, en San Juan Ixhuatepec, en las proximidades de México D.F., el 19 de Noviembre de 1984, 368 muertos, 800 heridos y un millón 500mil personas evacuadas.
- Fuga de ácidofluorhídrico (HF) en la Refinería de Marathonoil, en Texas (EEUUA), en octubre de 1984, se liberaron a la atmosfera un total de 15,000 kg de HF, Y 17,900 kg de ic_4 , en forma de vapor, se evacuo a la población aledaña.
- Fuga de ICM, unión Carbide (Bphoal, India), 17 de Diciembre de 1984. Aproximadamente 1500 muertos y 200,000 afectados, Actualmente mueren en promedio 2 personas afectadas cada día.

Dichos problemas surgieron por la disminución del conocimiento y experiencia de los operadores y falta de técnicas adecuadas de comunicación de riesgos. Lo que provoca que aumente el nivel de riesgos.

En muchos procesos, la escalada de incidentes se tornó tan grande que dejó de ser suficiente realizar retrospectivas tradicionales enfocadas en los abordajes de seguridad involucrando sólo instrucciones operacionales, reglas y precauciones. Fue en razón de esta preocupación que la técnica HAZOP surgió.

Las empresas empezaron a adoptarla con el fin de reducir o mitigar este tipo de situaciones, por ello el análisis de riesgos se convirtió en el tercer elemento del paquete de información para la Administración de la Seguridad de los Procesos (ASP) de la agencia de Administración de la Salud y la Seguridad Ocupacional (OSHA).

Actualmente, en la mayoría de los casos, la técnica HAZOP se aplica con un enfoque hacia este último problema (del 10 al 20% de las causas de accidentes), es decir, con un enfoque correctivo, con marcada tendencia a lo preventivo. Un menor porcentaje de estos accidentes involucra el uso de herramientas y materiales inadecuados, problemas en los procesos químicos, materiales peligrosos, errores de diseño, riesgos naturales y sabotaje. Las fallas humanas u operacionales se deben a múltiples factores que deben tomarse en cuenta en un análisis HAZOP.

1.2 TIPOS DE PELIGROS EN UN PROCESO

- **PELIGRO DE FUEGO:** incendio de charco (pool fire), de dardo, llamarada (flash fire), bola de fuego (fireball), 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 TOXICA:** Escape de sustancias nocivas y/o toxicas (trabajadores, publico 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 PLANTA:** Materias primas, productos intermedios, finales, subproductos, aditivos, catalizadores, desechos.
- **PELIGROS DERIVADOS DE LOS MATERIALES, LOS EQUIPOS Y SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN:** Equipamientos de proceso de la instalación, altas presiones, alta temperatura, asfixia por presencia de O₂, superficies calientes, etc.

1.3 CONCEPTOS GENERALES Y DIMENSIONES DE LA METODOLOGÍA HAZOP

Conceptos generales describen aquellos elementos básicos para entender la dimensión y los conceptos previos necesarios para el desarrollo de un análisis de riesgos 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.

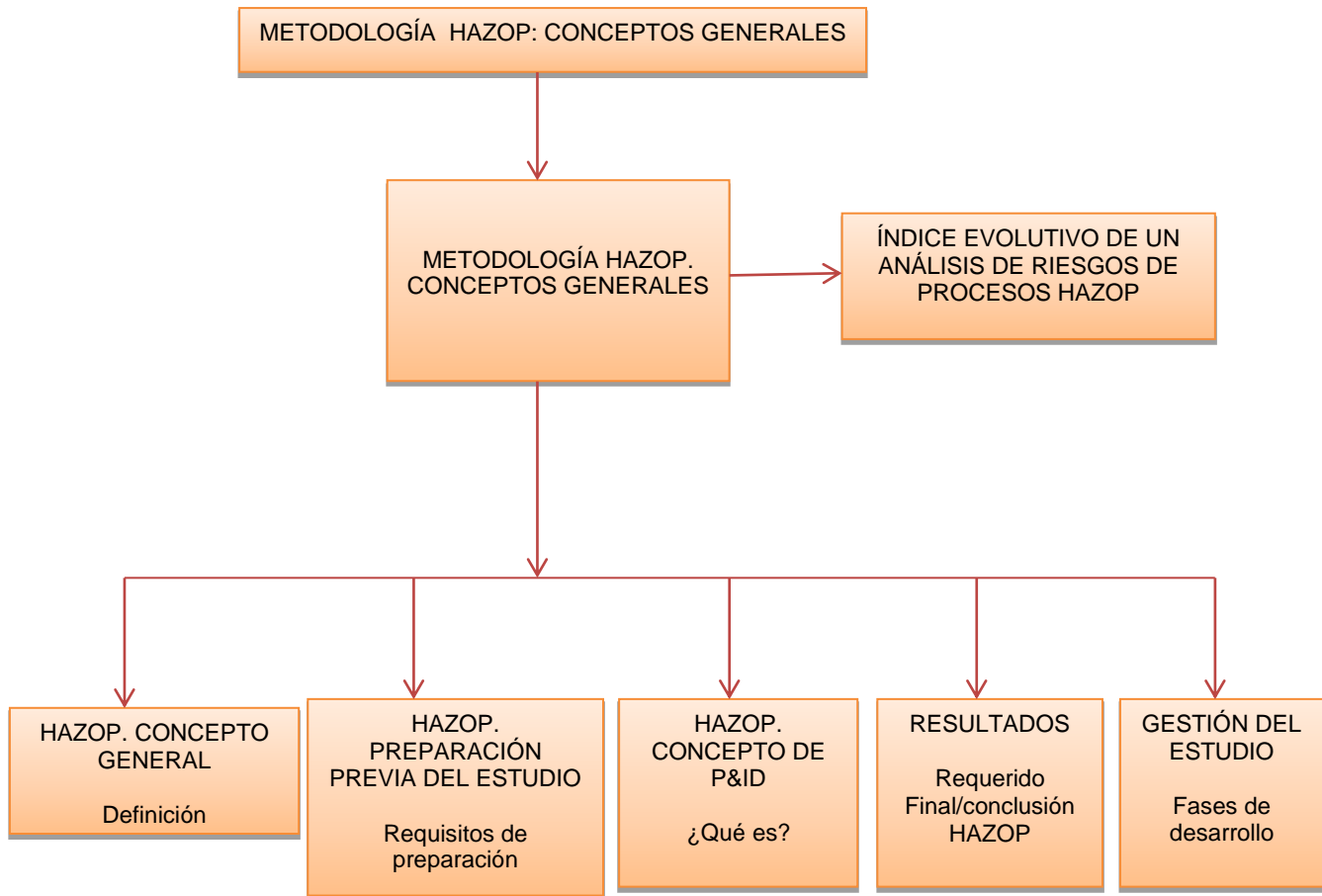


Figura 1: Metodología HAZOP: Conceptos generales Ilustración 1

1

¹ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos

1.3.1 HAZOP. Concepto general

¿Qué es y que permite?

El estudio HAZOP (Hazard and Operability study) es una técnica estructurada y sistemática de análisis de riesgos que permiten identificar peligros potenciales y problemas operacionales en procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos de instrumentación (P&ID).

Por lo tanto esta metodología de análisis HAZOP, es ampliamente utilizado en plantas de proceso, permitiendo identificar sucesos iniciadores, habilitadores y consecuencias asociadas a las desviaciones de las variables (temperatura, presión, etc.) de operación, proceso y sucesos externos.

IDEA CLAVE:

La metodología HAZOP se centra en el análisis de las desviaciones de las variables o parámetros (caudal, temperatura, presión, etc.) característico de la operación de una instalación de la intención del proceso.

1.3.2 ¿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 desviaciones de las variables de proceso. La técnica utiliza palabras guía (NO, MAS, MENOS, etc.) que aplicadas a las variables de proceso (Caudal, Temperatura, Presión, etc.) determinan las causas del escenario accidental.

Para cada causa- consecuencia se tendrán que identificar las salvaguardas que puedan prevenir, controlar y/o mitigar la situación peligrosa identificada. ²

Repsol Exploración México S.A de C.V

² Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos

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, puesta en marcha, parada programada, mantenimiento normal de equipos con la unidad en marcha, etc.

CLAVE:

La evaluación del riesgo dentro de un análisis de riesgos 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 completamente y sin control.

3

1.3.3 ¿Cuál es la secuencia lógica de razonamiento del estudio?

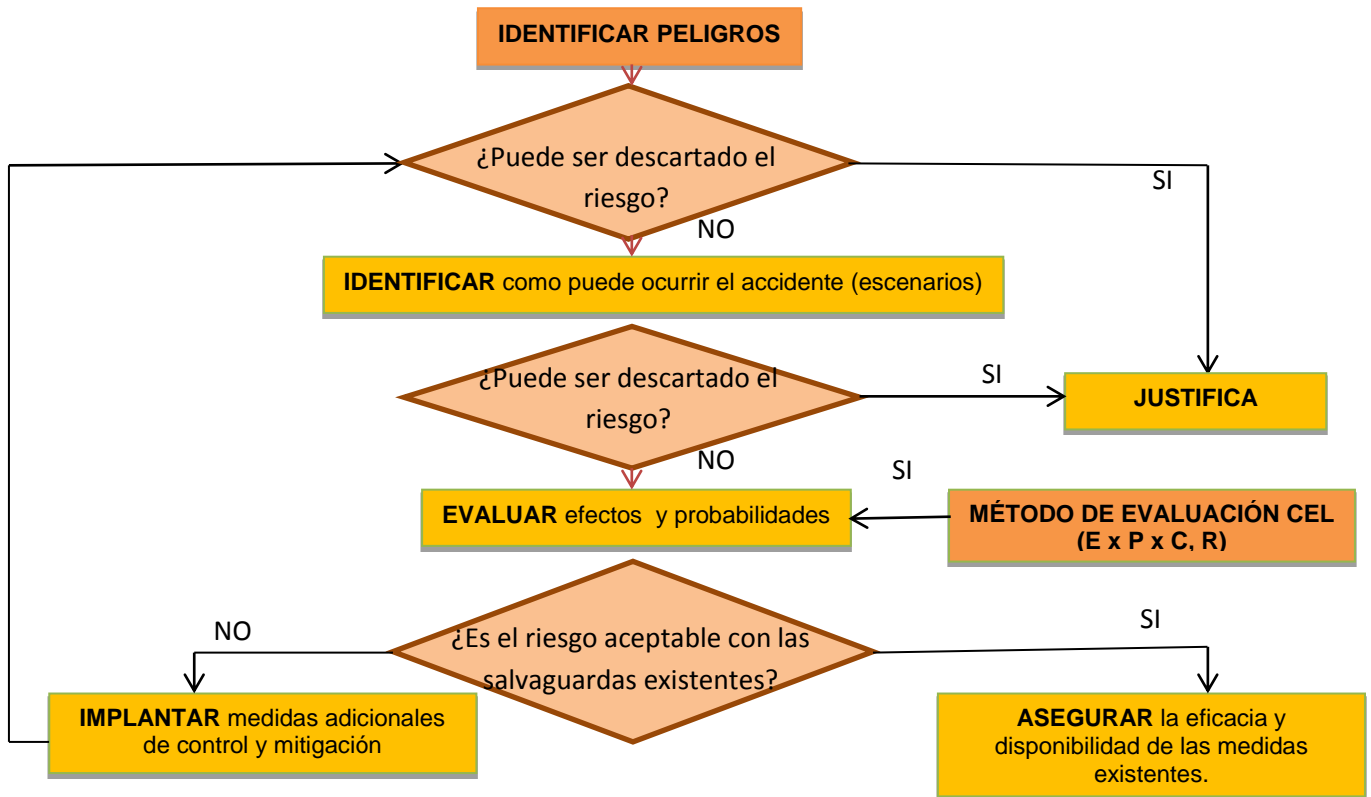


Figura 2: Secuencia del Estudio HAZOP

Ilustración 2

1.3.4 ¿Cuándo se lleva a cabo?

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

De acuerdo con la “Normativa de Seguridad y Medio Ambiente” todos los proyectos de inversión de plantas de proceso, transporte (oleoductos, gasoductos) y carga, descarga o almacenamiento que manejan sustancias peligrosas, deben disponer de un análisis de riesgos de procesos.

Por lo tanto todas las unidades existentes de proceso de transporte, carga, descarga o almacenamiento que manejan sustancias peligrosas deben disponer de un estudio HAZOP actualizado.

A continuación se muestran las fases de proyecto u operación donde sería recomendada la aplicación de un análisis de riesgos de procesos HAZOP

1.3.5 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 desviación 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 pueden tener peligros potenciales significativos.
- Decidir, cuando sea “razonablemente factible”, las acciones correctoras necesarias.

Al igual que los objetivos, y para las 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 riesgos de procesos HAZOP es la comentada a continuación.

- **Fichas /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 con la información aportada por el licenciatarario.
- **Diagramas P&ID** que refleje de modo real los procesos que se someten a la revisión. En procesos complejos deberá ser completado con planos PDF (Diagrama de Flujo de Procesos) para facilitar su interpretación.
- **Plano actualizado de la implantación de la instalación.**

- **Documento descriptivo del proceso y de la filosofía de control y bloqueo.**

Para unidades en funcionamiento será necesario el manual de operación; para el caso de unidades nuevas la descripción del proceso y operación será facilitada por el licenciataro o la ingeniería. Esta descriptiva, junto con el P&ID, ha de 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 operativa 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 utilizara la variante de la técnica HAZOP de aplicación completa al análisis procedimental).

CLAVE:

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.

1.3.6 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, etc.), componentes (válvulas asociadas, filtros, etc.) y elementos (depósitos, decantadores, etc.) de los procesos industriales están interconectados entre si mostrando la instrumentación detallada (tanto de control como de identificación) presente en las líneas del sistema.

Además estos diagramas deberán ser interpretados correctamente por aquellas personas responsables del buen funcionamiento del sistema, con el fin de disminuir las incertidumbres asociadas al proceso.

IDEA CLAVE:

EL P&ID muestra el proceso en su totalidad y proporciona una guía completa para las 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.

1.3.7 Conceptos de un P&ID:

Son necesarios para interpretar y conocer el funcionamiento de un proceso controlado. Utiliza 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 S5.1-1984(R1992).

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

Los elementos que intervienen 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 línea (del proceso): Señales eléctricas, neumáticas, hidráulicas, digitales, etc.

Símbolos de instrumentación y equipos (del 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 equipos): aparecen especificadas en el diagrama P&ID y su indicación denota una implementación por hardware.

Símbolos de actuadores (del proceso): tienen diferentes formas propias de tipo de actuator. Se entiende por "actuator, 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 facilitar la interpretación de los diagramas.⁴

⁴ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

1.3.8 HAZOP. Resultados

Una vez concluido un análisis HAZOP se debe generar un informe que debe contener:

PUNTOS DEL INFORME FINAL	CONTENIDOS
INFORME HAZOP	<ul style="list-style-type: none">-Compañía (Company)-Localización (location)-Establecimiento- instalación (Facility)-Método PHA (PHA Method): HAZOP-tipo de PHA (PHA Type): inicial, actualización o revalidación.-Descripción del proceso (Process)-Nombre del fichero (File description)-Fecha (date)-Sustancias químicas (Chemicals)-Propósito (Porpuse).Alcance (Scope)-Objetivos (Objectives)-Anotaciones sobre el proyecto (Project notes)-Listado de secciones y asistentes: Sesión, fecha, hora de inicio, duración, asistente, cargo.
TABLAS HAZOP (WORKSHEET)	-Desarrollados del análisis
SEGUIMIENTOS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA	<ul style="list-style-type: none">-Paquete de recomendaciones generadas en el análisis HAZOP-Listado automático que genera la aplicación PHAWork-Fichas de registro de asignación de acciones HAZOP

PUNTOS DEL INFORME FINAL	CONTENIDOS
PLANOS	<ul style="list-style-type: none"> -planos P&ID (con los nodos identificados según un código de colores). -planos PFD. -planos de implantación. -otros planos de interés.
MANUALES Y PROCEDIMIENTOS	-documentación utilizada para la gestión de un análisis HAZOP.

Tabla 1. Puntos de un informe HAZOP

CLAVE:

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

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

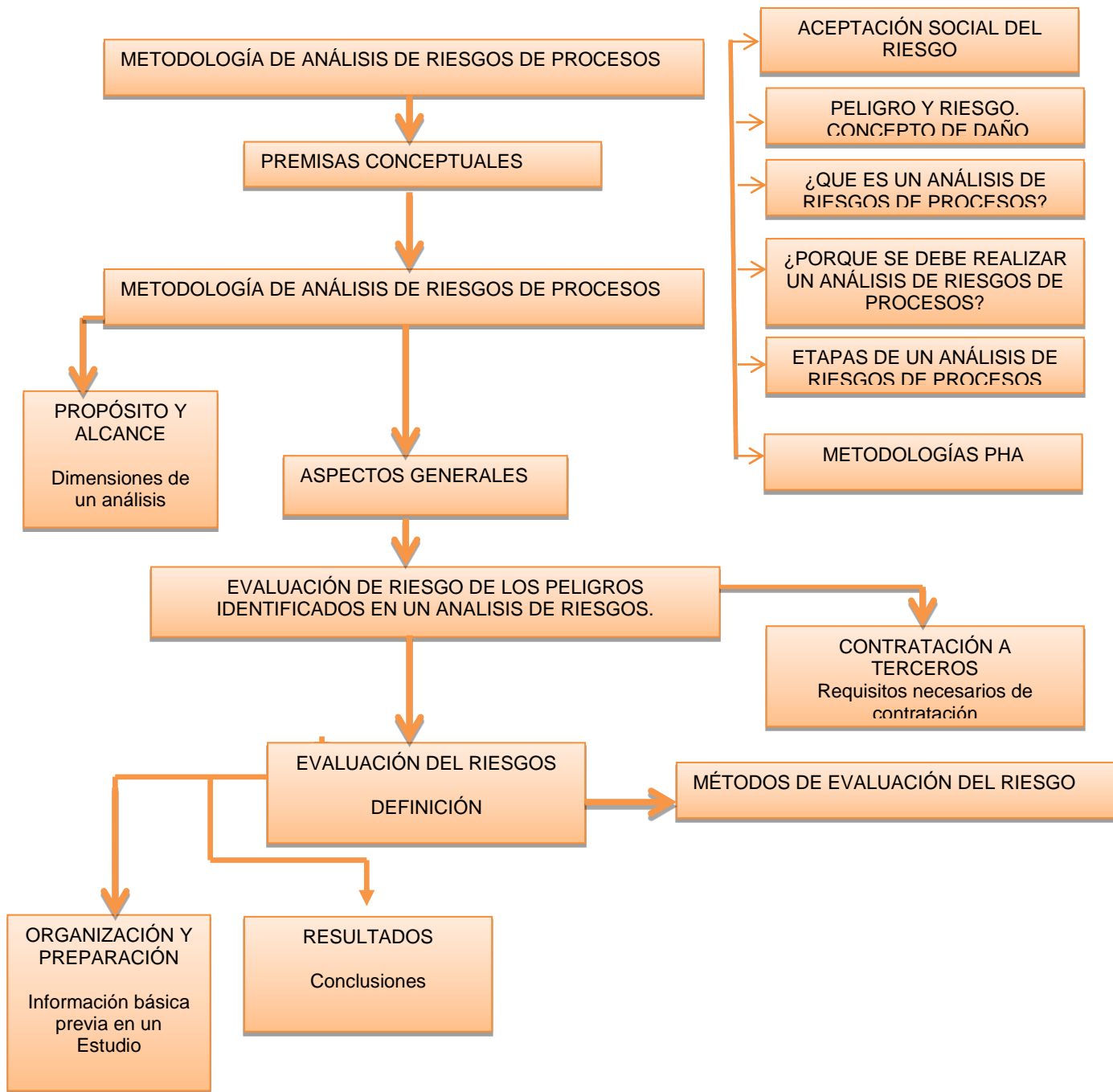


Figura 3: Esquema de Contenidos

Ilustración 3

2. 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 pueden paliar, o asumibles como contrapartida a los beneficios que se obtienen de la aceptación de los mismos.

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

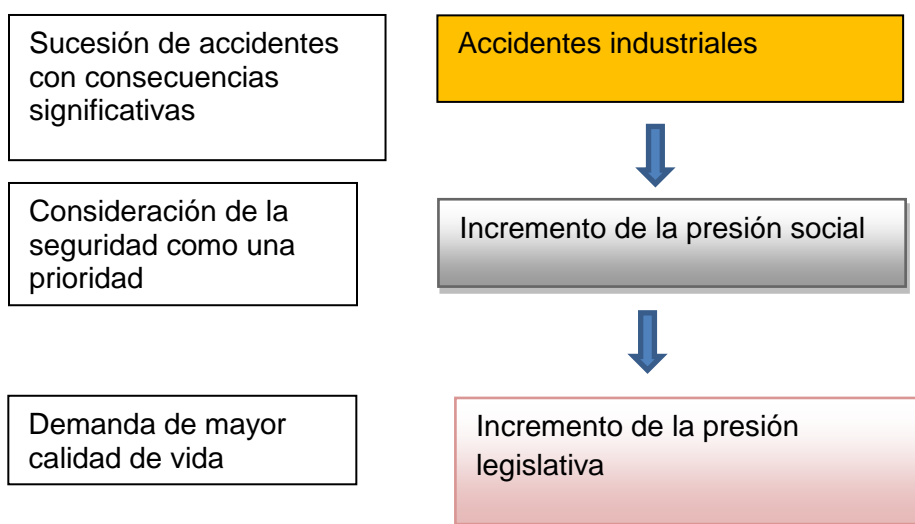


Figura 4: Factores que afectan a la aceptación social del riesgo

Ilustración 4

En lo que respecta al sector industrial, los índices de accidentabilidad de la industria química y petroquímicas son mucho más bajos que en la mayoría de las actividades industriales, sin embargo, algunos accidentes graves ocurridos en las últimas tres décadas en todo el mundo, han originado, por un lado, un importante rechazo social por parte de la opinión pública, y por tanto, la adopción de una normativa más estricta que regule la actividad de las industrias, por parte de las autoridades estatales.⁵

⁵ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.1 PELIGRO Y RIESGO. CONCEPTO DE DAÑO

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

2.1.1 PELIGRO (HAZARD)

DEFINICIÓN:

Condición física o química que tiene el potencial de causar daños a las personas, el medio ambiente o los bienes.

En un lenguaje menos formal se puede expresar el concepto peligro del modo siguiente:
"Situación potencialmente dañina"

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

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

2.1.2 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.

Peligro de fuego	Incendio de charco (pool fire), de dardo, llamarada (flash fire), bola de fuego (fireball), 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	Escapes 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 planta.	Materias primas, productos intermedios, finales, subproductos, aditivos, catalizadores, deshechos.
Peligros derivados de los materiales, los equipos y sus condiciones de operación	Equipamientos de procesos de la instalación, altas presiones, alta temperatura, asfixia por ausencia de O ₂ , superficies calientes, etc.

Tabla 2. Tipos de peligros en un proceso

IDEA CLAVE:

La identificación de peligros 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 indicados a continuación.

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

IDEA CLAVE:

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

2.1.3 RIESGO (RISK)

DEFINICIÓN:

Combinación de la probabilidad y las consecuencias de la materialización de un peligro.

En un lenguaje menos formal se pueden expresar ambos conceptos de la manera siguiente:

“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, fijando por lo tanto nuestro rango de aceptabilidad del riesgo”.

RIESGO=EXPOSICIÓN×PROBABILIDAD×CONSECUENCIA⁶

⁶ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.1.4 ¿Qué es un análisis de riesgo de procesos?

El riesgo es algo inherente a cualquier actividad humana, por ejemplo, los operadores de plantas químicas corren el riesgo de intoxicación debido a las sustancias que manejan (peligro químico) o un viandante 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 accidente (intoxicación), que a su vez, genere unos determinados daños o consecuencias (daños físicos al operador). Este riesgo debe ser identificado y valorado, de modo que se puedan tomar medidas para controlarlo y minimizarlo.

DEFINICIÓN:

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

2.1.5 ¿Por qué se debe realizar un análisis de riesgos de procesos?

La normativa corporativa especifica que, todas las unidades de procesos, transporte, carga, descarga o almacenamiento de sustancias peligrosas dispongan un análisis de riesgos de procesos válidos y actualizados, con el fin último de evitar daños a las personas, el medio ambiente y sobre los bienes patrimoniales.

2.1.6 ETAPAS DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS

La realización de un análisis de riesgos de procesos consta de varias etapas, que se sintetizan a través de los siguientes pasos que aparecen en la siguiente tabla:

<p>¿Qué puede ir mal? (¿Qué puede ocurrir?)</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 pudieran ocurrir esos accidentes.</p>	<p>Paso 1:</p> <p>Identificación peligros (PHA)</p>	<p>Identificación de fuentes potenciales de accidentes</p>	<p>Análisis del riesgo</p>
<p>¿Cuáles son las consecuencias? (¿cuáles son los efectos?)</p> <p>Se realiza una estimación de las posibles consecuencias del accidente.</p> <p>¿Cuál es la frecuencia estimada? (¿con que frecuencia?)</p> <p>En esta etapa se estima la probabilidad de ocurrencia del accidente.</p>	<p>Paso 2:</p> <p>Cuantificación (cualificación) del riesgo</p>	<p>Evaluación del riesgo</p>	
<p>¿Es tolerable el riesgo? (¿Cuál es la relevancia del riesgo?)</p> <p>Se evalúa el riesgo y se compara con los niveles de tolerabilidad del riesgo preestablecido.</p>	<p>Paso 3:</p> <p>Evaluar. Toma de decisiones</p>	<p>Criterio de aceptabilidad del riesgo.</p>	
<p>ACTUACIÓN</p>	<p>Paso 4:</p> <p>Reducir, controlar, tolerar el riesgo.</p>	<p>Gestión del riesgo.</p>	

Tabla 3. Pasos a realizar en un análisis de riesgos de procesos.⁷

⁷ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos

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

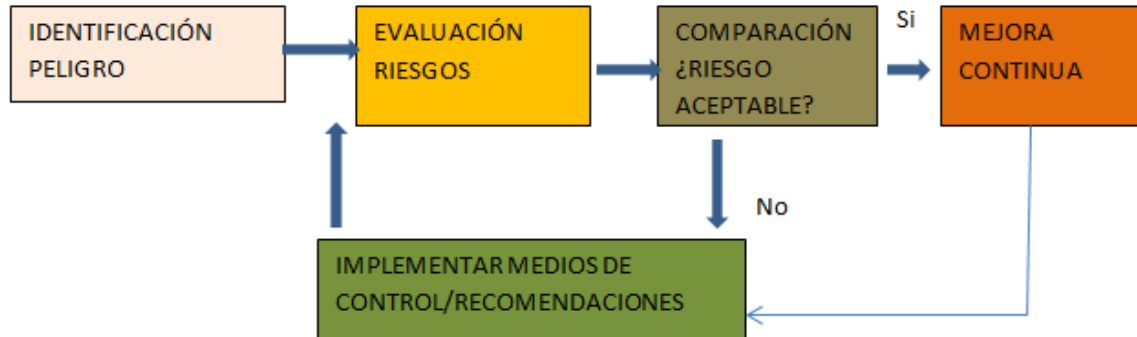


Figura 5: Etapas de un análisis de riesgo

Ilustración 5

A continuación se detalla cada una de las etapas:

2.1.7 Primera: Identificar los peligros presentes en la instalación (definición de escenarios accidentales).

A las diferentes técnicas para identificar peligros de procesos se les conoce por *Process Hazard Analysis* (Análisis de peligros de procesos), en adelante PHA.

Metodologías PHA

HAZID (Hazard identification)

Checklist o listas de comprobación

WHAT IF (¿Qué pasa si...?)

FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

HAZOP (Hazard and operability studies)⁸

Repsol Exploración México S.A. de C.V

⁸ 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 en 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

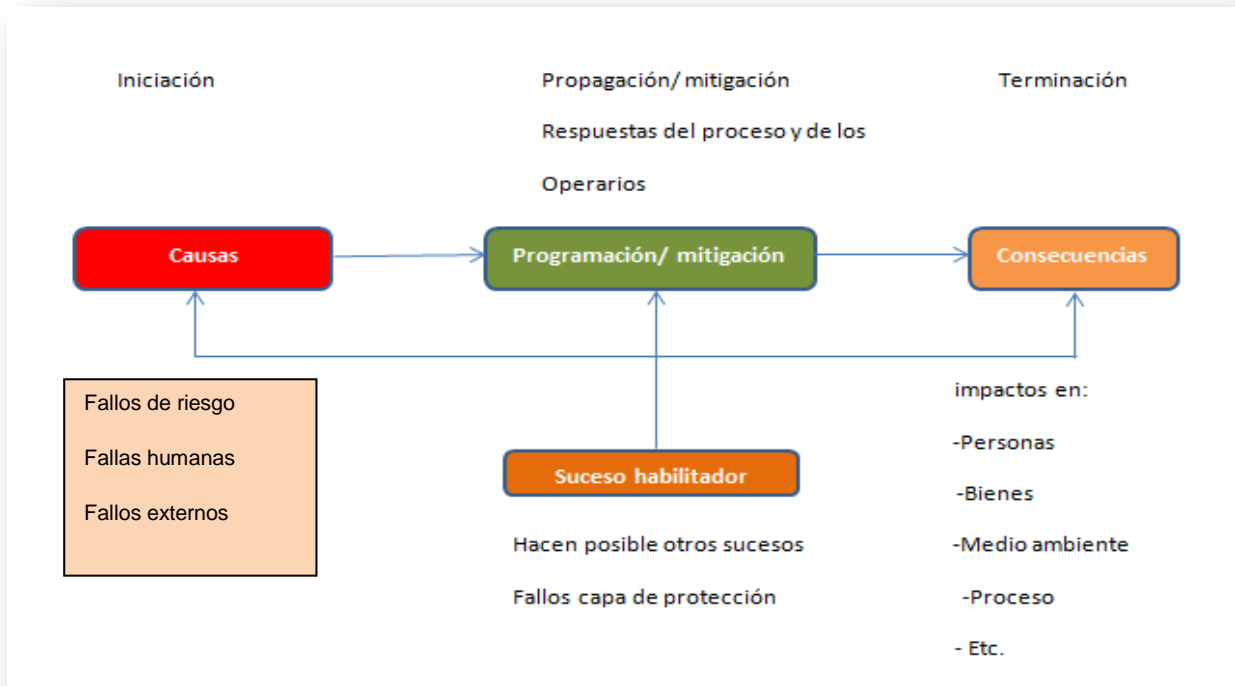


Figura 6: Elementos de un escenario accidental

Ilustración 6

IDEA CLAVE:

La definición de los elementos que definen un escenario es vital para poder entender que ocurre y porque ocurre, en definitiva, para realizar una evaluación y gestión adecuada del riesgo.⁹

⁹ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.1.8 Segunda: evaluar el riesgo, mediante métodos de evaluación de riesgos.

Para la evaluación del riesgo se utilizara el método CEL.

De forma muy resumida, el riesgo se calcula como:

$RIESGO=EXPOSICIÓN \times PROBABILIDAD \times CONSECUENCIA$

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

2.1.9 Tercera: Comparar el riesgo evaluado con un criterio de referencia preestablecido:

Niveles de aceptabilidad de riesgos, en base a la normativa 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.

2.2 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.

2.3 METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS SEGÚN LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

2.3.1 Propósito y alcance de un análisis de riesgos de procesos

El principal propósito a la hora de acometer este tipo de estudios en los diversos procesos existentes en las plantas es el conseguir el diseño y 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 unos mínimos aceptable

2.3.2 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 (Guías para realización de estudios PHA).

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

IDEA CLAVE:

Las metodologías cualitativas se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos y están basadas en técnicas de análisis crítico, en los que intervienen distintos expertos de planta. Su aplicación depende de la calidad de la información disponible y de su exhaustividad. Entre ellos destacan el Check- list, HAZID, What if...?, FMEA y HAZOP.

¹⁰ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.3.3 METODOLOGÍAS CUALITATIVAS

Se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos y están basadas en técnicas de análisis crítico, 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)
- Whatif...? (¿Qué pasa si...?)
- Análisis de modos de fallo y sus efectos (FMEA)
- HAZOP (Hazard Operability)

2.3.4 METODOLOGÍAS SEMI-CUANTITATIVAS

Se caracterizan por recurrir a clasificar las áreas de una 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
- (...)

2.3.5 METODOLOGÍAS CUANTITATIVAS

Metodología que resulta en una representación numérica de la magnitud y la frecuencia de cada accidente posible en una determina actividad. Los resultados permiten una comparación precisa con criterios establecidos previamente.

Métodos destacados:

- Árbol de Fallos
- Árbol de Sucesos
- (...)

2.3.6 METODOLOGÍA 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.

2.3.7 ANÁLISIS MEDIANTE LISTAS 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 para de planta).

2.3.8 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.

2.3.9 FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

Esta metodología consiste en el 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.

HAZOP (Hazard Operation and Process)

Se trata de una técnica estructura de análisis de riesgos que permiten 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: ¹¹

¹¹ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

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

Tabla 4. Metodologías de análisis recomendadas según su idoneidad de aplicación.

2.4 ANÁLISIS 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 familiarizados 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 describir, 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 e 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.

2.4.1 Propósito

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 identifican posibles situaciones de accidentes, sus consecuencias y salvaguardas existentes, entonces sugieren alternativas para reducir el riesgo.

El método puede implicar el examen de desviaciones posibles a partir de la designación, construcción, modificación, o el intento de operación.

2.4.2 TIPOS DE RESULTADO

De esta sencilla manera, la técnica de análisis what-if genera una lista de preguntas y respuestas sobre el proceso. Además que también puede generar una lista tabular de situaciones peligrosas (sin ranking de implicación o cualitativo de los escenarios de accidentes potenciales identificados), sus consecuencias, salvaguardas, y las posibles opciones para la reducción de riesgos.

2.4.3 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.

Alcance	Preparación	Evaluación	Documentación
Simple/pequeño sistema	4 a 8 hr	4 a 8 hr	1 a 2 días
Complejo/ largo proceso	1 a 3 días	3 a 5 días	1 a 3 días

Tabla5. Estimaciones de tiempo para el uso de la técnica de análisis what-if

2.5 ASPECTOS GENERALES DEL DESARROLLO DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS.

2.5.1 organización y preparación de un análisis de riesgos 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 la 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 e 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 el registro de toda la información generada en el análisis.
- **Equipo técnico:** ingenieros y/o técnicos de proceso, operación, mantenimiento, proyectos, control e instrumentación y seguridad que poseen conocimiento y experiencia en el proceso.

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 procesos. Durante el desarrollo del análisis puede ser requerida, de manera puntual, la presencia de un experto que permita aclarar aspectos específicos del proceso analizado.

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

En cualquier caso, se pueden 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 especificación de equipos, planos mecánicos de detalle, procedimientos específicos de operación, etc.

IDEA CLAVE:

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 riesgos 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 espacio 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.

2.5.2 Logística

Con el fin de asegurar una adecuada concentración de todo el grupo de trabajo, la duración máxima de las sesiones será de seis 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 alcance del estudio.

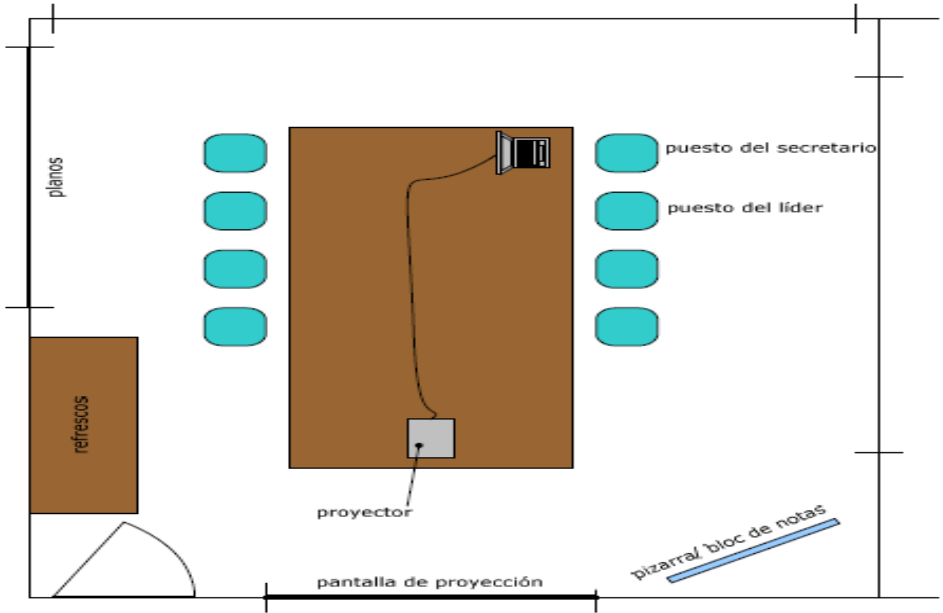


Figura 7: Esquema orientativo de un posible desplazamiento de trabajo

Ilustración 7

12

¹² Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.5.3 Resultados

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

- Motivo, Alcance y Objetivos 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.

IDEA CLAVE:

No se 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.

2.5.4 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.

2.5.5 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 queden parcial o totalmente obsoletas.

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 se deberá evaluar si las mismas tienen la 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.¹³

¹³ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.5.6 Contratación a terceros

Normalmente, la realización de un estudio PHA requiere la contratación del servicio 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 tendrán en cuenta:

- Selección de subsistemas (nodos) y programación de las sesiones.
- Selección de los parámetros y descripción de su tratamiento.
- Calidad contrastable en el servicio que se pretenda contratar.
- Propuesta de preparación del estudio.
- Experiencia del facilitador y secretario propuesto.
- Existencia del sistema de calidad del contratista para la realización de estudios PHA acordes a los requisitos.¹⁴

¹⁴ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.6 Evaluación del riesgo de los peligros identificados en un análisis de riesgos 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 que se pueden utilizar para identificar peligros, el siguiente paso es la **evaluación de los riesgos**, asociados a los peligros identificados anteriormente.

2.6.1 Evaluación del riesgo

IDEA CLAVE:

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

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

La evaluación del riesgo está directamente relacionada con los niveles de aceptabilidad del riesgo, los cuales surgen de la absoluta imposibilidad de eliminar totalmente el riesgo de las personas, el medio ambiente y los bienes. ¹⁵

¹⁵ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

De esta forma se establecen tres niveles de aceptabilidad del riesgo.

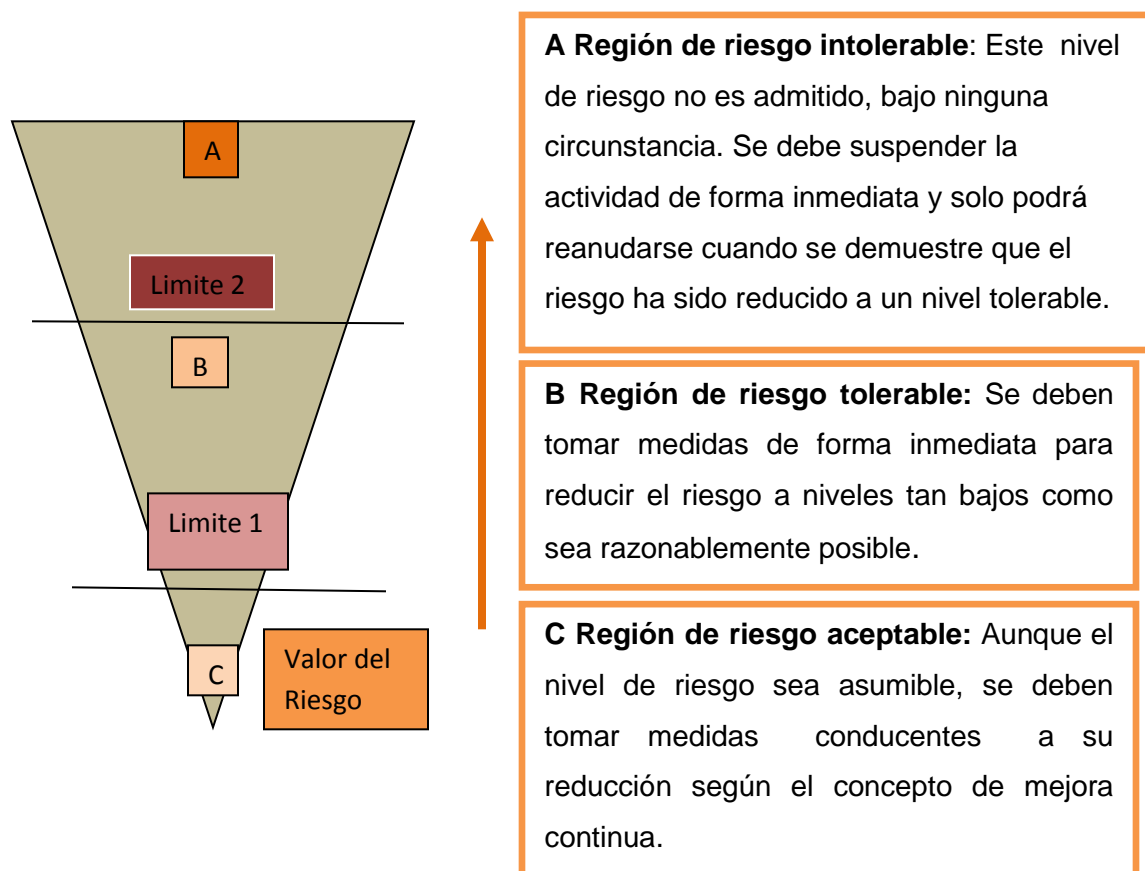


Figura 8: Niveles de aceptabilidad del riesgo

Ilustración 8

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

IDEA CLAVE:

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

A modo de resumen, la evaluación de riesgos y gestión de procesos industriales permite 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.

A TENER EN CUENTA:

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 del riesgo previamente, analizados, estudiados, y ajustados los más objetivamente según a los proceso de desarrollo específicos de la empresa.

2.6.2 Métodos de evaluación de riesgos. Métodos de evaluación CEL e introducción al RiskGraph

Tal como se ha comentado en el punto anterior, existen diversos métodos de evaluación de riesgos de proceso. Los métodos a utilizar según los requerimientos, se encuentran indicados en la Normativa de Interna de Seguridad y Medio Ambiente.

IDEA CLAVE:

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.

2.6.3 Método CEL (Consequence Exposition Likelihood)

El método CEL (acrónimo inglés de Consecuencia, Exposición 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 esta fórmula en la del riesgo. (Anexo III)

2.6.4 Matriz Exposición

DEFINICIÓN:

Exposición es la frecuencia con que se presenta el incidente indicador.

Esta matriz determina la frecuencia con la que podría ocurrir el incidente indicador.

Exposición (E)		Valor
Muy rara	Menos de una vez al año	0.5
Rara	Aproximadamente cada año	1
Poco usual	Algunas veces al año	2
Ocasional	Más de una vez al mes	3
Frecuente	Diariamente	6
Continua	Más de una vez al día	10

Tabla 6. Matriz de exposición

2.6.5 Matriz de Probabilidad

DEFINICIÓN:

Probabilidad es la posibilidad de que, una vez presentada la situación de riesgo (en general evento indicador), se origine el accidente con las consecuencias seleccionadas.

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 %	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 7. Matriz de probabilidad

2.6.6 Matriz de Consecuencias

DEFINICIÓN:

Consecuencia es 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)

	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 $3 \cdot 10^5$ €	Crisis de nivel verde	Derrame dentro de la valla. 1 día de limpieza	3
Serias	Más de 30 días de baja	Entre 6000 y $3 \cdot 10^5$ € y 10^6 €	Crisis de nivel amarillo	Derrame fuera de la valla. No afecta a cursos de agua	7
Muy serias	Una muerte o lesiones permanentes	Entre 10^6 y 10^7 €	Crisis de nivel rojo	Derrame que afecta a curso de agua de forma reversible	15
Desastrosas	Entre 2 y 9 muertes	Entre 10^7 y $5 \cdot 10^7$ €	Afectación internacional en forma transitoria	Derrame que afecta a cursos de agua no potable de forma permanente	40
Catastróficas	10 o más muertes	$> 5 \cdot 10^7$ €	Afectación internacional de forma permanente	Derrame que afecta a cursos de agua potable de forma permanente	100

Tabla 8. 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= EXPOSICIÓN x PROBABILIDAD x CONSECUENCIA.

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

TIPO	RIESGO = ExPxC	ACTUACIONES NECESARIAS
Riesgo menor	Riesgo \leq 20	Evaluar la necesidad de medidas correctoras
Riesgo moderado	$20 \leq$ riesgo \leq 70	Medidas correctoras de prioridad normal
Riesgo alto	$70 \leq$ riesgo \leq 200	Medidas correctoras de prioridad alta
Riesgo urgente	$200 \leq$ riesgo \leq 400	Acción inmediata
Riesgo extremo	Riesgo $>$ 400	Evaluar suspender la actividad

Tabla 9. Actuaciones necesarias en función del riesgo

CLAVE:

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.¹⁶

¹⁶ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

2.6.7 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 actué cuando este requerido para 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 posibilidad de evitar el peligro y las consecuencias.

En primer para cada escenario se estima la reducción de riesgos requerida con graficas de riesgos, (se aplican tres gráficas, para la seguridad de las personas, el medio ambiente y protección de las instalaciones y la 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 es consideración solo tiene validez el proceso en sí mismo, (medidas preventivas que son parte del diseño).

Otras medidas de seguridad, llamadas comúnmente IPL podrían ser excluidas del análisis o se debería 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.¹⁷

¹⁷ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

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.

2.6.8 Estructura del método Risk Graph

El método Risk Graph se apoya en la siguiente ecuación:

$$R = f \times c$$

Dónde:

R, es el riesgo del 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)

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 peligrosa
- 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.¹⁸

Por lo tanto se obtendrían cuatro parámetros de riesgos siguientes:

- Consecuencia del evento peligroso (C, E, A)

¹⁸ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

- Frecuencia y tiempo de exposición al peligro (F)
- Posibilidad de evitar el evento peligroso (P)
- Probabilidad de evento no deseado (W)

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

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

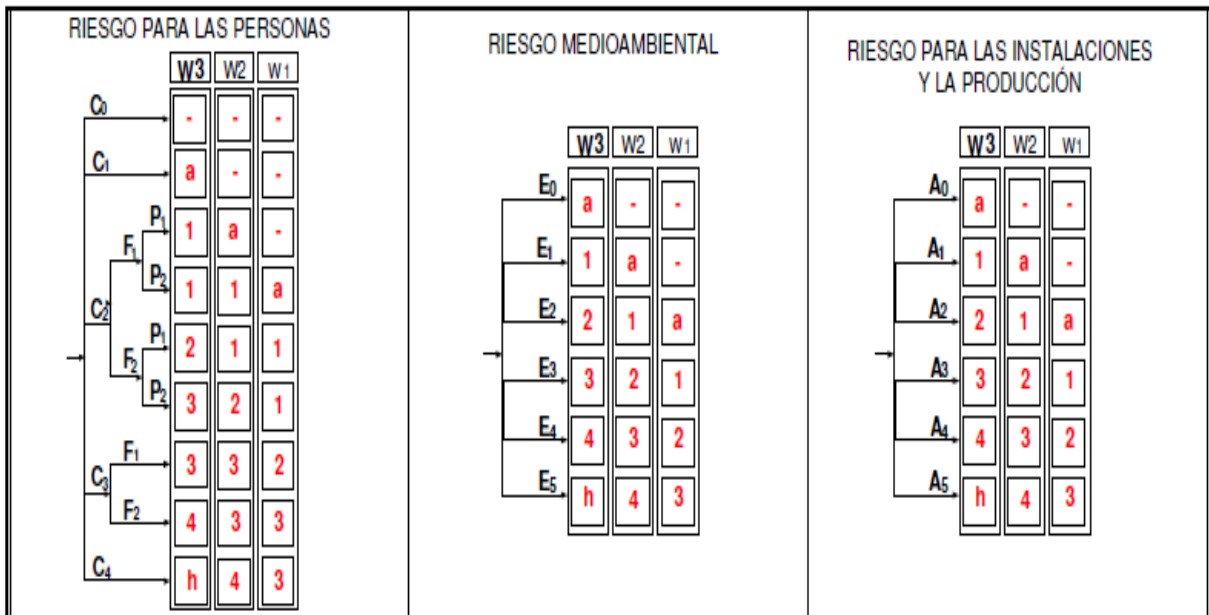


Figura 9: Tipos de impactos

Ilustración 9

PAUTAS

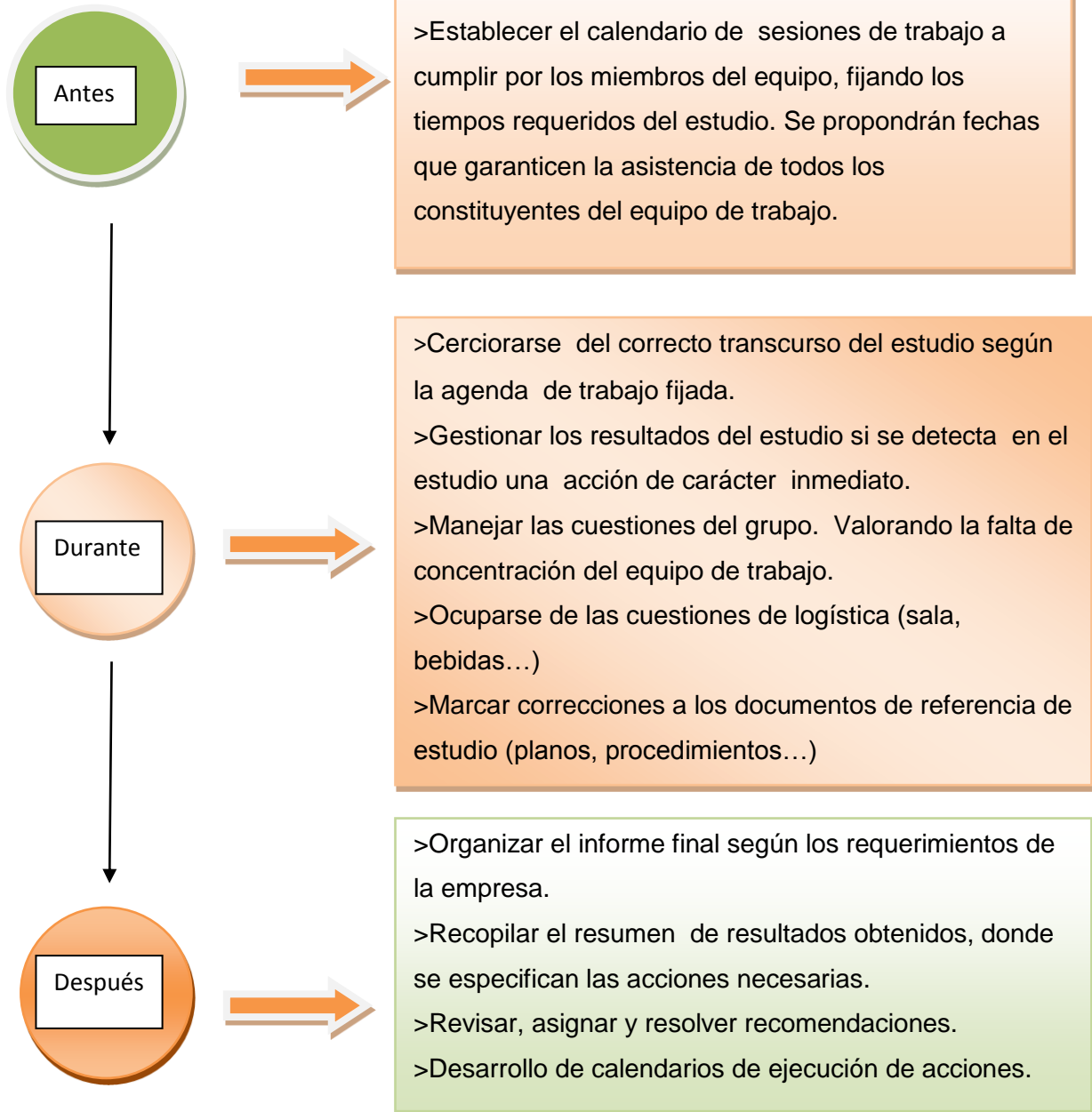


Figura 10: Pautas de recomendación.

Ilustración 10

**CAPITULO III. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP EN LAS
INDUSTRIAS DE COATZACOALCOS, VERACRUZ.**

Se presenta los conceptos principales correspondientes a la metodología de análisis de riesgos de procesos HAZOP.

Para ello, Aplicación **de la metodología HAZOP en las industrias de Coatzacoalcos, Veracruz**, describe:

Las tipologías de estudios HAZOP que existen y el modelo seleccionado.

La secuencia de etapas necesarias para una correcta aplicación de esta metodología.

Los puntos que deben contener el informe final.

3.0 IDENTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA HAZOP

- **Tipologías HAZOP**

Se distinguen dos tipos de HAZOP:

- **HAZOP Tradicional.**

Es la versión clásica del método de análisis de riesgos. El estudio se desarrolla a partir de los análisis de tubería e instrumentación (P&IDs). Se utiliza en el análisis de procesos continuos y discontinuos.

- **HAZOP de procedimientos**

El estudio se realiza a partir de un procedimiento o instrucción escrita. Básicamente se aplica a procesos discontinuos (de operación secuencial o por lotes) definidos por un procedimiento escrito.

- **Herramienta corporativa PHAWorks (Anexo VII)**

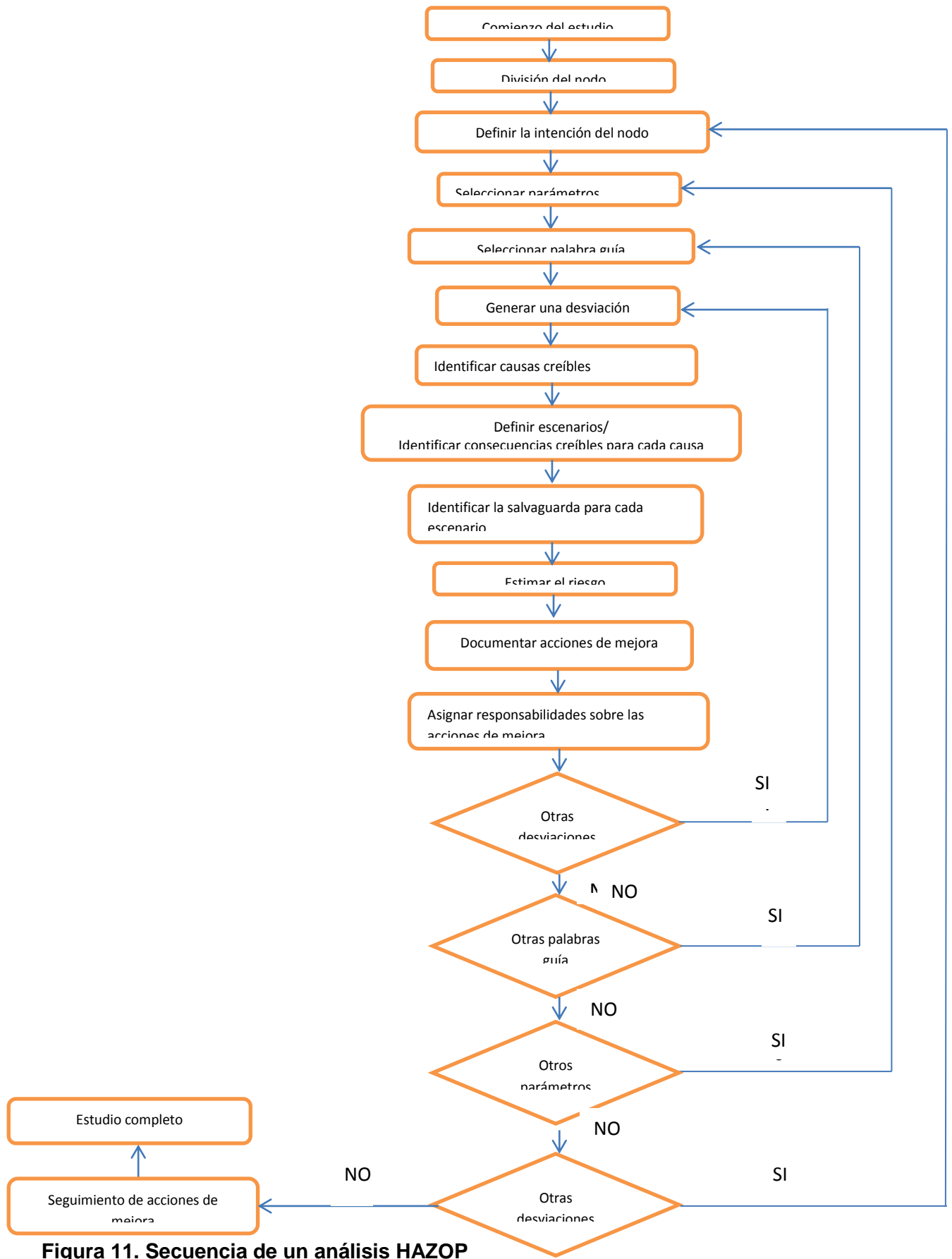


Figura 11. Secuencia de un análisis HAZOP

Ilustración 11

3.1 Campos constituyentes de un análisis HAZOP

Los campos de un estudio HAZOP son el conjunto de bloques de información estructurada que, recopilados en forma de tabla, permiten un análisis sistemático de los peligros de procesos. Los cambios básicos en este tipo de estudios son los siguientes, ya indicados en la tabla anterior (modelo).

3.1.2 Nodo (de proceso)

IDEA CLAVE

Para facilitar un correcto desarrollo de la metodología HAZOP es prioritario dividir el proceso de estudio en partes más pequeñas, estas divisiones se les denomina nodos.

Esta división del proceso constituye una parte esencial de la función del líder del estudio. Una buena definición de nodos determinara un desarrollo fluido del estudio y creara una dinámica favorable para el proceso de trabajo en un grupo en las propias sesiones. La metodología HAZOP debe aplicarse a todos y cada uno de los nodos definidos.

Los nodos se identifican sobre los planos P&ID. Se recomienda marcarlos claramente, a través de fluorescentes, sobre los P&ID. Para facilitar el desarrollo del estudio HAZOP.

Se distinguen dos **tipos de Nodos**.

- **Nodos de procesos:** Generalmente agrupa un equipo principal, un tramo de tubería o un conjunto de equipos y tramos de tuberías funcionalmente interconectados, según condiciones de operación.
- **Nodos globales:** Agrupa a todos los procesos de instalación sujeta al estudio HAZOP. Esto es para toda la sucesión general de nodos se identifican los sucesos accidentales debidos a circunstancias externas a las líneas de proceso en sí, es decir se analizan situaciones climatológicas adversas, líneas auxiliares de servicio como por ejemplo la red eléctrica, etc. Que pueden ocasionar la aparición o el desarrollo de situaciones de accidentes.

3.1.3 Intención del nodo

DEFINICIÓN:

Se define como la descripción de la operación segura que se espera del nodo, indicando los rangos operativos normales de los parámetros más significativo (caudal, presión, temperatura, etc.). Por lo tanto la intención del nodo define los aspectos relevantes del diseño o de proceso en condiciones normales de trabajo para cada nodo.

Ejemplo: Fase de carga del TK-01 al TK-02

3.1.4 Parámetro (de proceso)

Aspecto de un proceso que lo describe desde un punto de vista físico,químico, operativo, etc.

Ejemplo: caudal, temperatura, presión, etc.

3.1.5 Intención del parámetro

Define el valor o el rango de valores permisibles de un parámetro de proceso para un nodo (de estudio).

Ejemplo: Caudal $Q= 40\text{Kg/s}-50\text{kg/s}$

3.1.6 Palabra guía

Se trata de una palabra o frase que expresa y define una desviación específica de la intención del diseño de un sistema o elemento.

Las palabras guía se aplica tanto a acciones, (mantenimiento, transferencia, etc.) como a parámetros específicos (presión, temperatura, etc.)

Ejemplo: No, Mas, Menos, etc.

3.1.7 Desviación

Alteración respecto a las condiciones fijadas como normales de funcionamiento para un parámetro específico, (generalmente una variable de proceso) que puede llevar el proceso a una condición peligrosa.

El equipo de trabajo consigue desviaciones combinando las palabras guías con las diferentes variables posibles en el estudio. Por lo tanto:

PALABRA GUIA+VARIABLE= DESVIACIÓN

Ejemplo: No caudal, Mas Presión, Menos Temperatura, etc.

3.1.8 Causas

Identificar las causas responsables de las desviaciones de los parámetros de proceso (técnica de brainstorming o tormenta de ideas).

Para identificación de las causas se deben considerar las tres tipologías básicas de causas (sucesos iniciadores):

- Causas por fallos de los equipos o instrumentos.
- Causas por fallos humanos.
- Causas por eventos externos.

Ejemplo: Causa posible de una desviación de No Caudal: Fallo de Válvula automática.

3.1.9 Escenario

El escenario es una situación identificada en un proceso que puede ocasionar daño en caso de que se desarrolle completamente y sin control.

Ejemplo: Sobre presión en la línea con derrame de producto inflamable por rotura de elementos frágiles (uniones, juntas, etc.) con riesgos de deflagración e incendio.

3.2 Consecuencias

Son los perjuicios, lesiones o detrimentos que se producen sobre los elementos vulnerables sometidos a los efectos derivados de situaciones de peligro.

IDEA CLAVE:

Los daños pueden ser sobre:

- Personas (tanto internas de la planta como externas a la misma).
- Medio Ambiente
- Bienes (equipos, propiedad, proceso, instalaciones vecinas,...)
- Imagen de la empresa.

Ejemplo: Consecuencias por la rotura de la línea con riesgo de deflagración e incendio: potencial daños a trabajadores y equipos asociados a la línea.

3.2.1 Salvaguardas

DEFINICIÓN:

Las salvaguardas son mecanismos, sistemas o acciones que pueden interrumpir la cadena de eventos desencadenados desde el suceso iniciador.

Las salvaguardas o métodos de protección engloban:

- Medidas de prevención: medidas que hacen que el evento iniciador no se produzca.
- Medidas de mitigación: medidas para reducir la gravedad de las consecuencias.

Ejemplo: Salvaguardas para el escenario accidental, descrito en los ejemplos anteriores:

- Diseño de la línea a la presión de shut off de la bomba.
- PSV
- Alarma de presión asociado a la línea y acción del operador.

3.2.2 C, P, E y R

Se trata de las columnas propias de la evaluación del riesgo, siguiendo el método CEL (Consecuencias, Exposition, Likelihood).

3.2.3 Recomendaciones (acciones)

Las recomendaciones son las medidas encaminadas a reducir los riesgos y/o mitigar las consecuencias que el grupo ha identificado durante las sesiones de trabajo.

Las recomendaciones indicadas serán lo suficientemente claras como para que otras personas puedan llevarlas a cabo. Deben quedar claro el *qué*, *el donde* y el *porqué* de las mismas.

Las recomendaciones indicadas en el estudio HAZOP deben ser entendidas como un paquete de propuestas de mejora que deben ser estudiadas, valoradas y priorizadas a posteriores del propio análisis con el fin de dilucidar la eficacia de las mismas.

Ejemplo: Instalar un Transmisor de presión (PT) en la línea con alarma a sala de control, asociado al paro de la bomba P01.

3.2.4 Por (asignación de responsabilidades).

Tras haber identificado las recomendaciones durante las sesiones de trabajo, se deberá asignar la persona u organización responsable de valorar, y estudiar la efectividad de las mismas e implantarlas, dentro del plazo temporal establecido, en el proceso de análisis.

Estas recomendaciones o acciones mejora junto con la asignación de responsabilidades de ejecución de las mismas quedaran registradas en una ficha de seguimiento de recomendaciones.

3.2.5 Ref (Referencia)

Código numérico con referencia a la acción recomendada asignado por el sistema.

3.2.6 Estudio completo/ Informe Final

El informe debe reflejar claramente el estado de las resoluciones tomadas sobre las recomendaciones. El documento debe ser comprensible y práctico, conteniendo información clara y relevante acerca de:

- **Motivo, Alcance y Objetivos del Estudio.**
- **Fechas de realización y composición del equipo de trabajo.**
- **Formato de recogida de las sesiones.**
- **Cómo ha sido realizado el estudio; metodología utilizada.**
- **Proceso analizado.**
- **Participantes y responsabilidades.**
- **Premisas utilizadas.**
- **Resumen de los resultados; estado/seguimiento de las recomendaciones.**
- **Material de referencia; documentación utilizada y revisión de la misma.**

CAPITULO IV. MARCO NORMATIVO

4.0 De acuerdo a la Naturaleza del Estudio de Análisis de Riesgos HAZOP, la normativa en la que se basa es la siguiente:

- ANSI/ISA-S84.01-1996 “*Application of Safety Instrumented Systems for the process industries*” e IEC 61508 “*Funcional Safety of electrical/electronic/programmable electronic safety related systems*” establecen la necesidad de realizar la asignación de índices SIL (*Safety Integrity Level*) para todos los *interlock*so sistemas de emergencia existentes en los distintos equipos de la instalación.
- Evaluación del SIL consiste en una extensión de los análisis de riesgos de los procesos (*Process Hazard Analysis, PHA*), para el desarrollo de los cuales la metodología HAZOP se presenta, tal y como se ha indicado, como una de las técnicas más sistemáticas y rigurosas.

4.1 Especificaciones y Estándares de PEMEX (última edición).

- NOM-001-SEDE-1999 Norma Oficial Mexicana Instalaciones Eléctrica.
- NOM-026-STPS-1998 Colores y señales de seguridad e higiene e identificaciones de riesgos por fluidos.
- NOM-117-ECOL-1998 Especificaciones de protección ambiental para la instalación y mantenimiento mayor de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos y petro-químicos en estado líquido y gaseoso, que se realicen en derechos de vía terrestres existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y ejidales.
- LGEEPA Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente.
- NMX-B-482-1991 Capacitación, calificación y certificación de personal de ensayos no destructivos.

4.2 Normativas Extranjeras (Estas normas serán Utilizadas únicamente como referencias).

- ASME America Society of Mechanical Engineers. Section VIII, Pressure Vessels Division 1 UG-35.2 Section II Material Specifications.
- ANSI American National Standards Institute.
- ASTM American Society for testing and materials.
- API American Petroleum Institute
- ACI American Concrete Institute
- ACI 318.02 Building Code Requirements for Structural Concrete.
- AISC American Institute of Steel Construction
- AWS American Welding Society
- NEC National Electrical Code
- ISA Instruments Society of America
- NFPA National fire Protection Association
- UL Underwrites Laboratories.

CAPITULO V. SISTEMA PROPUESTO

SISTEMA PROPUESTO

Siguiendo la metodología HAZOP, se proponen los siguientes aspectos específicos para su realización.

5.0 SELECCIÓN DEL PROCESO, EQUIPO E INSTRUMENTACIÓN A ANALIZAR

Para la realización del análisis, lo primero que se debe hacer es seleccionar el equipo o proceso que se va a analizar.

- Tener los manuales de operación y diagramas de instrumentación y control.
- Tener registros históricos de fallo que hayan ocurrido antes.
- Incluir reportes similares ocurridos en otras plantas.
- Finalmente integrar el equipo de trabajo, es decir, el grupo de analistas.

De ese modo se procede a determinar cada uno de los aspectos siguientes para la evaluación del Riesgo:

5.1 SELECCIÓN DEL NODO.

Como primer paso se selecciona un nodo de proceso a analizar. (Anexo V)

La intención de diseño del nodo describe como se espera que opere el sistema en el nodo y provee un punto de referencia para identificar desviaciones.

Es necesario ser específico haciendo una descripción completa y considerando los rangos de la operación permisibles.

5.1.2 SELECCIÓN DE PARÁMETRO

Los parámetros de proceso son aquellas variables físicas a las que podemos sujetar el proceso en estudio, usualmente las más importantes, son aquellas que se tienen consideradas en las especificaciones de control de la operación. (Anexo II)

Por ejemplo, temperatura, flujo, presión, etc.

Para la industria química en proceso químicos continuos, se aplican los siguientes parámetros para cada nodo:

1. Flujo.
2. Presión
3. Temperatura
4. Viscosidad
5. Nivel
6. Mezclado
7. Reacción
8. etc.

Usualmente en la industria química existe la necesidad de analizar procesos discontinuos también conocidos como procesos por lotes (Batch). Para este tipo de procesos se pueden aplicar también los siguientes parámetros **específicos**:

1. Tiempo
2. Secuencia

5.1.3 USO DE PALABRAS GUÍAS

Palabras Guías: Explorando las desviaciones a la intención de diseño. (Anexo I)

PG: NO

Significado: Es la completa negación de la intención de diseño

Esto es: Nada de la intención de diseño sucede y no sucede nada en su lugar.

PG: MAS

Significado: Se trata de un incremento cuantitativo en el parámetro

Lo que: Se refiere a un aumento de la propiedad física o actividad, por ejemplo, tasa de flujo, temperatura o reacción.

PG: MENOS

Significado: Se trata de un decremento cuantitativo en el parámetro

Lo cual: Se refiere a una disminución de la propiedad física o actividad, por ejemplo, tasa de flujo, temperatura o reacción.

PG: TAMBIÉN COMO

Significado: Se trata de un incremento de naturaleza cualitativa en el parámetro.

Esto es: Todas las intenciones de diseño y operación se llevan a cabo, con alguna actividad adicional.

PG.: PARTE DE

Significado: Se trata de un decremento de naturaleza cualitativa en el parámetro

Esto es: Solamente algunas de las intenciones de diseño se llevan a cabo, algunas no se realizan.

PG: DIFERENTE DE

Significado: Se trata de una sustitución completa

Esto es: Nada de la intención de diseño se lleva a cabo, sucediendo algo completamente diferente.

PG: INVERSO

Significado: Se trata del opuesto lógico a la intención de diseño.

Lo cual: Se aplica ampliamente en actividades, por ejemplo, flujo inverso o reacción química inversa.

HAZOP							
Matriz de Palabras Guías							
PARÁMETRO PALABRAS GUÍAS	NO	REVERSA (DAR MARCHA ATRÁS)	MAS	MENOS	PARTE DE	TAN BIEN COMO	OTRO QUE
Flujo	No Flujo	Retroceso de Flujo	Alto Flujo	Bajo Flujo	Composi- ción	Contaminaci- ón	Materiales equivocados
Presión	Vacío	-	Alta Presión	Baja Presión	-	Mov. Hidro Fuerte/Golp e de ariete	-
Temperatura	-	-	Alta Temperatur a	Baja Temperatu ra	Gradiente	Oxidación/F regilizacion	Soporte
Viscosidad	-	-	Alta Viscosidad	Baja Viscosidad	Cambio de Fase	-	-
Nivel	Vacío	-	Alto Nivel	Bajo Nivel	-	-	-
Mezcla	No Mezcla	-	Excesiva Mezcla	Mezcla Pobre	-	Espuma	-
Reacción	No Reacción	Retroceso de Reacción	Reacción descontrola da	Reacción incompleta	Reacción lateral	Cambio de fase	Reacción Equivocada
Operación	Falla de Servicios	-	Desollamien to	Espera o reducida	Arranque/ Paro	Mantenimie nto	Muestreo
PARA PROCESOS BATCH							

Tabla 10: Aplicación de Palabras Guías

5.1.4 DESVIACIÓN

Se postula la desviación para que el equipo explore primeramente si la desviación es creíble.

Ejemplo:

Nodo: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la Válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1.

Parámetro: Composición

Palabra Guía: NO

Desviación: No composición.

5.1.5 EXPLORACIÓN DE CAUSAS Y CONSECUENCIAS

El equipo debe proponer las posibles causas y sus potenciales consecuencias.

Ejemplo:

Nodo: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la Válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1.

Parámetro: Composición

Palabra Guía: NO

Desviación: No composición.

Causas Posibles: Producto fuera de especificación.

Consecuencia: Daños por pérdidas de producto por falta de calidad del propano.

5.1.6 EVALUACIÓN DEL RIESGO

El equipo HAZOP deberá estimar la frecuencia del riesgo, así como su gravedad potencial usando la matriz de evaluación de riesgo para el estudio HAZOP.

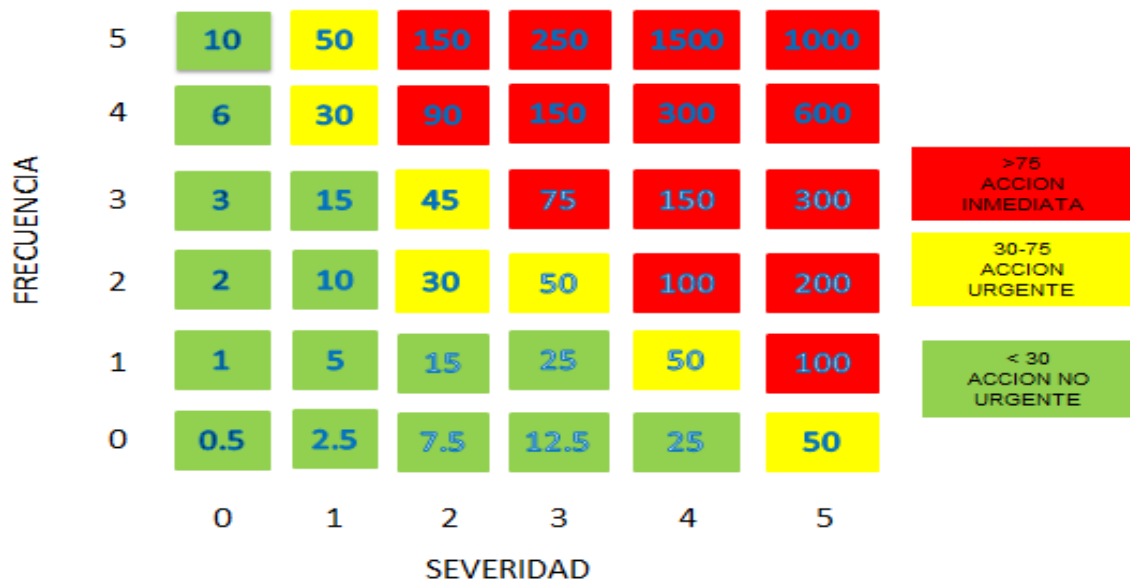


Tabla 11: Matriz semicuantitativa

Se utilizará el método de cuantificación de riesgos bajo la técnica de William T. Fine. Usando la MATRIZ SEMICUANTITATIVA que es ampliamente utilizada por diversas compañías alrededor del mundo (Anexo VI)

RIESGO = FRECUENCIA X SEVERIDAD

5.1.7 FRECUENCIA

- 5 Continuo**, El evento ocurre siempre (10)
- 4 Frecuente**, varias veces al día (6)
- 3 Ocasional**, de 1 vez/ semana a 1 vez/ mes (3)
- 2 Inusual**, de 1 vez/ mes a 1 vez/ año (2)
- 1 Evento muy raro**, Se conoce que ha ocurrido (1)

0 Remotamente posible, no se conoce que ha ocurrido (0.5)

5.1.8 SEVERIDAD

5 Catástrofe, numerosas fatalidades o daños > 1 millón USD. (100)

4 Mayor, Múltiples fatalidades o daños entre \$400,000 y 1 millón., (50)

3 Fatal, Una fatalidad o daños entre 100,000 a 400,000 USD. (25)

2 Severo, Lesiones serias permanentes o daños entre 1,000 a 100,000 USD (15) **1**

Promedio, Lesiones incapacitantes temporales o daños inferiores a 1,000 USD (5)

0 Menor, Lesión o Daño menor (1)

5.1.9 EXPLORACIÓN DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN, (SALVAGUARDAS)

El equipo HAZOP debe identificar los elementos que contempla el sistema para PREVENIR, DETECTAR o MITIGAR el riesgo.

Ejemplo:

Nodo: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la Válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1.

Parámetro: Composición

Palabra Guía: NO

Desviación: No composición.

Causas Posibles: Producto fuera de especificación

Consecuencia: Daños por perdidas de producto por falta de calidad del propano.

Salvavidas: Se tiene un control de calidad del producto en la recepción del barco suministrador.

5.2 ESTABLECER RECOMENDACIONES

El líder HAZOP deberá con ayuda del equipo determinar si hay recomendaciones para la reducción del riesgo, ocasionalmente, las recomendaciones son un análisis técnico más detallado que esta fuera del alcance del estudio.

Ejemplo:

Nodo: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la Válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1

Parámetro: Composición

Palabra Guía: NO

Desviación: No composición

Causas Posibles: Producto fuera de especificación

Consecuencia: Daños por pérdidas de producto por falta de calidad del propano.

Salvaguardas: Se tiene un control de calidad del producto en la recepción del barco suministrador

Recomendaciones: Estudiar la posibilidad de ligar la detección de gas en la zona de la esfera E1 a un dispositivo de alarma a sala de control

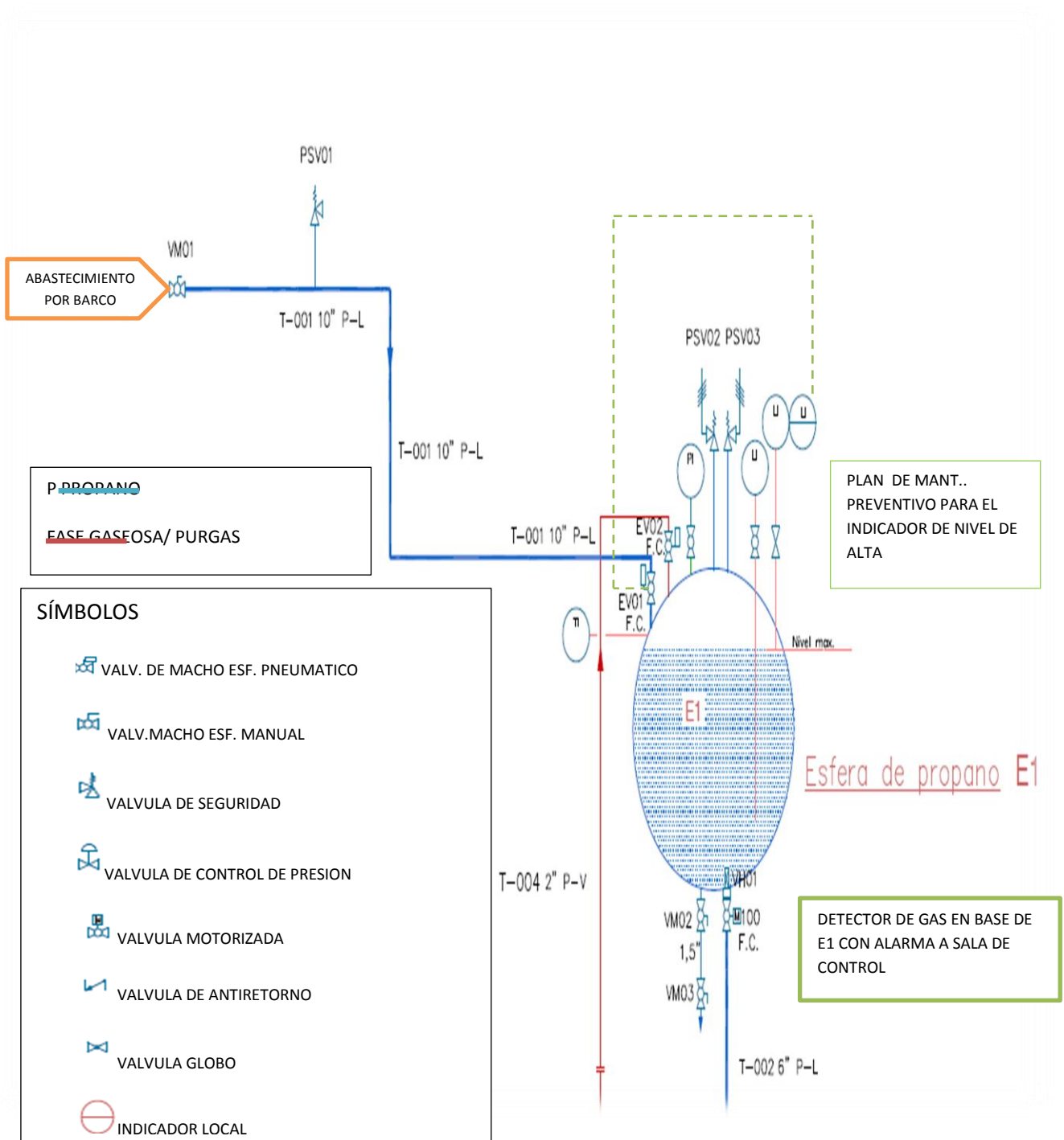


Ilustración 12

Figura 12. Diagrama P&ID de una instalación de recepción, almacenamiento y llenado de propano licuado a camiones cisterna

5.2.1 Ejemplo: Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)													
Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso del llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna. Nodo1: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1. Intención del nodo: Fase de carga de la esfera E1 en condiciones normales de operación. Parámetro : Caudal Intención del parámetro: Caudal previsto en condiciones normales de operación, aprox 500m ³ /h P&IDs: Diagrama de proceso 01-001											Sesión: 1, INICIO-FIN Revisión: 0 Fecha:		
Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref	
No	No Caudal	1. Cierre de la válvula manual VM01	1.1. Falta de producto en el proceso Sobrepresión generada aguas arriba, fuera de la instalación (suministro por barco)	1.1.1. Sin consecuencias dentro de la planta	(-Procedimiento de operación bajo instrucciones escritas y formación del operador) (-Inspección de la operación por parte del operador de planta) (-Supervisión por sala de control) -Salvaguardas propias de la zona de suministro por barco								
No	No Caudal	2. Fallo de la válvula neumática EV01 (tubería de entrada cerrada)	2.1. Sobrepresión por cierre de la válvula en la tubería de entrada T-001 con derrame y fuga de producto inflamable por rotura de elementos frágiles (uniones, bridas,...) con riesgo de deflagración e incendio	2.1.1. Posible daño a trabajadores 2.1.2. Potencial daño en equipamientos	-Plan de mantenimiento preventivo -Inspección de la operación por parte del operador de planta -PSV01 de alivio de presión (Tasa de escape 1,5bar) -Supervisión por sala de control Salvaguardas de mitigación -Activación del Plan de Emergencia Interior (PEI)	7	0,5	2	7				
						3	1	2	6				

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna.
 Sesión: 1, INICIO-FIN
 Revisión: 0
 Nodo1: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1.
 Fecha:

Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref
No	No Caudal	3. Rotura de tubería T-001 de entrada (pipeline) (corrosión-fatiga)	3.1. Derrame y fuga de producto inflamable con riesgo de deflagración e incendio	3.1.1. Posible daño a trabajadores 3.1.2. Potencial daño en equipamientos 3.1.3. Posible afección medioambiental	- Plan de mantenimiento preventivo (evaluación del estado de tuberías) - Actuación de válvula hidráulica de fondo VH01 - Detección de gas en la zona inferior de la esfera E1 - Supervisión por sala de control	15	1	0,5	7,5	Estudiar la posibilidad de ligarla de detección de gas en la zona de la esfera E1 aun dispositivo de alarma a la de control	Responsable de producción	A.01
Menos	Menos Caudal	4. Apertura de la válvula motorizada M100	4.1. Vaciado de la esfera E. 1 a través de la línea de	4.1.1. Sin consecuencias significantes	Nota: válvulas manuales en tramo de descarga							
Más	Más Caudal	5. Operación errónea desde la Terminal de abastecimiento por barco	5.1. Aumento de la velocidad de llenado de la Esfera E1	5.1.1. Sin consecuencias significantes Nota: Ver Más Nivel								

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso del llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna. **Nodo1:** Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1.

Sesión: 1, INICIO-FIN

Revisión: 0

Fecha:

Intención del nodo: Fase de carga de la esfera E1 en condiciones normales de operación.

Parámetro: Presión

Intención del parámetro: Presión de carga aprox 12bar

P&IDs: Diagrama de proceso 01-001

Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref
Más	Más Presión	6. Fallo de electroválvula neumática EV01	6.1. Sobre presión por cierre de válvula en la línea T-001 con derrame y fuga de producto inflamable por rotura de elementos frágiles (uniones, bridas,...) en la línea T-001 10" P-L con riesgo de deflagración e incendio	6.1.1. Posibles daños sobre trabajadores 6.1.2. Potencial daño en equipamientos	- Plan de mantenimiento preventivo - Inspección de la operación por parte del operador de planta - PSV01 de alivio de presión (Tasa de escape 1,5bar) - Indicador local de presión en esfera E1 - Supervisión por sala de control Salvaguardas de mitigación: - Activación del Plan de Emergencia Interior (PEI) - Protección activa contra incendios - Equipamiento según normativa ATEX	7	0,5	2	7	Estudiar la posibilidad de asociar un indicador de presión PI en esfera E1 una señal de alarma al de control	Responsable de producción	A.02
Más	Más Presión	7. Fallo de la PSV01 en línea o PSV en esfera	7.1. Ligera subida de presión en la línea T-001 10" P-L y Esfera E1	7.1.1. Posible daño en equipamientos	- Plan de inspección periódicas de válvulas - Inspección de la operación por parte del operador de planta - 2 PSV en esfera E1, PSV02 y PSV03 (Tasa de escape 1,5bar) - Indicador local de presión en esfera E1 - Supervisión por sala de control	3	1	3	9	Considerar el implementar un indicador local de Presión en línea T-001 10" P-L	Responsable de producción	A.03

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna. **Nodo1:** Válvula manual IVM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1. **Intención del nodo:** Fase de carga de la esfera E1 en condiciones normales de operación.

Sesión: 1, INICIO-FIN
Revisión: 0
Fecha:

Parámetro : Nivel **Intención del parámetro:** Nivel de llenado en E1 aprox 1.700m³
P&IDs: Diagrama de proceso 01-001

Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref
Más	Más Nivel	8. Información de capacidad existente en Esfera E1 errada (entre planta y navío)	8.1. Sobrellenado con sobrepresión en la Esfera E1 con derrame y fuga de producto inflamable con riesgo de deflagración e incendio	8.1.1. Posibles daños en trabajadores 8.1.2. Potencial daño en equipamientos (Esfera)	- Existencia de protocolo de comunicación y actuación en navío y planta para el llenado de la esfera E1. - Inspección de la operación por parte del operador de planta - Nivel local LI - Comunicación de parada de operación de carga por alarma en sala de control del Detector de Nivel Alto (LIS) en Esfera E1. Alarma acústica zonal. - Indicador local de presión PI - PSV02 y PSV03 de alivio de presión (Tasa de escape 1,5 bar) - Detección de gas en la zona inferior de la Esfera E1 - Supervisión por sala de control Salvaguardas de mitigación: - Activación del Plan de Emergencia Interior (PEI) - Protección activa contra incendios - Equipamiento según normativa ATEX	15	0,5	2	15	Estudiar la posibilidad de instalar un sistema de corte automático cuando la esfera E1 llegue a su máximo nivel de llenado (LIS)	Responsable de producción/ Manto.	A.04

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministra camiones cisterna. Nodo 1: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1. Intención del nodo: Fase de carga de la esfera E1 en condiciones normales de operación.										Sesión: 1, INICIO-FIN		
Parámetro : Nivel Intención del parámetro: Nivel de llenado en E1 aprox 1.700m ³										Revisión: 0		
P&IDs: Diagrama de proceso 01-001										Fecha:		
Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref
Más	Más Nivel	9. Fallo del Detector de Nivel Alto de la Esfera E1	9.1. Sobrellenado con sobrepresión en la Esfera E1 con derrame y fuga de producto inflamable con riesgo de deflagración e incendio	9.1.1. Posible daño en trabajadores 9.1.2. Potencial daño en equipamientos (Esfera)	- Plan de mantenimiento preventivo del Detector de Nivel Alto - Nivel local LI - Inspección de la operación por parte del operador de planta - PSV02 y PSV03 de alivio de presión (Tasa de escape 1,5 bar) - Detección de gas en la zona inferior de la esfera E1 - Supervisión por sala de control	15	0,5	1	7,5	Estudiar la posibilidad de revisar el testado del Detector de Nivel de Alta (LIS) dentro del plan de mantenimiento preventivo Idem A.04	Responsable de Manto.	A.05

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)

Proyecto: Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna. Nodo 1: Válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1. Intención del nodo: Fase de carga de la esfera E1 en condiciones normales de operación.										Sesión: 1, INICIO-FIN		
Parámetro: Composición Intención del parámetro: Composición normal de suministro de propano, C ₃ H ₈										Revisión: 0		
										Fecha:		
Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	P	E	R	Acciones	Por	Ref
No	No Composición	10. Producto fuera de especificaciones	10.1. Contaminación del producto - existente en la esfera E1	10.1.1. Daños por pérdidas de producto por falta de calidad del propano	- Control de calidad del producto en la recepción del barco suministrador	7	0,5	0,5	1,75			

Tabla 12: Ejemplo Análisis de riesgos HAZOP del proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna

5.2.2 Para el sistema propuesto se sitúan las siguientes recomendaciones.

Las recomendaciones derivadas de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos se darán de acuerdo al tipo de proceso que se va analizar, operación o mantenimiento, que se realizara.

Para realizar el análisis el equipo deberá de consistir de personal de diseño y operación con experiencia técnica para evaluar los efectos de las desviaciones en la intención de diseño del proceso.

Típicamente, un Equipo HAZOP incluye al siguiente personal

- Ingeniero del Dpto. Diseño
- Ingeniero de proceso
- Supervisor de producción
- Ingeniero de instrumentos
- Asesor de seguridad
- Ingeniero de mantenimiento mecánico
- Ingeniero de mantenimiento eléctrico
- Técnico de producción
- Operarios

PARA REALIZAR LA PRUEBA SE RECOMIENDA ESPECIFICAR LOS SIGUIENTES PUNTOS:

- 1.-Descripción detallada de cada uno de los procesos, en este caso el proceso de llenado de esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisternas.
- 2.-Revisar los Manuales de operación y mantenimiento de los equipos involucrados en el proceso a estudiar.
- 3.- Tener las Hojas de seguridad (MSDS) de las materias primas y productos involucrados. (Propano)
- 4.- Tener actualizados los Planos con el arreglo físico de las instalaciones (layout).
- 5.-Revisar los Procedimientos operativos del proceso de llenado de la esfera.
- 6.-Incluir el proceso de llenado de la esfera en los Procedimientos de respuesta a emergencias. (Interlock, paros de emergencia y lógica de cierre de válvulas.)
- 7.-Incluir el proceso de llenado de la esfera en los .Programas de mantenimiento preventivo y correctivo

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología de análisis de riesgo HAZOP, fundamentado en la ingeniería de diseño del Proceso de llenado de la esfera, almacenamiento y suministro a camiones cisterna, diagramas de tubería e instrumentación, y conocimiento en el diseño y proceso, se puede concluir que el diseño y operación cuenta con medidas necesarias para operar con seguridad, minimizando el riesgo al entorno, al personal y a las propias instalaciones, sin embargo se recomienda prestar la atención debida a las actividades de cierre de la válvula manual y la válvula electro neumática EV01 que se encuentra en posición cerrada, ya que según la evaluación presentan el mayor índice de riesgo de la instalación.

ESTIMADO ECONÓMICO DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS

Debido a su Naturaleza, un análisis de Riesgos es prioritario para las empresas, y para ello es que existen negocios certificados para realizar este tipo de análisis y prestarles servicios de asesoría.

El costo de un análisis de Riesgos realizado por compañías externas, fluctúa en la actualidad entre \$100,000 y 150 000, debido a que los analistas de estas compañías, realizan el estudio utilizando la tecnología de punta, de esa manera no involucran equipos de trabajo numerosos, de la empresa en estudio.

Sin embargo las Industrias establecidas y principalmente las privadas se inclinan por ejecutar auditorias con personal propio, previamente entrenado, ya que esto usualmente puede generar una reducción de 20% a 40% de costo, lo cual resulta sustancialmente atractivo y conveniente.

Para las empresas es mejor crear su propio grupo de analistas, ya que de ese modo se desarrolla y prevalece la cultura de un análisis y prevención de riesgos entre el personal.

RENTABILIDAD

Debido a la naturaleza de la metodología HAZOP se puede demostrar que es un sistema rentable y beneficioso para las empresas. Ya que actualmente la SEMARNAT legisla mediante su artículo 147, que en todas las industrias de procesos a partir de dos plantas es necesario hacer un estudio HAZOP.

La rentabilidad del estudio radica en la necesidad que tienen las empresas para determinar las situaciones que son potencialmente perjudiciales para su productividad. Debido a esta problemática es necesario realizar el estudio HAZOP, para mitigar estos efectos; Es rentable tanto para las empresas privadas que lo realizan como para las empresas que lo requieren ya que de este modo contribuyen a la mejora continua.

Normativa de seguridad

ISO 16732

La metodología HAZOP está basada en la ISO 16732 la cual dice en su apartado, que es para el uso del profesional de seguridad contra incendios que emplea métodos basados en la evaluación de riesgos.

Ejemplos de estos tipos de profesionales de la seguridad contra incendios incluyen ingenieros de seguridad contra incendios, las autoridades competentes, como los funcionarios territoriales autoridad, personal de servicio contra incendios; ejecutores de código, los desarrolladores de código, los aseguradores; los responsables de seguridad, y los gestores de riesgos. Los usuarios de esta parte de la ISO 16732 deberán estar calificados adecuadamente y competentemente en el ámbito de la ingeniería de seguridad contra incendios y la evaluación de riesgos. Es particularmente importante que el usuario Comprenda las limitaciones de la aplicación de la metodología que se utiliza.

ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO.

La información presentada en éste apartado, deberá estar referenciada y sustentada en fuentes confiables y actualizadas, debiéndose señalar en el estudio dicha referencia.

Descripción de los sitios o áreas seleccionadas para la ubicación del ducto, considerando el entorno natural, incluyendo información relevante sobre intemperismos, flora, fauna, hidrología, asentamientos residenciales, comerciales o industriales, cruces, etc. en una franja de 200 metros, paralela a la trayectoria del ducto.

Incluir planos de la región, indicativos de la ubicación de zonas vulnerables o puntos de interés (asentamientos humanos, áreas naturales protegidas, zonas de reserva ecológica, cuerpos de agua, etc.). Señalando, claramente tanto el plano como en una tabla los distanciamientos a las mismas; así como la densidad demográfica de las zonas habitadas cercanas al trazo del proyecto.

¿Los sitios o áreas que conforman la trayectoria del ducto se encuentran en zonas susceptibles a:

- () Terremotos (sismicidad)?
- () Corrimientos de tierra?
- () Derrumbamientos o hundimientos?
- () Inundaciones (historial de 10 años)?
- () Pérdidas de suelo debido a la erosión?
- () Contaminación de las aguas superficiales debido a escurrimientos y erosión?
- () Riesgos radiológicos?
- () Huracanes?

Describir detalladamente las características climáticas entorno a la instalación, con base en el comportamiento histórico de los últimos 10 años (temperatura máxima, mínima y promedio; dirección y velocidad del viento; humedad relativa; precipitación pluvial).

Indicar el deterioro esperado en la flora y fauna por la realización de actividades de la instalación, principalmente en aquellas especies en peligro de extinción.

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

- Antecedentes de accidentes e incidentes ocurridos en ductos similares, describiendo brevemente el evento, las causas, sustancia(s) involucrada(s), nivel de afectación y en su caso, acciones realizadas para su atención.
- Identificar los puntos probables de riesgo, empleando una metodología específica (p.ej. Qué pasa si/Lista de Verificación, HAZID, HAZOP, Árbol de Fallas) o en su caso, cualquier otra cuyos alcances y profundidad de identificación sean similares, debiéndose aplicar la metodología de acuerdo a las especificaciones propias de la misma. En caso de modificar la aplicación, deberá sustentarse técnicamente.
- Bajo el mismo contexto, indicar los criterios de selección de la(s) metodología(s) utilizadas para la identificación y jerarquización de riesgos. Así mismo, anexar la memoria descriptiva de la(s) metodología(s) empleada(s).
- En la aplicación de la(s) metodología(s) utilizada(s), deberá considerarse todos los aspectos de riesgo de cada uno de los nodos y sectores que conforman la instalación.
- Para la jerarquización de Riesgos se podrá utilizar: Matriz de Riesgos, metodologías cuantitativas de identificación de riesgos, o bien, aplicar criterios de peligrosidad de los materiales en función de los gastos, condiciones de operación y/o características CRETIB o algún otro método que justifique técnicamente dicha jerarquización.
- Determinar los radios potenciales de afectación, a través de la aplicación de modelos matemáticos de simulación, del o los eventos máximos probables de riesgo, e incluir la memoria de cálculo para la determinación de los gastos, volúmenes y tiempos de fuga utilizados en las simulaciones, debiendo justificar y sustentar todos y cada uno de los datos empleados en estas determinaciones.

Para definir y justificar las zonas de seguridad al entorno de la instalación, deberá utilizar los parámetros que se indican a continuación:

LOCALIZACIÓN	TOXICIDAD (CONCENTRACIÓN)	INFLAMABILIDAD (RADIACIÓN TÉRMICA)	EXPLOSIVIDAD (SOBREPRESIÓN)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ²

NOTAS: 1) En modelaciones por toxicidad, deben considerarse las condiciones meteorológicas más críticas del sitio con base en la información de los últimos 10 años, en caso de no contar con dicha información, deberá utilizarse Estabilidad Clase F y velocidad del viento de 1.5 m/s.

2) Para el caso de simulaciones por explosividad, deberá considerarse en la determinación de las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento el 10% de la energía total liberada.

- Incluir las hojas de datos de seguridad (MSDS) de las sustancias y/o materiales peligrosos involucrados, de acuerdo a la **NOM-018-STPS-2000**, "**Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo**" de aquellas sustancias consideradas peligrosas que presenten alguna característica **CRETIB**.
- Representar las zonas de alto riesgo y amortiguamiento en un plano a escala adecuada, donde se indiquen los puntos de interés que pudieran verse afectados (asentamientos humanos, cuerpos de agua, vías de comunicación, caminos, etc.).
- Realizar un análisis y evaluación de posibles interacciones de riesgo con otras áreas, equipos o instalaciones próximas a la instalación que se encuentren dentro de la Zona de Alto Riesgo, indicando las medidas preventivas orientadas a la reducción del riesgo de las mismas

COSTO –BENEFICIO

Para determinar el costo-beneficio de la aplicación de la metodología, se debe tomar en cuenta la magnitud de la empresa, y el tipo de instalación al que se le realizara el estudio. Usualmente se asignan presupuestos con un enfoque genérico ya que en el campo de los riesgos resulta difícil y poco práctico el proyectar inversiones específicas.

El costo anual total de las medidas de reducción del riesgo incluye:

- Los costos de las inversiones de capital en suspenso
- Duración de la medida de trabajo a un interés apropiado
- Gastos de funcionamiento
- Los beneficios perdidos si la medida implica actividad total.

Los beneficios anuales totales de las medidas de reducción del riesgo son reducción de los costos, por ejemplo:

- La pérdida de vidas
- Pérdida de bienes
- La pérdida de la capacidad de producción
- pérdida del fondo de comercio
- Seguros
- La pérdida de cuotas de mercado

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

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

Por ende la propuesta de un sistema HAZOP basado en los puntos específicos que se requieren para hacer un análisis de riesgos operacionales, contempla cada uno de los aspectos que deben seguirse para la reducción de estos, manteniendo como objetivo principal identificar los riesgos reales y potenciales en las instalaciones y el entorno de trabajo para evaluarlos problemas de operabilidad.

De esta manera este tipo de problemas deben ser descubiertos y dados a conocer especialmente, cuando éstos tienen impacto negativo en la rentabilidad de la instalación o conducen a la generación de otros riesgos.

Lo cual permite determinar los escenarios peligrosos para el personal, instalaciones, terceras partes y medio ambiente, y cualquier técnica de análisis de riesgos que puedan generar pérdidas de la producción.

En consecuencia, esta propuesta incluye un costo aceptable para la empresa, que justifica la inversión financiera correspondiente, tomando en cuenta la problemática existente, evidenciada por los accidentes derivados de una gestión de riesgos deficiente.

RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones se plantean de acuerdo a la naturaleza de la metodología HAZOP, para la reducción de Riesgos operacionales.

- Integración y capacitación de un equipo de gestión de análisis, que aplique la técnica HAZOP y que debe estar integrado por personal experimentado.
- Contar con información fundamental requerida para realizar un HAZOP, sin la cual esta metodología no puede aplicarse; Por ejemplo, los Diagramas P&ID's, Políticas de la empresa, Filosofía de seguridad, Diagramas de Proceso, Plot Plan de la instalación y la Descripción del Proceso/Filosofía de Operación
- Establecer un Plan Maestro, para que en forma metódica y sistemática se realicen análisis al proceso, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones, la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones riesgosas.
- Determinar cómo un proceso puede apartarse de sus condiciones de diseño y sus condiciones normales de operación, planteando las posibles desviaciones que pudieran ocurrir.
- Para cada riesgo identificado, se determinara su probabilidad y severidad de ocurrencia y se realizaran recomendaciones para mitigar o eliminar situaciones peligrosas.
- Repetir programadamente los Análisis HAZOP para mantenerlos vigentes y actualizados. (Anexo IV)

La calidad del estudio de HAZOP depende directamente de la calidad y cantidad de información disponible, así como de la experiencia y el interés de la gerencia.

BIBLIOGRAFÍA

Enrique cesar Valdez; *Metodología HAZOP, Repsol Exploración México S.A de C.V.*

Guindelines for Hazard Evaluation Procedunes; *Second Edition with Worked Examples.*

Guide to Hazard and Operability Studies, *Chemical Industries Association, Alembic House, London, 1997.*

Procedures for Performing a Failure Mode and Effect Analysis, *MIL-STD-1629A, U.S. Navy, 1977.*

American Petroleum Institute Recommended Practice 14C, *Recommended Practice for Analysis, Design, installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms, 4th ed., American Petroleum Institute, Dallas, September 1986.*

Technical Specifications for Performing a HAZOP Analysis, *JBF Associates, inc, Knoxville, TN, 1990.*

<http://www.oilproduction.net/files/HAZOP-Soluciones%20avanzadas.pdf>

Estudios de Riesgos Operacionales tipo HAZOP

[http://www.cnh.gob.mx/ .../Taller tecnicas de identificacion peligros.pdf](http://www.cnh.gob.mx/.../Taller_tecnicas_de_identificacion_peligros.pdf)

Taller de Técnicas de identificación de peligros.

ANEXOS

ANEXO I

PALABRAS GUÍAS

Introducción

En este capítulo se presenta un listado de palabras de ayuda, para el desarrollo de un análisis de riesgos. Así como sus parámetros, su significado y una serie matrices, que complementan un estudio HAZOP.

INGLES	ESPAÑOL	SIGNIFICADO
OBLIGATORIAS		
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 instrumento)
LESS	MENOS	Incremento cuantitativo en un parámetro de proceso (cuyo valor es posible medir a través de instrumento)
OTHERTHAN	OTRO	Sustitución o modificación alternativa en el parámetro analizado
REVERSE	INVERSO	Opuesto a la dirección de proceso prevista o contrario a la acción programada
OPCIONALES		
ASWELLAS ALSO	ADEMÁS/ QUÉ MÁS EN TAMBIÉN	Incremento o modificación cualitativa
PARTOF	PARTE/ PARCIAL	Decremento o modificación cualitativa

Tabla 13. Significado de palabras guías

ANEXO II

PARÁMETROS

	NODO DE PROCESO	NODO GLOBAL
ESPECÍFICOS	NIVEL CAUDAL PRESIÓN TEMPERATURA	
GENERALES	SERVICIOS MANTENIMIENTO (POR DEFECTO)	SERVICIOS (POR DEFECTO) MANTENIMIENTO CONTENCIÓN
GENERALES	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	

Tabla 14: Análisis de posibles parámetros

ANEXO III

MATRICES DE CONSECUENCIAS, PROBABILIDAD, EXPOSICIÓN.

MATRIZ DE EXPOSICIÓN		
EXPOSICIÓN (E)		VALOR
Muy rara	Menos de una vez al año	0,5
Rara	Aproximadamente cada año	1
Poco usual	Algunas veces al año	2
Ocasional	Más de una vez al mes	3
Frecuente	Diariamente	6
Continua	Más de una vez al día	10

Tabla 15: Matriz de Exposición

MATRIZ DE PROBABILIDAD			
PROBABILIDAD (P)			VALOR
Prácticamente imposible	$\leq 10^{-7}$	Se acerca a lo imposible	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	6
Casi seguro	95%	Sucedirá casi seguro	10

Tabla 16: 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	Entre 6000 y $3 \cdot 10^5$ €	Crisis de nivel verde	Derrame dentro de la valla. 1 día de limpieza	3
SERIAS	Más de 30 días de baja	Entre $3 \cdot 10^5$ € y 10^6 €	Crisis de nivel amarillo	Derrame fuera de la valla. No afecta a cursos de agua	7
MUYSERIAS	Una muerte o lesiones permanente	Entre 10^6 y 10^7 €	Crisis de nivel rojo	Derrame fuera de la valla. No afecta a cursos de agua de forma reversible	15
DESASTROSAS	Entre 2 y 9 muertes	Entre 10^7 y $5 \cdot 10^7$ €	Afectación internacional en forma transitoria	Derrame que afecta a cursos de agua no potable de forma permanente	40
CATASTRÓFICAS	10 o más muertes	$> 5 \cdot 10^7$ €	Afectación internacional en forma permanente	Derrame que afecta a cursos de agua potable de forma permanente	10

Tabla 17: Matriz de Exposición (Método CEL)

ACTUACIONES NECESARIAS EN FUNCIÓN DEL RIESGO		
TIPO	RIESGO= $ExP \times C$	ACTUACIONES NECESARIAS
Riesgo menor	Riesgo ≤ 20	Evaluar la necesidad de medidas correctoras
Riesgo moderado	$20 < \text{Riesgo} \leq 70$	Medidas correctoras de prioridad normal
Riesgo alto	$70 < \text{Riesgo} \leq 200$	Medidas correctoras de prioridad alta
Riesgo urgente	$200 < \text{Riesgo} \leq 400$	Acción inmediata
Riesgo extremo	Riesgo > 400	Evaluar suspender la actividad

Tabla 18: Actuaciones necesarias en función del riesgo

ANEXO IV

FICHA DE RECOMENDACIÓN

ACCIÓN POR:	ACCIÓN N° (REF):
FECHAS DE LAS SESIONES:	RESPUESTA ANTES DEL:
DOCUMENTO DE REFERENCIA: REVISIÓN:	
TÍTULO:	
NODO:	
DESVIACIÓN:	
ESCENARIO/CONSECUENCIA:	
SALVAGUARDAS:	
VALORACIÓN DEL RIESGO:	
ACCIÓN:	
RESPUESTA A LA ACCIÓN: FECHA:	
FIRMA:	
INCORPORA LA RESPUESTA EN EL RECUADRO ANTERIOR, FIRME Y ENVIÉ LA RESPUESTA A:	
NOTAS:	

Tabla 19: Ficha de Seguimientos de Recomendaciones

ANEXO V

NODO

NODO& DTI

Desde válvula manual VM01 de entrada a instalación hasta la válvula motorizada de salida M100 de la esfera E1. Fase de carga de llenado a esfera E1.

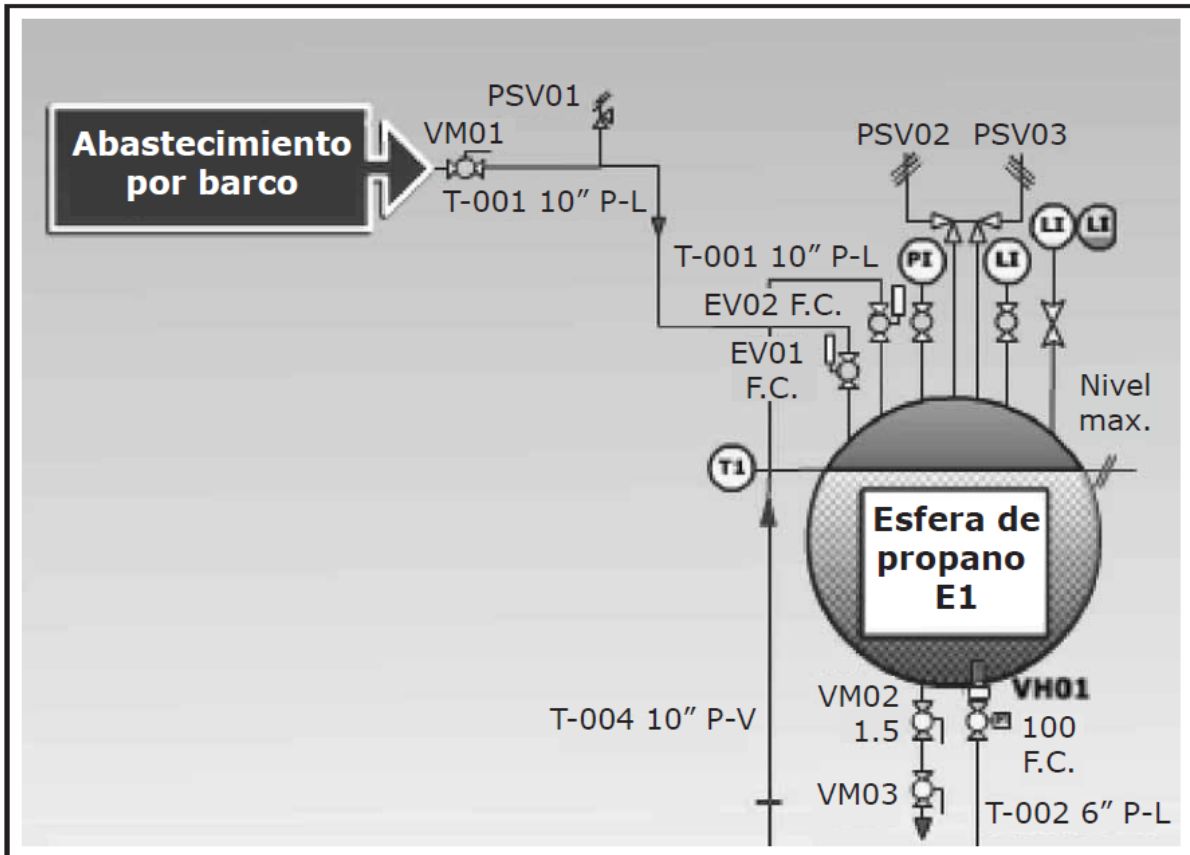


Ilustración 13

Figura 13: Llenado de esfera de propano

ANEXO VI

ÍNDICES

Índice de severidad de las consecuencias.

Categoría	Consecuencia	Descripción
4	Catastrófico	Fatalidad / daños irreversibles a instalaciones y pérdidas de producción elevadas
3	Severa	Heridas múltiples / daños mayores a propiedades y pérdidas de producción considerables
2	Moderada	Heridas ligeras / daños menores a propiedades y pérdidas de producción regulares
1	Ligera	No hay heridas / daños mínimos a propiedades y pérdidas de producción reducidas

Tabla 20: Índice de severidad de las consecuencias.

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN. (CCPs, 1995)

NOTA: se omitieron cifras en dólares para pérdidas de producción

Índice de frecuencia del escenario.

Categoría	Frecuencia	Descripción
4	Frecuente	Se espera que ocurra más de una vez por año
3	Poco Frecuente	Se espera que ocurra más de una vez durante el tiempo de vida de la instalación
2	Raro	Se espera que ocurra NO más de una vez en la vida de la instalación
1	Extremadamente Raro	No se espera que ocurra durante el tiempo de vida de la instalación

Tabla 21: Índice de frecuencia del escenario.

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN. (CCPs, 1995)

Matriz de jerarquización de riesgos.

Índice Ponderado de Riesgo			Consecuencia			
			LIGERO	MODERADO	SEVERO	CATASTRÓFICO
			1	2	3	4
Frecuencia	FRECUENTE	4	IV	II	I	I
	POCO FRECUENTE	3	IV	III	II	I
	RARO	2	IV	IV	III	II
	EXTREMADAMENTE RARO	1	IV	IV	IV	III

Tabla 22: Matriz de jerarquización de riesgos.

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN. (CCPs, 1995)

Índice de riesgo.

Categoría	Riesgo
IV	Aceptable
III	Aceptable con controles
II	Indeseable
I	Inaceptable

Tabla 23: Índice de riesgo.

Fuente: JBF Associates, Inc., Knoxville, TN. (CCPs, 1995)

ANEXO VII

UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE PHAWORKS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESOS HAZOP.

Introducción

Este capítulo presenta de manera general la utilización de la herramienta informática PHAWorksViewer como software de apoyo a la hora de visualizar un estudio de análisis de riesgos HAZOP. Así, se indica el propósito de optar por el uso de este tipo de software. Una vez comentados estos conceptos se indicaran las pautas a seguir para poder trabajar con un estudio ya realizado mediante esta aplicación informática.

¿Qué es, cuando y porque utilizar PHAWords?

PHAWords es una aplicación informática, para la gestión y elaboración de estudios de análisis de riesgos de procesos. Su utilización, es principalmente para un estudio de análisis HAZOP.

Esta herramienta de trabajo, PHAWords, a modo de aplicación informática debe ser la utilizada en todos los estudios realizados por las empresas.

El por qué se debe utilizar una herramienta informática sobre los sistemas convencionales debido al siguiente aporte de ventajas.

- Facilita la realización de este tipo de estudio.
- Ayuda a identificar criterios tanto técnicos como de calidad en todos los estudios.
- Permite seleccionar entre un amplio ámbito de rango de técnicas para desarrollar estudios de análisis de riesgos de procesos, previamente personalizados y adecuado a las necesidades de la empresa.
- Obliga a seguir un procedimiento de trabajo establecido
- Dispone de una amplia base de datos (que se refuerza con los nuevos casos aparecidos en los estudios) con situaciones reales de riesgo, palabras guías, desviaciones, etc., y ayudas que facilitan la realización del estudio.

- Permite buscar/copia información de estudios anteriores/similares.
- Integra la documentación utilizada en el análisis de riesgos (P&ID, planos, hojas de datos, etc.) dentro del propio documento PHA, mediante el uso de hipervínculos, de esa forma se puede tener un seguimiento de la revisión de dichos documentos.
- Facilita el almacenamiento, búsqueda y posterior revisión de los estudios.¹⁹

ESTUDIO DE PELIGROS Y OPERABILIDAD (HAZOP)											
Proyecto:..								P&IDs:..			
Nodo: ..								Revisión:0			
Intención del nodo:..								Fecha:			
Parámetro:											
Intención del parámetro:											
Palabra Guía	Desviación	Causas	Escenario	Consecuencias	Salvaguardas	C	E	R	Acciones	Por	Ref

Tabla 24: Desarrollo de estudio HAZOP

¹⁹ Metodologías de Análisis de Riesgos de Procesos
Repsol Exploración México S.A de C.V

GLOSARIO

Accidente: cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, y puede o no dar lugar a una lesión corporal.

Escenario de accidente: un evento no planeado o secuencia de eventos que resultan en consecuencias indeseables.

Checklist (Lista de verificación): Una lista detallada de los atributos del sistema deseado o pasos para un sistema u operador a realizar. Generalmente escrita de la experiencia y se utiliza para evaluar la aceptabilidad o el estado del sistema o de operación en comparación con las normas establecidas.

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA): Un método sistemático fundamentado en registros históricos de los tipos y modos en que suelen fallar los componentes de un proceso.

Hazard (peligro): Condición física o química que tiene el potencial de causar daños a las personas, el medio ambiente o los bienes.

Damange(daño): 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.

Risk (riesgo): Combinación de la probabilidad y las consecuencias de la materialización de un peligro.

HAZID (Hazard Identification): técnica estructurada y sistemática utilizada para identificar los peligros, evaluar los riesgos y controles de una instalación, actividad o proceso industrial.

HAZOP (Hazard Operation and Process): técnica estructura de análisis de riesgos que permiten identificar peligros potenciales y problemas operacionales en los procesos químicos, generalmente documentados a través de diagramas de procesos e instrumentación (P&ID).

Consequence Exposition Likelihood: El método CEL (acrónimo inglés de Consecuencia, Exposición y Probabilidad) consiste en una evaluación cualitativa del riesgo: