



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de Riesgos de
Procesos de la Instalación de
Gasoducto de la Plataforma
de Perforación-A hacia la
Plataforma-B**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de

Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

Brian Alexis Gutiérrez Escobar

ASESOR DE INFORME

Ing. Victoriano Angüis Terrazas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Dios agradezco cada día que estás conmigo fortaleciendo mi mente, cuerpo y alma. Este camino sería complicado sin ti, gracias por otorgarme unos padres increíbles que me llenan de amor y me demuestran que todas las personas podemos cambiar para ser mejores seres humanos.

A mis padres Emmanuel Gutiérrez Moyo y Loreli Socorro Escobar Salgado gracias por darme la vida y brindarme las herramientas necesarias para salir adelante. Gracias por escucharme cuando las cosas son un nuevo reto para mí, a pesar de no saber cómo manejar ciertas situaciones siempre buscaron la mejor manera de estar presentes.

A mis hermanas Galilea Gutiérrez Escobar e Isabella Gutiérrez Escobar... ¿Qué sería de mi vida sin mis increíbles hermanas? Gracias por ser mis hermanas, la vida a su lado solo es risas, amor y cosas buenas. Sus abrazos son medicina para el corazón, nunca olviden que pase lo que pase estoy para apoyarlas incondicionalmente.

A mis abuelitos: Alberto, Soledad y Socorro gracias por consentirme en cada momento, llenarme de amor y siempre recibirme de la mejor manera en sus casas, solo quisiera pedirle a Dios que fueran eternos.

A mis hermanos de otra madre: Edher, Edson, Eduardo, Juan, Javier, Leonel, Pablo. Con ustedes me queda claro que la vida sin amigos no es vida, gracias por estar.

A todos ustedes compañeros de vida, y a los que me faltó nombrar (y vaya que son muchos), les digo desde el fondo de mi corazón ¡gracias!



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma De México, por proporcionarme las herramientas necesarias para mi preparación profesional, primero a la facultad de ingeniería y a todos los profesores que me brindaron de su conocimiento y paciencia en toda esta trayectoria.

Al Ing. Victoriano Angüis Terrazas, director de proyecto por su confianza, apoyo colaboración y aportación intelectual en la elaboración del presente documento; para la Dra. Iza Canales García, Lic. Carlos Aurelio Bernal Esponda, Ing. Miguel Ángel López Carrillo, M.C. Víctor Juan López Hernández por su valiosa aportación en la evaluación del proyecto.

Agradecer por el apoyo del personal de la empresa Territorio y Medio Ambiente, al Sr. Iván Rivas Gutiérrez por permitirme formar parte del equipo y realizar el presente proyecto, compartir su gran conocimiento y valioso tiempo conmigo.



ÍNDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | ANTECEDENTES..... | 11 |
| 2 | DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 3 | METODOLOGÍAS UTILIZADAS | 13 |
| 3.1 | Análisis preliminar de riesgo | 13 |
| 3.2 | Análisis de riesgo cualitativo | 14 |
| 3.2.1 | Metodología HAZOP | 14 |
| 3.2.2 | Metodología What If...? (¿Qué pasa sí?) | 18 |
| 3.2.3 | Jerarquización de riesgos..... | 19 |
| 3.3 | Análisis de riesgo cuantitativo..... | 23 |
| 3.3.1 | Método de los árboles de eventos (o sucesos)..... | 23 |
| 3.4 | Análisis de consecuencias..... | 25 |
| 4 | RESULTADOS del ANÁLISIS. | 48 |
| 4.1 | Método Cualitativo de Riesgos | 48 |
| 4.2 | Análisis Cuantitativo de Riesgo..... | 61 |
| 4.2.1 | Análisis de Frecuencias | 61 |
| 4.3 | Representación en los planos de los radios potenciales de afectación. ... | 73 |
| 4.4 | Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo | 80 |
| 4.5 | Requerimientos para la Administración de la Seguridad de los Procesos (ASP)..... | 84 |
| 4.6 | Recomendaciones emitidas para administrar los riesgos | 86 |
| 5 | CONCLUSIONES | 87 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Palabras guía más utilizadas en la metodología HazOp..... | 15 |
| Tabla 2. Clasificación por categorías de frecuencias. | 20 |
| Tabla 3. Clasificación por categorías de consecuencias..... | 20 |
| Tabla 4. Matriz de riesgo. | 22 |
| Tabla 5. Índices de riesgo..... | 22 |
| Tabla 6. Criterios para asignar diámetros de orificio. | 28 |
| Tabla 7. Criterios para asignar tiempos de fuga..... | 29 |
| Tabla 8. Criterios ambientales para simular los eventos de fuga. | 29 |
| Tabla 9. Criterios para simular los eventos de fuga..... | 30 |
| Tabla 10. Condiciones atmosféricas y climáticas del sitio. | 31 |
| Tabla 11. Estabilidad atmosférica de Pasquill. | 32 |
| Tabla 12. Condiciones de estabilidad atmosférica (Pasquill)..... | 32 |
| Tabla 13. Criterios de localización de los eventos. | 33 |
| Tabla 14. Criterios para asignar el diámetro de fuga. | 34 |
| Tabla 15. Condiciones de operación del gasoducto | 36 |
| Tabla 16. Composición del fluido de análisis y caracterización de gases. | 36 |
| Tabla 17. Zonas de riesgo por toxicidad, inflamabilidad y explosividad..... | 37 |
| Tabla 18. Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica. | 38 |
| Tabla 19. Efectos derivados de la sobrepresión..... | 39 |
| Tabla 20. Criterios para seleccionar el nivel de la explosión más idóneo, para el método multienergía (Kinsella). | 45 |
| Tabla 21. Nodos propuestos para el desarrollo del análisis de riesgos cualitativos (HazOp)..... | 48 |
| Tabla 22. Nodos propuestos para el desarrollo del análisis de riesgos cualitativos (What If..?). | 48 |
| Tabla 23. Valores para clasificar los escenarios de acuerdo con su Magnitud de Riesgo (MR)..... | 50 |
| Tabla 24. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (HazOp). | 51 |
| Tabla 25. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (What If...?). | 56 |
| Tabla 26. Lista de escenarios de riesgo identificados en el ARP. | 60 |
| Tabla 27. Frecuencia de fallo para tuberías de proceso. | 61 |
| Tabla 28. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados (Resultados para tuberías cálculo directo). | 62 |
| Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados. | 63 |
| Tabla 30. Condiciones de operación y montos de los flujos alimentados al programa de simulación Phast..... | 66 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



| | |
|---|----|
| Tabla 31. Radios por radiación térmica (Jet Fire)..... | 74 |
| Tabla 32. Radios por sobrepresión (UVCE)..... | 75 |
| Tabla 33. Radios por radiación térmica (Jet Fire)..... | 76 |
| Tabla 34. Radios por sobrepresión (UVCE)..... | 77 |
| Tabla 35. Radios por radiación térmica (Jet Fire)..... | 78 |
| Tabla 36. Radios por sobrepresión (UVCE)..... | 79 |
| Tabla 37. Reposicionamiento de escenarios de riesgo (Escenarios Simulados)... | 82 |
| Tabla 38. Resumen de Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo..... | 83 |
| Tabla 39. Lista de equipos críticos para la ASP. | 85 |
| Tabla 40. Recomendaciones del informe ARP..... | 86 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Imagen 1. Ejemplo de elementos de seguridad recomendados en API-RP-14C..... | 13 |
| Imagen 2. Desarrollo de la metodología HazOp..... | 16 |
| Imagen 3. Zona de riesgo Jet Fire..... | 74 |
| Imagen 4. Zona de riesgo Sobrepresión..... | 75 |
| Imagen 5. Zona de riesgo Jet Fire..... | 76 |
| Imagen 6. Zona de riesgo Sobrepresión..... | 77 |
| Imagen 7. Zona de riesgo Jet Fire..... | 78 |
| Imagen 8. Zona de riesgo Sobrepresión..... | 79 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



GLOSARIO DE UNIDADES

| | |
|--|---------------------------------|
| Kw/m² | Radiación Térmica (RT) |
| m/s o km/h | Velocidad del viento |
| F | Estabilidad |
| °C | Temperatura (Celsius) |
| % | Porcentaje |
| DEF | Diámetro equivalente de fuga |
| kg/h | Flujo masico (Fm) |
| kg | Inventario de fuga (IF) |
| t | tiempo |
| kg/m³ | Densidad (ρ) |
| kg/cm², psi, pascales, bares | Presión |
| Ø | Diámetro de la tubería |
| Ocasiones/m-Año | Frecuencia de fallo en tuberías |
| Eventos/Año | Frecuencia de ocurrencia |
| m³/h | Flujo volumétrico |
| kg/s | Tasa de descarga |
| ppm | Partes por millón |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



INTRODUCCIÓN

El presente Análisis de Riesgos de Procesos se realizó, cumpliendo con los estándares de la “Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los proyectos e Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción” “GO-SS-TC-0002-2020 Ver. 2da”, la etapa en la que se desarrolla el ARP “Proyecto de una Instalación / Proceso de Explotación de hidrocarburos con la ingeniería de detalle. (5.3.5)”, dando a conocer el proceso que se debe realizar indicado por PEMEX Exploración y Producción para realizar un Análisis de Riesgo de Proceso para la construcción de un gasoducto de la Plataforma de Perforación-A en dirección a la Plataforma-B.

Con el objetivo de identificar, entender, evaluar y controlar los riesgos asociados al proyecto para emitir recomendaciones que apoyen a mejorar los mecanismos de protección y acciones preventivas y/o reactivas para minimizar, mitigar y/o controlar algún evento indeseado (fuga, ruptura, incendio) realizar un buen análisis para posteriormente realizar una correcta instalación.

Se realizaron dos tipos de análisis:

Análisis de riesgo cualitativo: Incluye metodologías HazOp y What If...?, donde se identifican las principales desviaciones durante el proceso de operación, con el fin de analizar los riesgos del proceso mediante la matriz de riesgo obteniendo el riesgo inherente (no incluye salvaguardas), riesgo diseño/residual (incluye salvaguardas). Con el propósito de obtener condiciones de operación favorables, ALARP (As Low As Reasonably Practicable) o tolerables.

Procediendo a estudiar los escenarios críticos a los cuales se les realiza un análisis de riesgo cuantitativo, estos serán comparados en una tabla de clasificación de frecuencias en donde tendremos como resultado con qué frecuencia sucedería el evento, los escenarios de riesgo posteriormente serán simulados (PHASt) obteniendo sus radios de afectación por radiación térmica y sobrepresión, los cuales serán representados en un diagrama de pétalos.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Análisis de riesgo cuantitativo: Utilizan datos numéricos y modelos matemáticos para estimar la probabilidad y el impacto de los riesgos potenciales, los utilizados en el presente estudio son: árboles de fallos y árboles de eventos (o sucesos.).

Posterior a los análisis se atenderán las recomendaciones solicitadas ya que son de suma importancia para complementar la instalación del gasoducto, donde obtendremos costos de equipo, atención y aplicación de las recomendaciones. Quedando a consideración de la MACT si serán aplicadas o serán consideradas como áreas de oportunidad de acuerdo con lo establecido en la Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción GO-SS-TC-0002-2020 versión segunda.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



OBJETIVO

Identificar las posibles contingencias del proyecto gasoducto en la Sonda de Campeche mediante las metodologías Hazop y What If?, para poder clasificar los posibles riesgos, determinando para tal fin, en función al riesgo, las medidas, para prevenir, controlar y mitigar, en caso de ocurrencia, los controles asociados en el proyecto, y de esa forma, mantener el proceso en un estado seguro, apoyando y mejorando las acciones y mecanismos de protección, para evitar algún evento no deseado, como lo son, fugas, derrames, rupturas, incendios, explosiones, para de esa manera, administrar el mencionado proyecto y su respectiva ejecución, así mismo, identificar los eventos que propicien incidentes o accidentes y las respectivas consecuencias del evento, para jerarquizarlos, todo ello, a través, de la Matriz de riesgos, basada en la guía operativa GO-SS-0002-2020. Rev.02.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



1 ANTECEDENTES

Los campos ubicados en la Sonda de Campeche, la producción de gas es enviada al Centro de Proceso para su procesamiento y posterior envío a tierra a través de dos ductos principales de 24 Ø; debido a la falta de limpieza interna de la red actual de ductos desde su puesta en operación (hace más de 24 años) y al riesgo existente de presencia de fugas por desgaste y corrosión interna, o sufriera de alguna afectación por terceros, para cumplir con el tipo de vida contractual del proyecto. Concluyendo que continuar con esa red de ductos no es rentable, se tiene programada la construcción de un nuevo ducto. Bajo este esquema de producción es necesario la construcción de un nuevo gasoducto de 8" x 8.2 km, la interconexión en la PP-A será en la salida del paquete de regulación y acondicionamiento de gas combustible, incluyendo trampa de diablos y válvula SDV-4360 bajara por la estructura de la plataforma donde el ducto se encontrara con abrazaderas con un tirante de agua de 47.8 metros, a la llegada de la interconexión submarina el ducto estará enterrado a 1 metro de profundidad recorriendo 8.2 km aprox. hasta la llegada de la PP-B con un tirante de agua de 50.4 metros en la interconexión se tendrá el paquete de regulación y acondicionamiento de gas combustible, incluyendo trampa de diablos y SDV-2100, para así cumplir el suministro de gas combustible y alimentación de los Generadores Eléctricos en la Plataforma B lo cual brindara la energía eléctrica requerida por los equipos de Bombeo Electro centrifugo de los pozos y servicios auxiliares, esto con la finalidad de tener procesos seguros y confiables, que no pongan en riesgo al personal o la productividad de las instalaciones evitando así pérdidas económicas para el campo.

Referencia: Urbina J. (2022). Bases de diseño (Multidisciplinario) Gasoducto de 8" Ø x 8.2 km Aprox. de la plataforma Akal-B/Perforación (PP-AB-1) hacia la plataforma Ek-A. Pag. 6.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El proyecto del Gasoducto se ejecutó debido a que los ductos ubicados en la Sonda de Campeche contaban con un gran desgaste, ya que el riesgo existente era de presencia de fugas por desgaste y corrosión interna, lo cual ponía en peligro las operaciones aumentando la probabilidad de un evento no deseado (pérdidas de contención, paro de producción, pérdidas económicas) por lo cual se implementa un nuevo gasoducto de 8" x 8.2 km. Para realizar las operaciones de manera segura y efectiva, adicional al desarrollo de la ingeniería, estándares y buenas prácticas es necesario realizar un Análisis de riesgos de procesos en cumplimiento de la norma establecida en el sistema de administración de riesgos de PEMEX. La instalación de un nuevo ducto se realizó desarrollando las etapas de ingeniería básica y de ingeniería detalle siguiendo lo indicado en la guía operativa GO-SS-TC-0002-2020 Rev. 2, Apartado 5.3.5, Pág. 33. Para tal efecto, dentro de los alcances de este estudio es imprescindible: identificar las posibles contingencias, así como establecer, en caso de ocurrencia, la mitigación de los riesgos, aplicando la metodología HazOp y What If?, Evaluando cualitativamente estas desviaciones, mediante las metodologías seleccionadas y evaluar cuantitativamente la frecuencia de los escenarios identificados y posicionados como riesgo intolerable.



3 METODOLOGÍAS UTILIZADAS

3.1 Análisis preliminar de riesgo

Para el proyecto del “Gasoducto”, como análisis preliminar de riesgos se utilizó de referencia el estándar establecido por la API (2001) “Prácticas Recomendadas para el Análisis, Diseño, Instalación y Prueba de Sistemas de Seguridad Superficiales para Plataformas de Producción Costa fuera” API-RP14C, del cuales se aplica la lista de verificación indicada en este estándar, para la etapa de diseño del proyecto “Gasoducto”. Dicha lista presenta un análisis completo de seguridad de cada componente del proceso. En la imagen 1 se tiene como ejemplo algunos componentes para el análisis:

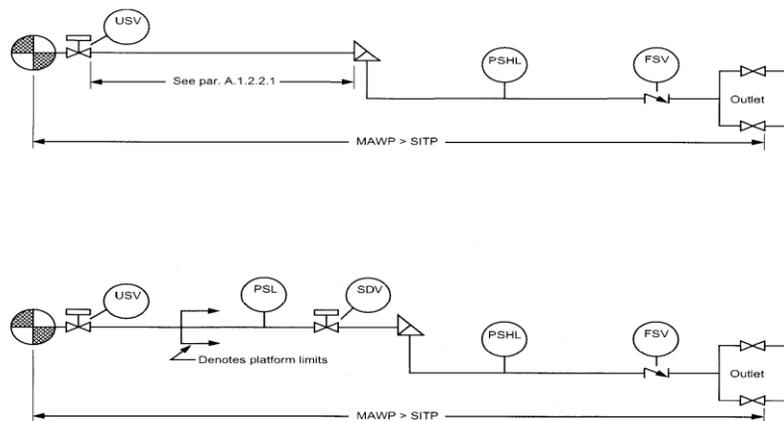


Imagen 1. Ejemplo de elementos de seguridad recomendados en API-RP-14C.

Referencia: API RECOMMENDED PRACTICE 14C. (2001). Underwater Wellhead Flow Lines. Pág. 20.

El detalle de la aplicación de la Lista de Verificación API RP-14C, se presenta en el anexo de este estudio.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



3.2 Análisis de riesgo cualitativo

Para el desarrollo del Análisis Cualitativo de Riesgo se utilizó de referencia (IEC 61882, 2016) señala que la metodología de Análisis de Peligros y Operabilidad, también conocido por sus siglas en inglés HazOp, para los procesos principales de la plataforma, en tanto que para los peligros naturales y corrida de diablo se ha empleado la metodología What If...? (o ¿Qué pasa sí...?).

Los objetivos de la revisión de potenciales riesgos de las instalaciones son:

- Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
- Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
- Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

3.2.1 Metodología HAZOP

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).

Con el propósito de identificar y analizar los escenarios que representen peligro para la instalación del gasoducto y los componentes que lo conforman del proceso principal. Identificando los escenarios de alto riesgo, y con la instrumentación de control implementada por el área de ingeniería para poder disminuir a un riesgo ALARP en caso de presentarse algún escenario de esta magnitud.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Las desviaciones establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que establecen el tipo de desviación esto de acuerdo con lo establecido por (IEC 61882, 2016). La cual describe también la terminología utilizada para este tipo de estudios. En la tabla 1 se muestran ejemplos de palabras guía más utilizadas.

Tabla 1. Palabras guía más utilizadas en la metodología HazOp.

| Palabras guía | |
|----------------------|--------------------------------|
| No/ninguna | Negación del intento de diseño |
| Más | Incremento cuantitativo |
| Menos | Decremento cuantitativo |
| Además de | Incremento cualitativo |
| Parte de | Decremento cualitativo |
| Inversa | Opuesto lógico del intento |
| Otro que | Sustitución completa |

Referencia: IEC 61882 (2016). International Standard. Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide. Pág. 71.

Como se mencionó anteriormente, cuando las palabras guía se combinan con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Las hojas de trabajo correspondiente a la aplicación de la metodología HazOp para el proyecto pueden ser consultadas a detalle en el anexo de este estudio.

En la imagen 2 se muestra en un diagrama como se realiza el proceso de la metodología HazOp.

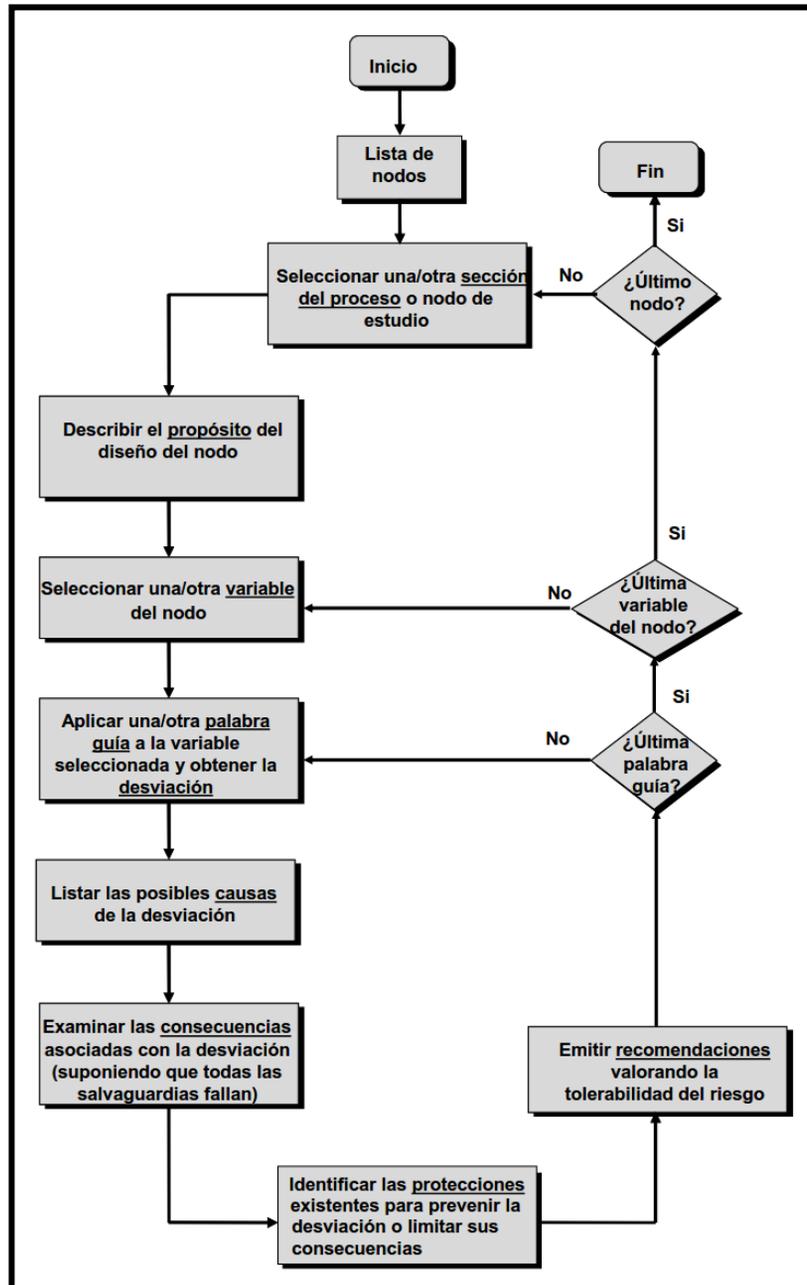


Imagen 2. Desarrollo de la metodología HazOp.

Referencia: PEMEX. (2015) Guías técnicas para realizar análisis de riesgos de proceso. Clave: 800-16400-DCO-GT-75. Rev. 2. Pág. 83.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Terminología utilizada en el estudio HazOp.

Durante el desarrollo de un trabajo mediante la metodología HazOp, se utilizan varios términos con significado especial:

- **Nodo:** Son los puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experiencia que se tenga del proceso).
- **Parámetro:** Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan que está sucediendo.
- **Intención:** La intención define como se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.
- **Palabra Clave:** Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para describir desviaciones.
- **Desviación:** Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.
- **Causas:** Experiencia por la cual la desviación puede suceder. Ejemplos: falla de equipos, error humano, factores externos.
- **Consecuencias:** Resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones en forma de pregunta realizada, (por ejemplo: una liberación de material tóxico).
- **Salvaguardas:** Mecanismos y/o controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de la desviación.
- **Recomendaciones:** Implementaciones por el grupo multidisciplinario en caso de que las salvaguardas carezcan de efectividad.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



De acuerdo con la información mencionada anteriormente, se decidió realizar el análisis por esta metodología, ya que es una herramienta eficaz al momento de identificar y evaluar los riesgos asociados al proceso.

Para conocer más al respecto sobre la metodología HazOp podemos consultar la bibliografía utilizada para la elaboración de este proyecto (International Electrotechnical Commission 61882, 2016)

3.2.2 Metodología What If...? (¿Qué pasa sí?)

La técnica denominada ¿Qué pasa sí? tiene el objetivo de lograr la determinación de las posibles desviaciones de una instalación durante alguna de sus etapas principales.

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, construcción, modificaciones y operación, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: "¿Qué pasaría sí?".

La recomendación para esta metodología es dividir la totalidad de un proceso en subsistemas, de tal forma que se pueda hacer un análisis más ordenado y exhaustivo de cada una de las etapas del proceso. Se puede aplicar a cualquier instalación o área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc.

Para el caso del proyecto "Gasoducto". Se aplicó a los peligros naturales y la corrida de diablos. El uso de la metodología What If...? para identificar los riesgos, es acorde con lo indicado en el apéndice A de la NOM-009-ASEA-2017

En el desarrollo de la metodología ¿Qué pasa sí?, a la desviación se le deben conjuntar las siguientes columnas:



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



- **Consecuencias:** Resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones en forma de pregunta realizada, (por ejemplo: una liberación de material tóxico).
- **Salvaguardas:** Mecanismos y/o controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de la desviación.
- **Recomendaciones:** Implementaciones por el grupo multidisciplinario en caso de que las salvaguardas carezcan de efectividad.

3.2.3 Jerarquización de riesgos

Para la Jerarquización de riesgos de este proyecto fue en referencia a la (Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción, 2020) donde se refiere a la frecuencia (F) ocurrencia de este suceso y su consecuencia (C) ya sea daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción. Con el propósito de localizar los escenarios de riesgo más graves que se puedan identificar en la instalación.

La jerarquización se realiza con apoyo de un grupo multidisciplinario, basándose en su experiencia con qué frecuencia pueden suscitarse estos escenarios identificados y la consecuencia al: personal, población, instalación, ambiente y perdidas de producción

Para la asignación de los valores de frecuencia (F) se tiene como referencia la tabla 2 y para la consecuencia (C) se cuenta con la tabla 3, las cuales se emplean para formar la jerarquización de riesgos de los escenarios definidos.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 2. Clasificación por categorías de frecuencias.

| Categoría de frecuencia | Tipo | Descripción de la frecuencia de ocurrencia | Frecuencia / Año |
|-------------------------|---------------------|--|---|
| F6 | Muy frecuente | Ocurre una o más veces en un año. | ≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$) |
| F5 | Frecuente | Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años. | ≥ 0.2 a < 1.0 ($\geq 2 \times 10^{-1}$ a $< 1 \times 10^0$) |
| F4 | Poco Frecuente | Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años. | ≥ 0.1 a < 0.2 ($\geq 1 \times 10^{-1}$ a $< 2 \times 10^{-1}$) |
| F3 | Raro | Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 10 años. | ≥ 0.01 a < 0.1 ($\geq 1 \times 10^{-2}$ a $< 1 \times 10^{-1}$) |
| F2 | Muy raro | Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación. | ≥ 0.001 a < 0.01 ($\geq 1 \times 10^{-3}$ a $< 1 \times 10^{-2}$) |
| F1 | Extremadamente raro | Es posible que ocurra, pero a la fecha no existe ningún registro. | ≥ 0.0001 a < 0.001 ($\geq 1 \times 10^{-4}$ a $< 1 \times 10^{-3}$) |

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 126.

Tabla 3. Clasificación por categorías de consecuencias.

| Categoría | Daños al personal | Efecto en la población | Impacto ambiental | Pérdida o diferimiento de producción [Millones de USD] | Daños a la instalación [Millones de USD] |
|-----------|--|--|---|--|--|
| 6 | Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades | Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades | Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana. | >500,000,000 | >500,000,000 |
| 5 | Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades | Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades | Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de un día hasta 1 semana. | >50,000,000 a 500,000,000 | >50,000,000 a 500,000,000 |
| 4 | Lesiones o daños físicos con atención medica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad | Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización. | Se presentan fugas y/o derrames con efecto fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas. | >5,000,000 a 50,000,000 | >5,000,000 a 50,000,000 |
| 3 | Lesiones o daños físicos que requieren atención medica que puedan generar una incapacidad. | Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evaluación y existe la posibilidad de lesiones o | Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora. | >500,000 a 5,000,000 | >500,000 a 5,000,000 |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 3. Clasificación por categorías de consecuencias.

| Categoría | Daños al personal | Efecto en la población | Impacto ambiental | Pérdida o diferimiento de producción [Millones de USD] | Daños a la instalación [Millones de USD] |
|------------------|---|--|--|---|---|
| | | daños físicos. | | | |
| 2 | Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica. | Ruido, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación. | Fugas, y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato. | >50,000 a 500,000 | >50,000 a 500,000 |
| 1 | No se esperan lesiones o daños físicos | No se esperan impactos lesiones o daños físicos. | No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos | <50,000 | <50,000 |

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 127.

Una vez llevada a cabo la ponderación de los escenarios, se determina el nivel de riesgo mediante la intersección de la categoría de frecuencia por las categorías de consecuencia. Con lo cual, se identifican lo escenarios que poseen una mayor importancia en función del riesgo que representan de acuerdo con la siguiente matriz de riesgo, mostrada en la tabla 4.

Nota: esta matriz de riesgo mostrada en la tabla 4 aplica para daño al personal, a la producción/instalación, al ambiente y a la población.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 4. Matriz de riesgo.

| | | Consecuencia | | | | | |
|------------------|-----|--------------|----|----|----|----|----|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| Frecuencia / año | F 6 | C | B | A | A | A | A |
| | F 5 | C | C | B | B | A | A |
| | F 4 | D | C | C | B | B | A |
| | F 3 | D | C | C | C | B | A |
| | F 2 | D | D | C | C | C | B |
| | F 1 | D | D | D | D | C | C |

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 129.

En la Tabla 5 se describe cada uno de los índices de riesgo que contiene la matriz de riesgo anterior:

Tabla 5. Índices de riesgo.

| Índice de riesgo | Jerarquización / Aceptación | Descripción |
|------------------|--|---|
| A | Riesgo No tolerable (Región Roja) | El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas durante el diseño y/o construcción del proyecto de exploración y/o explotación. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo "No Tolerable para PEP, se deberá realizar una administración de riesgos por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo tipo "D". |
| B | Riesgo indeseable (Región Naranja). | El riesgo se requiere se implementen acciones inmediatas durante el diseño y/o construcción del proyecto de exploración y/o explotación. Un riesgo tipo "B" representa una situación de riesgo indeseable para PEP se deberá realizar una administración de riesgo por medio de controles de ingeniería hasta reducirlo a tipo "C" y en el mejor de los casos hasta riesgo tipo "D" |
| C | Riesgo Aceptable con controles o Riesgo ALARP (As Low As Reasonably Practicable) | El riesgo permite que se implementen acciones correctivas y preventivas, pero se puede administrar las acciones durante las siguientes etapas del proyecto. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo aceptable siempre y cuando se establezca controles permanentes de ingeniería. En caso de identificar un Riesgo Tipo C, se debe emplazar al Centro de Trabajo |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 5. Índices de riesgo.

| Índice de riesgo | Jerarquización / Aceptación | Descripción |
|------------------|---------------------------------|---|
| | | responsable del Proyecto por un periodo de 60 días naturales, con la finalidad de establecer acciones correctivas y preventivas que deben implementarse para la reducción de Riesgo a tipo D. |
| D | Riesgo Tolerable (Región verde) | El riesgo no requiere de acciones inmediatas, es de bajo impacto y puede programarse su atención y reducción conjuntamente con otras actividades durante el diseño y/o construcción si así lo considera la MACT. Un riesgo Tipo "D" representa una situación de riesgo "Tolerable" para PEP, la atención de las recomendaciones emitidas para la administración de los riesgos identificados serán consideradas como áreas de oportunidad las cuales quedarán a consideración de la MACT su atención. |

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 137-139.

3.3 Análisis de riesgo cuantitativo.

3.3.1 Método de los árboles de eventos (o sucesos).

Para el análisis de riesgo cuantitativo se utilizó la metodología de árboles de eventos o análisis de secuencia de sucesos (Protección Civil España, 1994). señala que es un método inductivo que describe de forma cualitativa y cuantitativa la evaluación de un suceso iniciador hasta el accidente final en función de las características del iniciador, del entorno y de los sistemas de protección.

Partiendo del fallo inicial o iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a los posibles eventos. La construcción y evaluación del árbol comienza por la identificación de los factores condicionantes y sus probabilidades de ocurrencia (éxito/fallo) de cada uno de ellos (incluso, si es preciso, recurriendo a un árbol de fallos).

A continuación, se colocan cada uno de los N factores identificados como cabezales y partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente para cada uno de ellos dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso (con probabilidad P) y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia del suceso

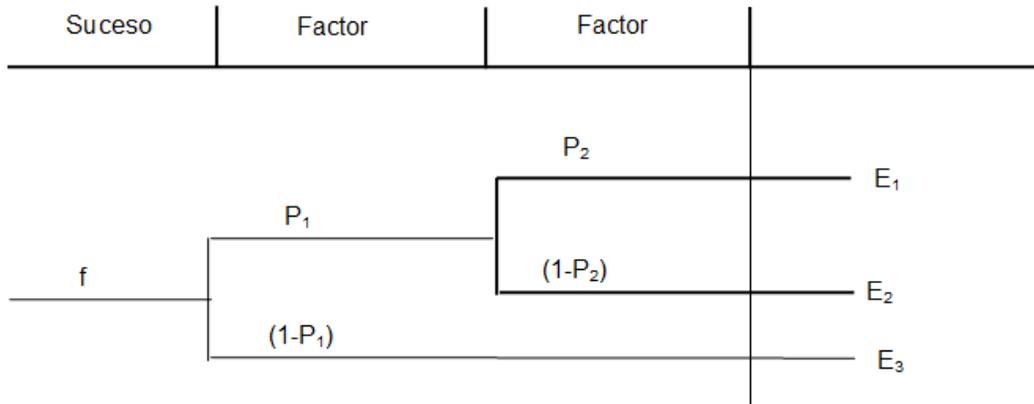


ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



(probabilidad 1-P).

El árbol de sucesos representado a continuación pretende ilustrar su construcción y evaluación:



Referencia: Protección Civil España (1994).Guía Técnica, Métodos Cuantitativos para el análisis de riesgos.

Dónde:

f = frecuencia del suceso iniciador

P_i = probabilidad de ocurrencia (éxito) del suceso i

$1-P_i$ = probabilidad de no ocurrencia (fallo) del suceso i

fE_i = frecuencia del evento E_i , con

$$fE_1 = f \cdot P_1 \cdot P_2$$

$$fE_2 = f \cdot P_1 \cdot (1-P_2)$$

$$fE_3 = f \cdot (1-P_1)$$

Para un determinado evento se suman las frecuencias de las distintas secuencias que conducen a él. En el Anexo de este estudio se localiza el Análisis Frecuencial.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



3.4 Análisis de consecuencias.

El análisis de consecuencias es realizar la evaluación y determinación de los valores de afectación por eventos de Jet Fire y de ondas de sobrepresión, donde el tiempo se emplea para determinar valores de la exposición a la RT (Radiación Térmica) medida en Kw/m² y la distancia, para las explosiones cuyo fin es determinar el nivel (intensidad) de las ondas de sobrepresión (explosión) medido regularmente en PSI (lb/in²), para los escenarios que pueda generarse por el desarrollo de algunos de los eventos indeseables identificados en el HazOp, con los resultados de la evaluación de los escenarios propuestos para determinar los requerimientos de material ignífugo o protección pasiva para la protección del personal, equipos, equipos críticos, cuartos de control y rutas de escape en las plataformas.

Para esta evaluación se pueden presentar dos tipos de fenómenos, los cuales son:

- Fenómenos del tipo mecánico: ondas de presión.
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica.

En el análisis de consecuencia se evalúan los siguientes tipos de accidentes potenciales que pueden suscitarse en el gasoducto:

- Fugas incontroladas de sustancias peligrosas: gases en conducciones.
- Dardos de fuego o "Jet Fire".
- Deflagraciones no confinadas de nubes de gases inflamables o "UVCE"

Normalmente, un accidente de estas características se produce a partir de algún suceso menor que trae como consecuencia la pérdida de contención de algún recipiente, depósito o tubería que contiene alguna sustancia, lo que produce la fuga o derrame de esta sustancia al exterior. También es posible un incendio previo o simultáneo a una fuga o incluso, una explosión previa a la fuga o al incendio. No obstante, en la mayoría de los



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



casos el primer suceso consiste en una fuga incontrolada de producto.

Para el Análisis de Consecuencias de los accidentes identificados en el proyecto: “Gasoducto” se utilizó el software **Phast (Process Hazard Analysis Software Tool)** de DNV, que implementa diferentes algoritmos matemáticos y modelos de fuga, dispersión, incendio, explosión, etc.

El software Phast es una herramienta para análisis de riesgos de procesos que permite predecir las consecuencias de inflamabilidad, explosividad y toxicidad a partir de:

- Descargas atmosféricas de diseño y rutinarias.
- Descargas atmosféricas accidentales y peligrosas.

Los modelos de descarga consideran:

- Flujo de líquidos, gases o de dos fases.
- Materiales individuales o mezclas.
- Comportamiento estable o dependiente del tiempo.

Los modelos de inflamabilidad predicen:

- Niveles de radiación.
- Niveles de sobrepresión.

Los modelos incluyen:

- Dardos de fuego.
- Explosiones de nubes de vapor.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Los criterios y los datos operativos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, para cada uno de los escenarios identificados para el proyecto “**Gasoducto**” se podrán observar al final de este capítulo, así mismo los resultados de obtenidos a partir de la simulación con el software Phast, las cuales para mayor referencia o consulta, se mostrarán en el Anexo de este estudio.

Es importante señalar que en apego a lo descrito en la bibliografía utilizada para la elaboración del estudio: PEMEX. (2020). Guía operativa para realizar análisis de riesgo de procesos en los proyectos y/o instalaciones de Pemex Exploración y Producción., así como del documento denominado PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. A continuación, podrá observarse la tipificación de escenarios en de acuerdo con lo siguiente:

Peor caso. – Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites de toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo con los criterios para definir las zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación.

Caso más probable. – Con base en la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancias peligrosas, que tienen la mayor probabilidad de ocurrir.

Caso alterno. – Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancias peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso o el escenario de mayor Riesgo identificado en la Evaluación de Riesgo Inherente.

En los apartados siguientes podrán observarse los criterios utilizados para le evaluación



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



de consecuencias, mismos que se encuentran en apego a los lineamientos antes señalados.

Criterios utilizados para determinar diámetro de orificio y tiempos de fuga, así como la descripción de los escenarios.

Tal como lo indica el documento PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Para determinar los diámetros de fugas se seguirá el siguiente criterio:

En la tabla 6 se muestran los criterios para asignar lo diámetros de orificio y en la tabla 7 mostramos los tiempos de fuga sin embargo para este proyecto “Gasoducto” se considera el tiempo de 10 segundos establecido en la hoja de datos de la válvula SDV.

Tabla 6. Criterios para asignar diámetros de orificio.

| | | | |
|-------------------|---------------------------------|---|--|
| Peor caso | Tóxicas | En forma de gas: Fuga total del inventario en 10 minutos (1). En forma líquida: Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto. (2) | Condiciones ambientales y Tipo B área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. |
| | Inflamable explosiva | Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto. | Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos. |
| Caso alterno | Tóxica e inflamables explosivas | Condiciones ambientales y Tipo de área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. | |
| Caso más probable | Tóxica e inflamables explosivas | Diámetro equivalente de fuga. Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos y activos. | |

(1) Para este estudio, se considera un tiempo de fuga de 10 segundos de acuerdo con la reacción del actuador de las válvulas SDV. (Fuente: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE VÁLVULA DE CORTE SDV Y ACTUADOR, PP-A).

(2) Considerar que la fuga ocurre al nivel del piso. Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos, con clave DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev. 1. Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 11.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 7. Criterios para asignar tiempos de fuga.

| Sistemas automáticos | Tiempo de control | Tiempo de fuga | Fuente |
|--|--|----------------|---|
| Detección de fuga con sistema automático de bloqueo (totalmente automático) | El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 2 minutos | 2 minutos | Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004, pág. 4.5. |
| Sistema de bloqueo a control remoto y detección de fuga automático. Detección directa a cuarto de control. El operador valida la señal y el cierre se realiza por un switch en el cuarto de control. | El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 10 minutos | 10 minutos | |
| Sistema de bloqueo operado manualmente con detección automática de fuga. El operador valida la señal y realiza el cierre de válvulas de bloqueo de manera local y manual. | El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 30 minutos. | 30 minutos | |

Nota: (1) Para este estudio, se considera un tiempo de fuga de 10 segundos de acuerdo con la reacción del actuador de las válvulas SDV. (Fuente: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE VÁLVULA DE CORTE SDV Y ACTUADOR, PP-A).

Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.

Tabla 8. Criterios ambientales para simular los eventos de fuga.

| Para: | Peor Caso | Caso más probable | Caso alternativo |
|-----------------------------------|--|---|------------------|
| Temperatura ambiente/ humedad | | | |
| Sustancias tóxicas | Utilizar la temperatura máxima alcanzada en los últimos tres años y la humedad relativa promedio en este mismo periodo. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%. | Utilizar la temperatura ambiente y humedad relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%. | |
| Sustancias inflamables explosivas | Utilizar la temperatura ambiente y humedad relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%. | | |
| Presión atmosférica | | | |
| La correspondiente en el sitio. | | | |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 21.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material.

Debe elegirse una combinación de condiciones meteorológicas, de acuerdo con la velocidad y dirección del viento a la estabilidad atmosférica en el sitio (Condiciones de Pasquill), de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla 9. Criterios para simular los eventos de fuga.

| Para: | Peor Caso | Caso más probable | Caso alterno |
|--|---|--------------------------|---------------------|
| Sustancias tóxicas, inflamables y explosivas. | Se requiere utilizar las siguientes dos combinaciones de velocidad del viento y estabilidad de Pasquill: 1.5 m/s y categoría F y 2.0 m/s y categoría F. Sin embargo, si se puede demostrar, con base a datos meteorológicos de los tres últimos años, que la velocidad mínima del viento en el sitio es mayor que 1.5 o 2.0 m/s y que la estabilidad atmosférica es menos estable que la categoría F o D, utilizar estos datos para las simulaciones. | | |
| | Para la dirección del viento, utilizar la dirección promedio del viento en el sitio, en base a registros de los últimos tres años. | | |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 22.

Las condiciones ambientales que imperan en la zona donde se desarrollará el proyecto “**Gasoducto**”, se muestran en la Tabla 10 por lo que en apego a tal información se dará validez respecto a las condiciones climatológicas del sitio para llevar a cabo la evaluación de consecuencias a través del software Phast, Así mismo, se considera necesario tomar como base el realizar la evaluación de consecuencias bajo las condiciones más críticas de velocidad del viento y estabilidad (1.5 m/seg./F) señaladas como condiciones más desfavorables.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



En la tabla 10 se muestran las condiciones atmosféricas y climáticas del sitio las cuales serán utilizadas posteriormente para las simulaciones de los escenarios de riesgo resultantes.

Tabla 10. Condiciones atmosféricas y climáticas del sitio.

| Parámetro: | Especificación: | Valor |
|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| TEMPERATURA | Máxima extrema | 37.3 °C |
| | Mínima Extrema | 20.7 °C |
| | Media anual | 28.56 °C |
| VIENTOS | Dominantes | Este, SurEste |
| | Reinantes: | 17.0 km/h |
| | Dominantes por nortes (máxima) | 10-30 km/h |
| | Reinantes todo el año | NorEste, SurEste |
| | Velocidad Promedio. Anual | 17 km/h |
| HUMEDAD RELATIVA | Máxima | 100% |
| | Mínima | 0% |
| | Promedio | 87.51% |
| PRECIPITACIÓN PLUVIAL | Anual media: | 0.02147 mm |

Referencia: BASES DE DISEÑO. 7084-AKAL-B-CR-GEN-001, Rev. 1.

Estabilidad Atmosférica:

Para la elección del tipo de estabilidad atmosférica, se considera las tablas de estabilidad de Pasquill. La estabilidad de la atmósfera depende de la diferencia de temperatura entre una porción de aire y el aire que la rodea. Por consiguiente, se pueden producir diferentes niveles de estabilidad según cuán grande o pequeña sea la diferencia de temperatura entre la porción de aire y el aire circundante. La atmósfera puede ser estable, moderadamente estable, neutra, moderadamente inestable, inestable o muy inestable, estos niveles de estabilidad se clasifican en seis clases basadas en cinco categorías de velocidad del viento superficial, tres tipos de insolación diurna y dos tipos de nubosidad nocturna. Estos tipos de estabilidad se denominan clases de estabilidad Pasquill, incluidas en la Tabla 11. Como puede verse, las estabilidades A, B y C representan las



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



horas diurnas con condiciones inestables. La estabilidad D, los días o noches con cielo cubierto con condiciones neutrales. Las estabildades E y F, las condiciones nocturnas estables, y se basan en la cantidad de cobertura de nubes. Por consiguiente, la clasificación A representa condiciones de gran inestabilidad y la clasificación F, de gran estabilidad.

Tabla 11. Estabilidad atmosférica de Pasquill.

| Velocidad del viento superficial (m/s) | Radiación solar recibida | | | Cobertura de nubes nocturna | | |
|--|--------------------------|----------|--------|-----------------------------|---------------|--------------|
| | Fuerte | Moderado | Ligera | Delgada <3/8 | Moderada >3/8 | Nublada >4/5 |
| < 2 | A | A – B | B | - | - | D |
| 2 – 3 | A – B | B | C | E | F | D |
| 3 – 5 | B | B – C | C | D | E | D |
| 5 – 6 | C | C – D | D | D | D | D |
| > 6 | C | D | D | D | D | D |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 22.

En donde

Tabla 12. Condiciones de estabilidad atmosférica (Pasquill)

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



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 12. Condiciones de estabilidad atmosférica (Pasquill)

| Condición de Pasquill | Atmósfera | Condiciones esperadas en el sitio |
|-----------------------|-----------|-----------------------------------|
| | | de ligeros a moderados |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 22.

De las consideraciones mencionadas y de las tablas 11 y 12, se establece que el tipo de estabilidad a considerar en la evaluación de consecuencias será de estabilidad tipo B-C (Moderadamente inestable o 4.76/B-C) considerando una insolación moderada.

Tipos de área de localización de la instalación.

Este factor, en función de los obstáculos (árboles, edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables – explosivas.

Los criterios se pueden observar en la tabla 13 a continuación

Tabla 13. Criterios de localización de los eventos.

| Costa adentro | Costa afuera |
|--|----------------|
| Área rural. No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles. | Área marítima. |
| Área urbana. Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles. | - |
| Área industrial | - |
| Otra | - |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 21.

Como criterio general se considera un ambiente marino, ya que las instalaciones objeto de estudio se encuentran costa afuera.

Diámetro equivalente de fuga (DEF).

De manera general en el documento PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



de Petróleos Mexicanos. En el cual indica que para el caso de analizar eventos que involucren fugas en líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el diámetro equivalente de fuga que resulte de una estadística de fugas de los últimos cinco años, en caso contrario si no se cuenta con esta estadística, deben utilizarse los siguientes criterios mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14. Criterios para asignar el diámetro de fuga.

| | | |
|----------------------------------|---|--|
| Para el caso alterno | Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$ | DEF= 1.00 veces del diámetro nominal de la línea de proceso. |
| | Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$ | DEF= 0.30 veces del diámetro nominal de la línea de proceso. |
| | Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$ | DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso. |
| | Bridas | Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores ($1.0 \cdot (DN)$, $0.3 \cdot (DN)$ y $0.2 \cdot (DN)$) |
| | Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso | Para todos los tamaños de flechas DEF= Calcular con el 100% del área anular. |
| | Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso | Para todos los tamaños de vástagos DEF= Calcularlo con el 100% del área anular. |
| | El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de Análisis y evaluación de riesgos. | |
| Para el caso más probable | Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$ | DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso. |
| | Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$ | DEF= 0.6" por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura. |
| | Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$ | DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 16" a 24" DEF= 2.0" para DN mayores a 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura) |
| | Bridas | Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables. |
| | Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso | DEF= Calcularlo con el 40% del área anular que resulte. |
| | El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de análisis y evaluación de riesgos. | |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 26.

Nota: En el caso de nuevos proyectos, para fugas o derrames en línea de proceso o ductos, deben ser simuladas considerando el 20% del diámetro del ducto o línea y su ruptura total.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Inventario de Fuga.

Para determinar los inventarios de fuga que pudieran participar en los escenarios previamente identificados se tomará en cuenta la fórmula establecida en el documento referencia PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Los diversos sistemas de mitigación y control con que se cuenta para la operación del **Gasoducto**, así como el equipo que forma parte del del proyecto y con esto limitar la asignación de los tiempos previamente señalados para el control del evento para el cual se asignó un tiempo de 10 segundos para el caso de ruptura parcial o total del ducto (de acuerdo a al documento ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE VÁLVULA DE CORTE SDV Y ACTUADOR, PP-A).

En el caso de líneas de proceso y ductos, es la suma del inventario que se fuga más el inventario que se queda atrapado entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga y se calcula con la siguiente fórmula:

$$IF = (Fm \times t) + \left(\left(\left(\frac{\pi d^2}{4} \right) \times D \right) \times \rho \right)$$

Inventario final para escenarios de riesgo por fugas en ductos

- IF= Inventario de fuga (kg)
- Fm= Flujo másico (kg/seg)
- t= Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento.
- d= Diámetro de la tubería
- D= Distancia que existe entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga en el ducto.
- ρ = Densidad de la sustancia (kg/m³)



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Los inventarios de fuga estimados, así como los diversos criterios para realizar la evaluación de consecuencia podrán ser observados en la tabla 33.

Para el caso de la evaluación de consecuencias y en consideración del producto se estima la utilización del gas representativa, indicada en la tabla 16 así mismo, se señala que las condiciones representativas y de operación utilizada son las que se encontrará operando el **Gasoducto** de manera máxima, indicadas en la tabla 15.

Condiciones de operación.

Tabla 15. Condiciones de operación del gasoducto de la PP-A hacia la PP-B

| Variables de Operación | Máximo | Normal | Mínimo |
|------------------------------------|--------|--------|--------|
| Gasto de gas (MMPCSD) | 5.5 | 2.8 | 1.5 |
| Presión (kg /cm ² man.) | 75 | 30 | 20 |
| Temperatura (°C) | 35 | 25 | 20 |

Fuente: BASES DE DISEÑO. 7084-AKAL-B-CR-GEN-001, Rev. 1.

El ducto sólo operará como Gasoducto para el transporte de Gas Combustible con un contenido de H₂S de 0 % mol desde la Plataforma-A hacia la Plataforma-B.

Tabla 16. Composición del fluido de análisis y caracterización de gases.

| Componentes | %Mol |
|------------------|--------|
| N ₂ | 12.547 |
| CO ₂ | 0.016 |
| H ₂ S | 0.000 |
| C ₁ | 74.713 |
| C ₂ | 8.519 |
| C ₃ | 3.002 |
| i-C ₄ | 0.279 |
| n-C ₄ | 0.642 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 16. Composición del fluido de análisis y caracterización de gases.

| Componentes | %Mol |
|----------------|---------|
| i-C5 | 0.110 |
| n-C5 | 0.135 |
| C6+ | 0.037 |
| Total | 100.00 |
| Peso Molecular | 20.1370 |

Fuente: BASES DE DISEÑO. 7084-AKAL-B-CR-GEN-001, Rev. 1.

Consideraciones en la evaluación de consecuencias.

En la evaluación de consecuencias y para efectos de este estudio en la tabla 17 siguiente se puede observar los principales niveles de radiación o sobrepresión que serán estimados a través del modelo matemático de simulación Phast, con el objeto de verificar los niveles de afectación hacia la instalación (estructuras, equipos, etc.) que se encuentren cercanos al área del gasoducto derivado de la hipótesis o escenarios identificados.

Para definir y justificar las zonas de seguridad en torno a las instalaciones objeto de estudio se utilizaron los parámetros que se indican en la Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos.

Tabla 17. Zonas de riesgo por toxicidad, inflamabilidad y explosividad.

| Definición de zona | Toxicidad (Concentración ppm) | 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 0.070 kg/cm ² |
| Zona de Amortiguamiento | TLV8 o TLV15 | 1.4 kW/m ² o 440 BTU/Pie ² h | 0.5 lb/plg ² 0.035 kg/cm ² . |

IDLH: (immediately Dangerous to Life or Health): Esta es la concentración considerada "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud" definida por NIOSH. Se define como "aquella que supone un riesgo de exposición al contaminante en el aire tal, que la exposición podría causar la muerte o efectos inmediatos.

TLV-STEL: Abreviación de "Threshold Limit Value - Short term exposure limit". Se refiere a un promedio ponderado de exposición de 15 minutos que no debe ser excedido en ningún momento durante un día laborable, incluso si el tiempo promedio se encuentra dentro del TLV (valor límite). Suplementa el TLV-TWA de 8.

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 12.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Las bibliografías utilizadas para el desarrollo del Análisis de consecuencias utilizada en este estudio: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos, AICHE. (2000). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis: Second Edition. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers.

Dispersión de nube tóxica / inflamable.

Los vapores y gases emitidos pueden generar una dispersión, la cual va rebajando la concentración de la sustancia emitida, al tiempo que la extiende sobre regiones cada vez mayores del espacio. Esta dispersión dependerá de la estabilidad atmosférica. Su afectación dependerá de la toxicidad de los gases emitidos (siendo en este caso la mayor afectación al personal cercano a la fuente de emisión), y de la cantidad de gas entre los límites de inflamabilidad que puedan encontrar un punto de ignición (ver Jet Fire).

Flamazo (Flash Fire)

Cuando se trata de líquidos inflamables que se vaporizan o de fugas de gases más densos que el aire, la nube de gas se diluye en el aire existente, haciendo que en determinados instantes y zonas existan mezclas de combustible en condiciones de efectuar la combustión. Si en una de estas zonas se encuentra un punto de ignición puede desprenderse la cantidad de calor necesaria para acelerar la velocidad de combustión de forma que se produzca una explosión, denominada UVCE.

Tabla 18. Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica.

| Intensidad de Radiación kW/m ² | Descripción |
|---|---|
| 1.4 | No se presentan molestias, aún durante largos periodos de exposición. Es el flujo térmico equivalente al sol en verano y al medio día. |
| 5 | El umbral de dolor se alcanza después de 20 segundos de exposición. Así mismo después de 40 segundos de exposición, son probables las quemaduras de segundo grado |
| 9.5 | El umbral de dolor en una persona se alcanza después de 8 segundos de exposición; después de 20 segundos de exposición, se presentan quemaduras |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 18. Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica.

| Intensidad de Radiación kW/m ² | Descripción |
|---|---|
| | de segundo grado. |
| 12.5 | Energía mínima requerida para que la madera se prenda, por contacto por fuego. Tubería de plástico se funde. |
| 25 | Energía mínima requerida para provocar la ignición de la madera, por exposición prolongada (es decir, se prende por la pura exposición a este nivel de radiación. No se requiere ponerle fuego como, por ejemplo, con un cerillo) |
| 37.5 | Suficiente para causar daños a equipos de proceso. |

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 28.

Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Tabla 19. Efectos derivados de la sobrepresión.

| Valor umbral | | | | Descripción |
|--------------|-------|------|-------|---|
| mbar | bar | kPa | psi | |
| 34.5 | 0.345 | 3.45 | 0.5 | <ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de ventanas, con daño a los marcos y bastidores. - Daños menores a techos de casa. - Daños estructurales menores. |
| 50 | 0.5 | 5 | 0.725 | <ul style="list-style-type: none"> - Zona de alerta - Daños estructurales de pequeña magnitud en casa. |
| 68.9 | 0.689 | 6.89 | 1.0 | <ul style="list-style-type: none"> - Demolición parcial de casas, que quedan inhabitables. - Daños estructurales menores, comparables a los daños ocasionados por una tormenta, fallas en estructuras o paredes de madera. - Rompimiento de ventanas. - El techo de los tanques de almacenamiento sufre un colapso. - Falla de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc. - Conexiones o uniones de aluminio o acero muestran fallas. |
| 125 | 0.125 | 12.5 | 1.81 | <ul style="list-style-type: none"> - Zona de Intervención. - Dislocación / colapso de paneles, paredes y techos. |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 19. Efectos derivados de la sobrepresión.

| Valor umbral | | | | Descripción |
|--------------|-------|-------|-------|--|
| mbar | bar | kPa | psi | |
| 500 | 0.5 | 50 | 7.25 | <ul style="list-style-type: none"> - Colapso parcial de paredes y techos de casas. - Destrucción de paredes de cemento de 20 a30 cm. de grosor. - Destrucción del 50 % de la obra de ladrillo en edificaciones. - 25% de todas las paredes muestran fallas. - Las paredes hechas de bloques de concreto se colapsan. - Daños menores de marcos de acero en ventanas y puertas. - Daños moderados o menores. - Deformación de paredes y puertas, falla de juntas. - Se desprende el recubrimiento de las paredes. - Daños serios al resto de los elementos de soporte. - Umbral (1 %) de ruptura de tímpano. |
| 689.47 | 0.689 | 68.9 | 10 | <ul style="list-style-type: none"> - Probable destrucción total de casas, maquinaria de 7000 lb desplazada y dañada severamente, sobrevive la maquinaria de 12,000 lb. |
| 1 000 | 1 | 100 | 14.50 | <ul style="list-style-type: none"> - Desplazamiento de los tanques de almacenamiento cilíndrico. - Daño a columnas de fraccionamiento. - La estructura de soporte de un tanque de almacenamiento redondo se colapsa. - Daños severos y desplazamiento de maquinaria pesada (3 500 kg). - Falla de las conexiones de tuberías. - Demolición total de edificios. - Colapso total de casas habitación tipo o estilo Americano. - Umbral de letalidad (1 %) de muerte por hemorragia pulmonar y efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano. |
| 1 750 | 1.75 | 175.8 | 25.5 | <ul style="list-style-type: none"> - Ruptura parcial de tanques de almacenamiento. - Daño parcial mayor a columnas de fraccionamiento. - Daños severos a maquinaria pesada (3 500 kg). - Ruptura parcial de tuberías. - Demolición total de edificios. - 90 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar |
| 2 000 | 2 | 200 | 29 | <ul style="list-style-type: none"> - Ruptura total de tanques de almacenamiento. - Pérdida total a columnas de fraccionamiento. - Pérdida total de maquinaria pesada (3 500 kg). - Ruptura total de tuberías. - Demolición total de edificios. - 99 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar |
| 20 680 | 20.68 | 2 068 | 300 | <ul style="list-style-type: none"> - Límite para formación de cráter. |

Nota: los valores de sobrepresión sombreados indican el valor y los efectos que pueden producirse en la zona de alto riesgo y la zona de amortiguamiento, de acuerdo con lo establecido en la tabla 17 para explosividad.

Referencia: PEMEX. (2011). Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos. Pág. 29.

Referencia: AIChE. (2000). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis: Second Edition. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. Pag.163.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Dardo de fuego (Jet Fire).

Ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica.

Cuando un gas presurizado escapa a la atmósfera a través de un orificio o estrechamiento, se produce una típica descarga en tobera del chorro gaseoso (Jet), con un máximo de velocidad en la garganta, que puede igualar a la velocidad del sonido si el cociente entre la presión atmosférica y la presión dentro del recipiente es inferior al valor crítico. Tras el orificio tiene lugar la disminución de la velocidad del gas, al ensancharse la sección de paso. Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el dardo de fuego

Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el dardo de fuego.

El modelo utilizado del Software Phast, permite calcular la velocidad de combustión y la radiación térmica que sufre un receptor sometido a un determinado incendio. El modelo calcula la forma y la intensidad de la flama, y se obtiene un amplio intervalo de resultados de radiación. El software considera para el dardo de fuego el modelo cónico.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Explosión de nube de vapor.

El término “explosión de nube de vapor” (en inglés VCE, de “Vapour Cloud Explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.

En general, la mayoría de los combustibles tienen pesos moleculares mayores que el aire y, por consiguiente, se comportan como nubes pesadas que se mueven a ras de suelo y pueden encontrar fácilmente una fuente de ignición.

Para que tenga lugar la explosión de la nube, debe producirse la mezcla entre el combustible y el aire dentro de los límites de inflamabilidad. Si el punto de ignición está muy cerca del origen de la fuga el resultado será un incendio de chorro o de charco, según las características de la fuga.

Se considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido entre 1 y 15 minutos, si bien se encuentran documentados accidentes en los que se estima que dicho período fue de menos de un minuto, en unos casos, y entre 16 y 30 minutos, en otros (Lees, 1996).

Por otro lado, la magnitud de la onda de sobrepresión generada depende de la velocidad de propagación de la llama (frente de reacción). Cuanto mayor sea ésta, mayor será la sobrepresión alcanzada. La velocidad de propagación de la llama depende, a su vez, de la forma en que se inicie y progrese la combustión. Según ocurra ésta, el resultado puede ser una deflagración o, en condiciones más especiales, una detonación.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Para cumplir con los objetivos de este documento se considera el llevar a cabo como parte del análisis de consecuencias la evaluación de las posibles distintas afectaciones por la explosión de nube de vapor a través del método Multi energía (TNO, 1997).

Dicho método se utiliza para la determinación de las magnitudes peligrosas de las ondas de presión procedentes de la explosión de nubes de vapor, teniendo en cuenta que, cuando éstas se inflaman, las mayores sobrepresiones se generan en regiones congestionadas o confinadas de la nube.

Método multi energía.

La secuencia de aplicación del método Multi energía es la siguiente:

- Selección del nivel de la explosión de 1 (deflagración más débil) a 10 (detonación) en función de la reactividad del combustible, ubicación de la nube, cantidad y dimensiones de los obstáculos y energía de la fuente de ignición, entre otros.
- Determinación de la energía de la explosión a partir de la cantidad de sustancia combustible en la nube que se encuentra entre los límites de explosividad y de su entalpía de combustión.
- Cálculo de la “distancia escalada” (R' , adimensional), que depende de la energía de la explosión y de la distancia (z , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.

Criterios para seleccionar el nivel de explosión apropiado.

La principal dificultad del procedimiento radica en la selección del nivel de explosión



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



apropiado para cada caso, dada la diversidad de parámetros que influyen en el proceso.

La intensidad de la explosión depende de la masa y reactividad del combustible, de la congestión y/o confinamiento de la nube, de la intensidad de la fuente de ignición y de parámetros relacionados con la geometría de la zona obstruida.

Los criterios aportados por algunos autores pueden constituir una ayuda para seleccionar el nivel adecuado. El criterio más simple es el propuesto por (TNO, 1997) en el caso de ausencia de información sobre los factores mencionados anteriormente, consiste en seleccionar el nivel 7 cuando la explosión se produzca en una región obstruida, y el 3 en una zona sin obstáculos.

Dependiendo de la cantidad de información disponible y del grado de precisión requerido se pueden seguir otros criterios, destacando los de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se disponga de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

La tabla 20 contiene los criterios que serán utilizados para el desarrollo de este documento, considerando para este análisis como el criterio más desfavorable en caso de ocurrir un escenario de pérdida de contención.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 20. Criterios para seleccionar el nivel de la explosión más idóneo, para el método multienergía (Kinsella).

| Obstrucción | | | Confinamiento entre planos paralelos | Energía de la fuente de ignición | | Nivel confinamiento |
|-------------|------|------|--------------------------------------|----------------------------------|------|---------------------|
| Alta | Baja | Nula | | Débil | Alta | |
| Sí | - | - | Sí | - | Sí | 7-10 |
| Sí | - | - | - | - | Sí | 7-10 |
| Sí | - | - | Sí | Sí | - | 5-7 |
| - | Sí | - | Sí | - | Sí | 5-7 |
| - | Sí | - | - | - | Sí | 4-6 |
| - | - | Sí | Sí | - | Sí | 4-6 |
| Sí | - | - | - | Sí | - | 4-5 |
| - | - | Sí | - | - | Sí | 4-5 |
| - | Sí | - | Sí | Sí | - | 3-5 |
| - | Sí | - | - | Sí | - | 2-3 |
| - | - | Sí | Sí | Sí | - | 1-2 |
| - | - | Sí | - | Sí | - | 1 |

El modelo matemático de simulación utilizado para el desarrollo del proyecto con el simulador Phast, para evaluar el evento de explosión de nube de vapor a través del modelo multi energía utiliza los siguientes parámetros:

Resistencia no confinada.

El programa puede realizar el modelado de explosión de las partes de la nube que no cubren un área de confinamiento fuerte, y marcar la casilla si desea llevar a cabo este modelo.

Si se marca la casilla, se establecer el grado de confinamiento de las partes libres de la nube. Los valores típicos son 1 (totalmente confinados, espacios cerrados, cuartos, por ejemplo) y 2 (confinamiento ligero, por ejemplo, cercas, muros de contención, o setos).

Para el caso de este estudio se consideró el utilizar como criterio un confinamiento ligero utilizando el valor 4 en Phast.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Fuentes confinados por onda expansiva.

En el programa de simulación Phast se puede modelar hasta siete casos de niveles de confinamiento para fuentes de explosión.

Para este caso solo se consideró un espacio semi confinado, sombreando la casilla de la tabla 22 para incluir el valor de la última columna en el Programa de simulación Phast:



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Grado de confinamiento.

Es el grado de confinamiento en la zona o de la fuente. Este es un valor entre 3 (mínimo) y 10 (más alto). Los valores de 8 y 9 se utilizan normalmente para las unidades de proceso.

Aunque hay poca información disponible sobre la elección de la concentración apropiada, algunas características pueden estar relacionadas con los fenómenos de explosión, y su presencia aumentará la fuerza de confinamiento.

Tomando como referencia lo antes señalado, se consideró como criterio conservador el utilizar una fuerza de confinamiento de 4, es decir con poca obstrucción.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS.

4.1 Método Cualitativo de Riesgos

Una vez hecha la identificación de riesgos a través de la metodología de identificación HazOp, procedo a realizar la jerarquización de riesgos siguiendo el Procedimiento para Realizar Análisis de Riesgo de Procesos en PEMEX Exploración y Producción, que se encuentra en la referencia de PEMEX. (2012). Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso. Clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 2

Para identificar los peligros en la sección de proceso, obtengo el siguiente nodo como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Nodos propuestos para el desarrollo del análisis de riesgos cualitativos (HazOp).

| Nodos | Condiciones de diseño/Parámetros | ID Equipos | Intención de Diseño |
|--------------|---|--|---|
| 1. GASODUCTO | Ducto 8" a la salida de plataforma PP B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-A, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-B, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-B. | Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC. |

Tabla 22. Nodos propuestos para el desarrollo del análisis de riesgos cualitativos (What If..?).

| Subsistema (Nodo) | Parámetros de operación | Alcance del nodo |
|-----------------------|---|--|
| 1. Peligros naturales | Ducto 8" a la salida de plataforma PP-A Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-A, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-B, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-B. |
| 2. Corrida de diablo | Ducto 8" a la salida de plataforma PP-A Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-A, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-B, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-B. |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



La ponderación de las desviaciones para cada una de las afectaciones: Daño al Personal (DP), Impacto Ambiental (IA), Pérdida de producción (PP), Daño a la instalación (DI) y Daño a terceros (DTER), fueron realizadas por el grupo multidisciplinario de trabajo.

En el Anexo del estudio se presentan las hojas de trabajo HazOp / WHAT IF? con las desviaciones jerarquizadas por el grupo multidisciplinario de trabajo, de las cuales podemos observar los escenarios son ponderados como Riesgo ALARP (tipo C) como escenario de Mayor Riesgo.

La determinación de la Magnitud de Riesgo de los escenarios de riesgo la obtengo de acuerdo con lo establecido en la Guía Operativa indica que:

Se entenderá como Magnitud de Riesgo (MR) al producto de la frecuencia por la consecuencia y se expresa para facilitar su cálculo de la siguiente manera:

$$\mathbf{MR= F \times C}$$

Bajo este concepto se entenderá que la MR de un escenario de riesgo será calculada por la fórmula:

$$\mathbf{MR= FxCPE + FxCPO + FxCMA + FxCPR}$$

Dónde:

(CPE, CPO, CMA, CPR) Son los valores absolutos que se asignan a las categorías de las consecuencias al personal, a la población, al impacto ambiental y al diferimiento de/instalación, (Valores de 1 a 6) en base a la tabla 2 Clasificación por Categorías de Consecuencias.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



(F) Es el valor absoluto de la clasificación de la Frecuencia de acuerdo con su categoría (Valor de 1 a 6) en base a la tabla 3 Clasificación por Categorías de Frecuencias.

Los valores que se indican en cada una de las celdas de la tabla 23, son los que deberán utilizar para clasificar los escenarios de acuerdo con su Magnitud de Riesgo (MR) en base a los resultados obtenidos al utilizar la formula descrita:

Tabla 23. Valores para clasificar los escenarios de acuerdo con su Magnitud de Riesgo (MR).

| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
|----|----|----|----|----|-----|-----|
| F6 | 24 | 48 | 72 | 96 | 120 | 144 |
| F5 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| F4 | 16 | 32 | 48 | 64 | 80 | 96 |
| F3 | 12 | 24 | 36 | 48 | 60 | 72 |
| F2 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 48 |
| F1 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 130.

De acuerdo con el valor obtenido de la Magnitud de Riesgo (MR) de cada escenario se clasificarán en base a los siguientes rangos:

Escenarios con Magnitud de Riesgo $1 \geq MR \leq 19$ Se considerarán **Escenarios de Riesgo Tolerable** y quedará a consideración del responsable de la instalación si serán atendidas o consideradas como **áreas de oportunidad** las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.

Escenarios con Magnitud de Riesgo $20 \geq MR \leq 47$ Se considerarán **Escenarios de Riesgo Aceptables con controles** y se deberá hacer un **Análisis Costo-Beneficio** para la atención de las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.

Escenarios con Magnitud de Riesgo $48 \geq MR \leq 76$ Se considerarán **Escenarios de Riesgo Indeseables** y quedará a por lo que se **deberán implementar acciones "Permanentes"** para atender las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.

Escenarios con Magnitud de Riesgo $77 \geq MR \leq 144$ Se considerarán **Escenarios de Riesgo No Tolerable** por lo que **se deberán implementar acciones "Temporales y Permanentes"** para atender las recomendaciones emitidas para administrar estos riesgos.

Referencia: PEMEX. (2020). Guía Operativa para realizar análisis de riesgos de procesos en los proyectos e instalaciones de PEMEX Exploración y Producción. Clave GO-SS-TC-0002-2020. versión segunda. Pág. 130.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Según los criterios establecidos se presentan los Escenarios clasificados de acuerdo con su MR y Nodo, elegiré el escenario con mayor MR de acuerdo a la calificación dada en el Análisis de Riesgo Cualitativo como casos alternos de la Instalación perteneciente al Proyecto.

Siguiendo el desarrollo del Análisis de Riesgos Cualitativo, elijo aquellos eventos clasificados como tipo C los cuales se resumen a continuación. De estos eventos, tomaré el de mayor MR de cada nodo. Sin embargo, hay eventos que no corresponden a una pérdida de contención de sustancias inflamables, explosivas y/o tóxicas, por lo que no es posible realizar una evaluación de consecuencias de esos eventos. Por lo anterior, he tomado eventos que involucren pérdida de contención.

Tabla 24. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (HazOp).

| Desviación | Causas | Consecuencias | Riesgo Inherente | | Riesgo Diseño | |
|------------------|--|--|------------------|----|---------------|----|
| | | | MR | CR | MR | CR |
| 1. Más Presión | 1. Cierre de válvula manual de 4" a la llegada de plataforma de perforación PP-B por error humano operativo. | 1. Sobrepresión en los puntos de interconexión en plataforma con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 36 | C | 16 | D |
| | 2. Cierre de SDV-2100 por error operativo en PP-B | 1. Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 36 | C | 16 | D |
| | 3. Cierre de SDV-2100 por robo, vandalismo y/o sabotaje. | 1. Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 24 | C | 16 | D |
| 2. Menos Presión | 1. Cierre de válvula manual de 4" en punto de interconexión de la plataforma PP-A. | 1. No suministro de gas combustible, a paquete de acondicionamiento de gas PA-2000 con paro de equipos BEC y producción diferida. | 32 | C | 21 | C |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 24. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (HazOp).

| Desviación | Causas | Consecuencias | Riesgo Inherente | | Riesgo Diseño | |
|--------------------------|---|---|------------------|----|---------------|----|
| | | | MR | CR | MR | CR |
| | 2. Cierre de SDV-4360 por falla en LAZO de control en plataforma PP-A | 1. No suministro de gas combustible, a paquete de acondicionamiento de gas PA-2000 con paro de equipos BEC y producción diferida. | 24 | C | 21 | C |
| 8. Diferente composición | 1. Baches de nitrógeno en corriente de gas combustible | 1. Paro de turbogeneradores y producción diferida. | 24 | C | 16 | D |
| 9. Pérdida de contención | 1. Corrosión externa, en ducto ascendente. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 24 | C | 11 | D |
| | 2. Corrosión externa, en ducto línea submarina. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio, con daño a la instalación y medio ambiente. | 36 | C | 24 | C |
| | 3. Corrosión interna, en ducto ascendente. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y al personal, instalación y medio ambiente. | 24 | C | 12 | D |
| | 4. Corrosión interna, en línea submarina. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio, instalación y medio ambiente. | 24 | C | 12 | D |
| | 5. Golpe externo por embarcación en ducto ascendente de PP-A | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 34 | C | 17 | D |
| | 6. Golpe externo por embarcación en ducto ascendente de PP-B. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nubes inflamables con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 34 | C | 17 | D |
| | 7. Golpe externo por embarcación (Garreo por ancla). [Nota: Este escenario es analizado ya con el ducto en operación derivado a que durante las actividades de tendido de líneas aún se continua con el uso del ancla de muerteo.] | 1. Fuga de gas combustible con generación de nubes inflamables con riesgo de incendio y explosión, instalación y medio ambiente. | 26 | C | 13 | D |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 24. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (HazOp).

| Desviación | Causas | Consecuencias | Riesgo Inherente | | Riesgo Diseño | |
|------------|--|---|------------------|----|---------------|----|
| | | | MR | CR | MR | CR |
| | 8. Falla de material (Uniones bridadas) en ductos ascendentes. [Nota: Mala calidad del material, realización de malas conexiones, mala colocación de empaques, vibración y esfuerzos en juntas bridadas, o materiales no compatibles.] | 1. Fuga de gas combustible con generación de nubes flamables con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 24 | C | 12 | D |
| | 9. Falla por golpe externo en accesorios en cubierta (Tomas de proceso para instrumentación). [Nota: Mala calidad del material, realización de malas conexiones, mala colocación de empaques, vibración y esfuerzos en juntas bridadas, o materiales no compatibles.] | 1. Fuga de gas combustible con generación de nubes flamables con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 36 | C | 24 | C |



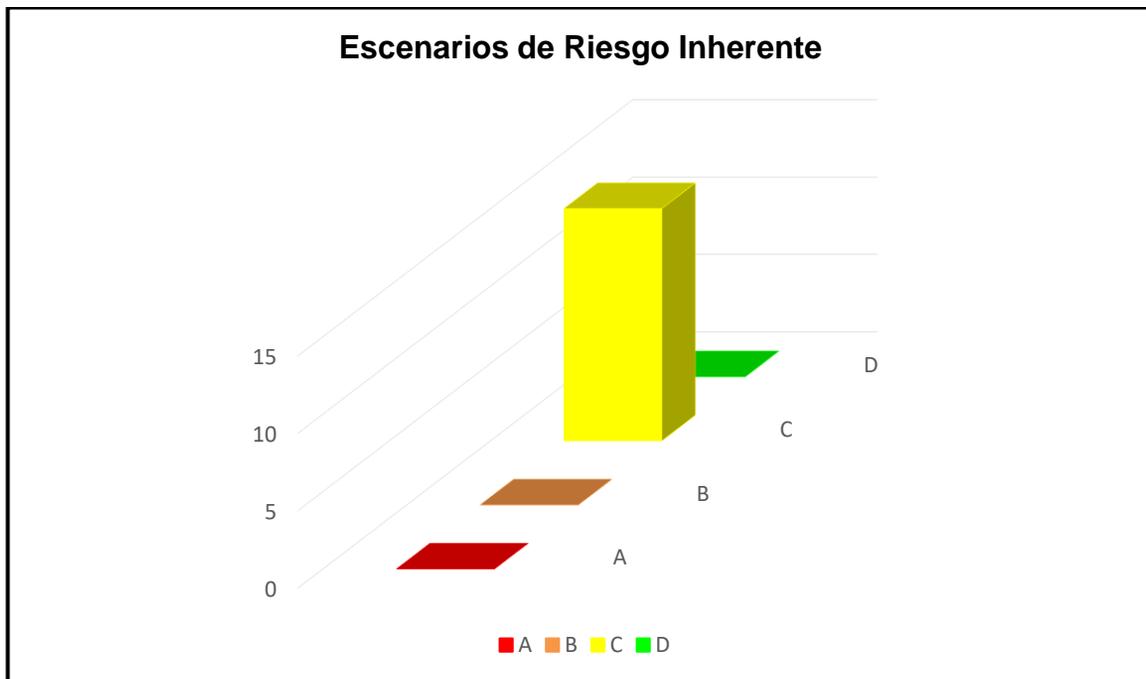
ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Etapa 1: Identificación del riesgo “Inherente”, (aquel en el que “No” se consideran salvaguardas, barreras y/o controles.

El resultado de la identificación del Riesgo Inherente es de 15 escenarios totales identificados, de los cuales se categorizaron en las matrices de riesgo, obteniendo el tipo de riesgos de acuerdo a su MR, tal y como se escribe a continuación:

- 0 escenarios con tipo de riesgo D “Tolerable”
- 15 escenarios con tipo de riesgo C “Aceptable con Controles”
- 0 escenarios con tipo de riesgo B “Indeseable”
- 0 escenarios con tipo de riesgo A “No Tolerable”





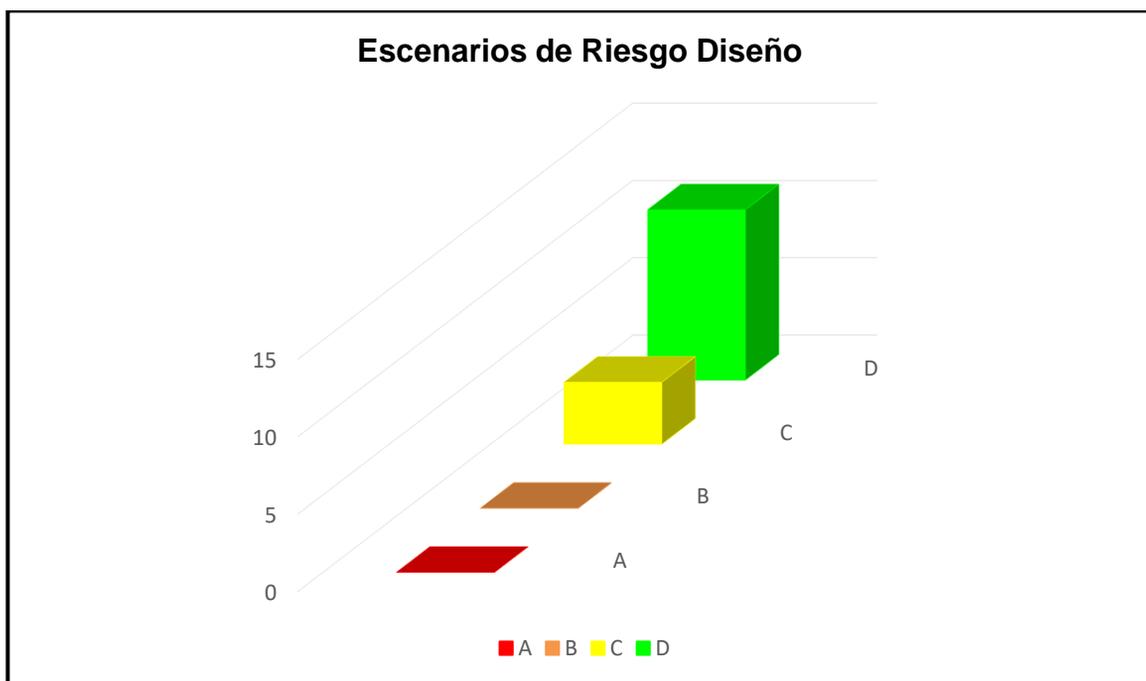
ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Etapa 2: Identificación del riesgo “Diseño” (Aquel en el que se consideran las salvaguardas, barreras y/o controles que se tienen establecidas por diseño y/o de acuerdo con la disponibilidad y su filosofía de operación actual).

El resultado de las metodologías utilizadas en el análisis cualitativo considerando las salvaguardas o protecciones, y disminuyendo las categorías de consecuencias o consecuencias de acuerdo al aporte de cada una de ellas, así también tomando en cuenta la efectividad y disponibilidad de manera individual para cada uno de los escenarios evaluados, para posteriormente jerarquizarlos de acuerdo a la matriz de riesgo de acuerdo a su magnitud de riesgo se obtiene lo siguiente:

- 11 escenarios con tipo de riesgo D “Tolerable”
- 4 escenarios con tipo de riesgo C “Aceptable con Controles”
- 0 escenarios con tipo de riesgo B “Indeseable”
- 0 escenarios con tipo de riesgo A “No Tolerable”





**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 25. Re-Jerarquización de riesgos de acuerdo con su MR (What If...?).

| ¿Qué pasa Sí...? | Consecuencias | Riesgo Inherente | | Riesgo Diseño | |
|---|--|---|----|---------------|----|
| | | MR | CR | MR | CR |
| | | Subsistema 1. Peligros Naturales | | | |
| 1. Se presenta un Sismo en Zona Marina. [Nota: El proyecto se encuentre en zona NO sísmica, solo se considera como peor caso] | 1. Desplazamiento de lecho marino con riesgo de fallas en uniones bridadas por esfuerzo superior a los máximos permisibles, con fuga de gas combustible al mar, contaminación ambiental y pérdidas económicas. | 32 | C | 32 | C |
| 2. Se presenta un huracán intenso en Sonda de Campeche. | 1. Desplazamiento de ducto con riesgo de fallas en uniones bridadas por esfuerzo superior a los máximos permisibles, con fuga de gas combustible al mar, contaminación ambiental y pérdidas económicas. | 48 | B | 41 | C |
| 3. Se presenta tormenta eléctrica con caída de rayo. | 1. Daño a la instrumentación, PIT y válvulas solenoides con posible cierre de válvula SDV-4360 y no suministro de gas combustible a la PP-B con pérdidas económicas. | 13 | D | 6 | D |
| Subsistema 2. Corrida de Diablo | | | | | |
| 1. La trampa esta presurizada al momento de abrirla para la introducción del diablo por pase de válvula. | 1. Desprendimiento de tapa con daño al personal e instalación en la PP-A. | 19 | D | 9 | D |
| 2. La trampa esta presurizada al momento de abrirla por pase de válvula de seccionamiento durante la recepción. | 1. Apertura de tapa con daño al personal en la PP-B. | 19 | D | 9 | D |
| 3. El diablo instrumentado se atora en la entrada de la trampa de diablos. | 1. Paro de operación de lanzado y pérdidas económicas. | 31 | C | 19 | D |



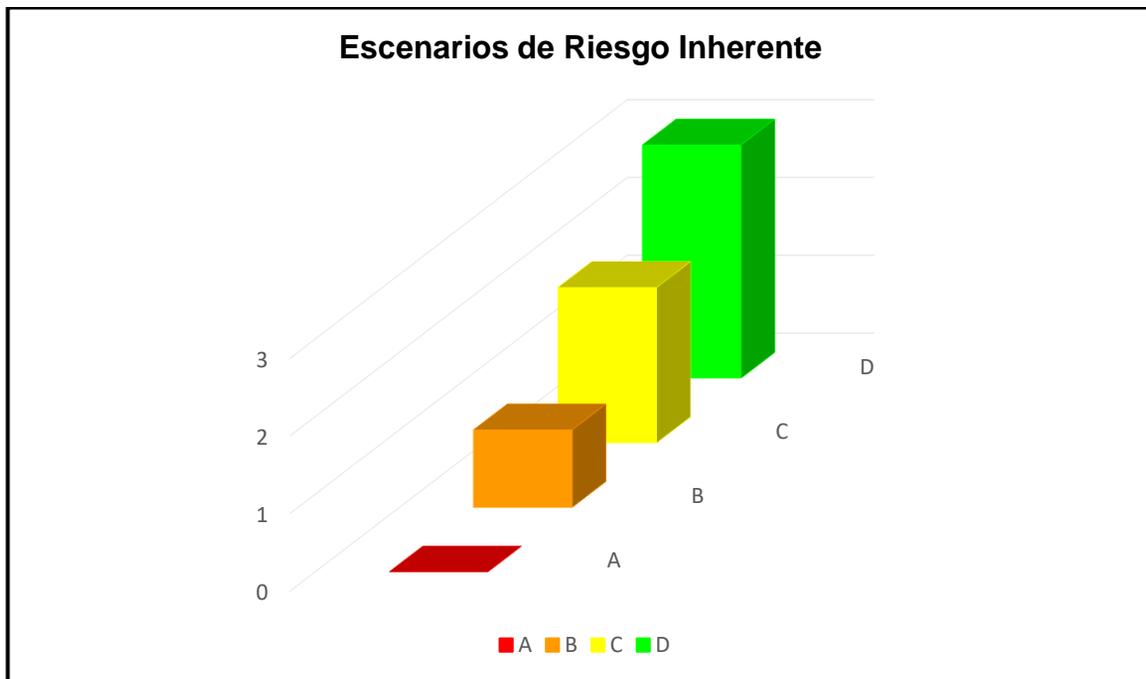
ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Etapa 1: Identificación del riesgo “Inherente”, (aquel en el que “No” se consideran salvaguardas, barreras y/o controles.

El resultado de la identificación del Riesgo Inherente es de 6 escenarios totales identificados, de los cuales se categorizaron en las matrices de riesgo, obteniendo el tipo de riesgos de acuerdo a su MR, tal y como se escribe a continuación:

- 3 escenarios con tipo de riesgo D “Tolerable”
- 2 escenarios con tipo de riesgo C “Aceptable con Controles”
- 1 escenarios con tipo de riesgo B “Indeseable”
- 0 escenarios con tipo de riesgo A “No Tolerable”





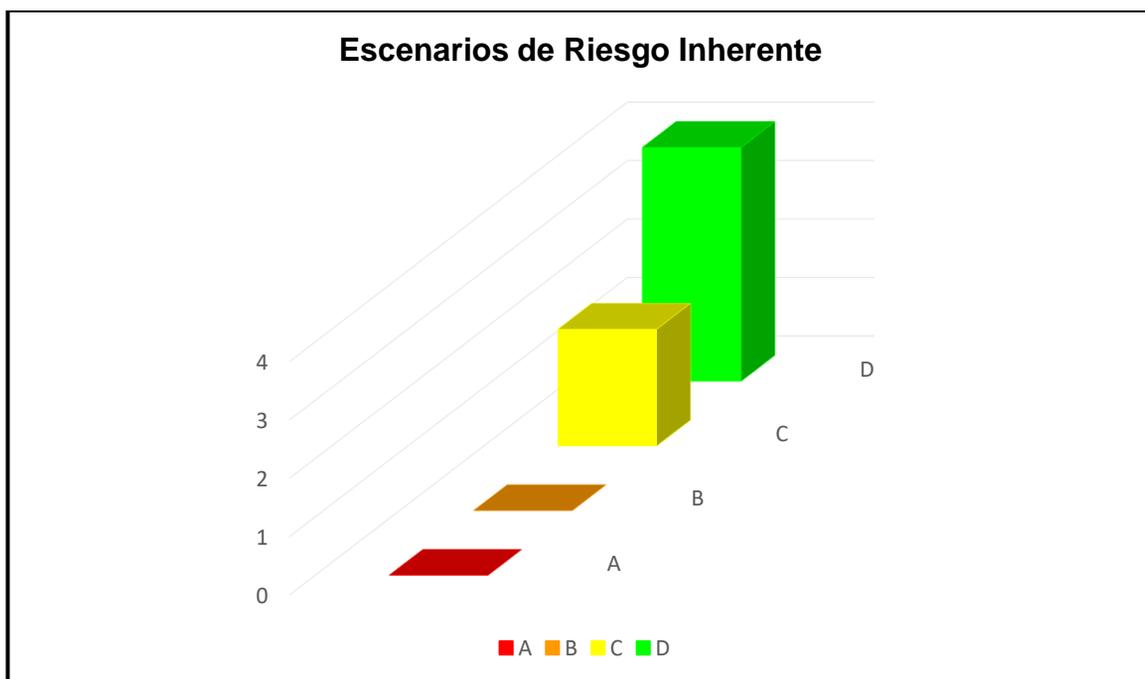
**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Etapa 2: Identificación del riesgo “Diseño” (Aquel en el que se consideran las salvaguardas, barreras y/o controles que se tienen establecidas por diseño y/o de acuerdo con la disponibilidad y su filosofía de operación actual).

El resultado de las metodologías utilizadas en el análisis cualitativo considerando las salvaguardas o protecciones, y disminuyendo las categorías de consecuencias o consecuencias de acuerdo al aporte de cada una de ellas, así también tomando en cuenta la efectividad y disponibilidad de manera individual para cada uno de los escenarios evaluados, para posteriormente jerarquizarlos de acuerdo a la matriz de riesgo de acuerdo a su magnitud de riesgo se obtiene lo siguiente:

- 4 escenarios con tipo de riesgo D “Tolerable”
- 2 escenarios con tipo de riesgo C “Aceptable con Controles”
- 0 escenarios con tipo de riesgo B “Indeseable”
- 0 escenarios con tipo de riesgo A “No Tolerable”





**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Después de revisar las tablas 24 y 25, se puede observar que los eventos identificados por la metodología HazOp con el mayor nivel de Magnitud de Riesgo (MR) corresponden a una pérdida de contención de sustancias inflamables y explosivas, por lo que es necesario realizar una evaluación de las consecuencias de estos eventos.

De acuerdo con la tabla 23, varios eventos se encuentran ubicados en la región C, así como aquellos que involucran pérdida de contención para continuar con mi análisis.

Verificando la tabla 24, pude notar que los eventos con un nivel de Magnitud de Riesgo (MR) ALARP (C) se encuentran en el nodo 1. Por lo tanto, los escenarios que necesitan una evaluación de consecuencias son aquellos que se describen en la tabla siguiente:

A pesar de que los riesgos se encuentran en una zona tolerable, como analista de riesgo propongo llevar a cabo la evaluación cuantitativa de los escenarios identificados, para analizar la afectación que puedan provocar en caso de que estos sucedan.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 26. Lista de escenarios de riesgo identificados en el ARP.

| Planta o Área de Proceso: | "Gasoducto" | | Equipo Multidisciplinario: | - | Fecha: | - | |
|---------------------------|---|---|---|---------------------------|---------|---------|-----|
| No. de Escenario | Desviación | Causa | Consecuencia | Clave de la recomendación | MR | | |
| | | | | | In | Dis | Re |
| EI.01 | Más Presión | 1.1.2 Cierre de SDV-2100 por error operativo en la PP-B. 1.1.3 Cierre de SDV-2100 por robo, vandalismo y/o sabotaje. | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | N/A | 36 C | 16 D | N/A |
| EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente de PP-A | 1.9.5 Golpe externo por embarcación | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | N/A | 34 C | 17 D | N/A |
| EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente de PP-B | 1.9.6 Golpe externo por embarcación | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | N/A | 34 C | 17 D | N/A |



4.2 Análisis Cuantitativo de Riesgo

4.2.1 Análisis de Frecuencias

Mi objetivo con esta metodología es cuantificar la frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados en la Región ALARP o escenarios de pérdida de contención a través de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos HazOp / What if? Utilizaremos datos bibliográficos, o bien la técnica de árbol de fallos. Además, definiré las posibles secuencias accidentales que puedan desencadenarse a partir de un suceso iniciador mediante el uso de la técnica del árbol de eventos.

Árboles de fallos y eventos

Para estimar la frecuencia de fallos involucrados en el proyecto, estimé de forma directa las tuberías de proceso en donde puede ocurrir una fuga o ruptura de acuerdo con los criterios y procedimientos establecidos en las Guías para elaborar un Análisis Cuantitativo de Riesgo Establecidos por AICHE

Para el cálculo de las frecuencias directas en tuberías de proceso, utilizaré los datos de frecuencias de falla de tuberías que se muestran en la tabla 29 y que se encuentran en la sección 3.2 "Eventos de pérdida de contención en establecimientos (LOCs)" indicados en el documento referencia: Uijt de Haag, P.A.M. Ale, B.J.M. (1999). Guidelines for quantitative risk assessment (CPR 18E) Purple Book. Voorburg. De esta manera, tendré información detallada y confiable para realizar mis cálculos y estimaciones.

Tabla 27. Frecuencia de fallo para tuberías de proceso.

| Diámetro de la tubería | Frecuencia de fallo m ⁻¹ año ⁻¹ | Frecuencia de fallo m ⁻¹ año ⁻¹ |
|------------------------|--|--|
| | Ruptura ⁽¹⁾ | Fuga ⁽¹⁾ |
| ∅ < 3" | 1 x 10 ⁻⁰⁶ | 5 x 10 ⁻⁰⁶ |
| 3" ≤ ∅ ≤ 6" | 3 x 10 ⁻⁰⁷ | 2 x 10 ⁻⁰⁶ |
| ∅ > 6" | 1 x 10 ⁻⁰⁷ | 5 x 10 ⁻⁰⁷ |

Referencia: Uijt de Haag, P.A.M. Ale, B.J.M. (1999). Guidelines for quantitative risk assessment (CPR 18E) Purple Book. Voorburg, Cap. 3, Página 3.7



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



A continuación, en la Tabla 28, muestro los resultados de las frecuencias iniciales de las hipótesis en donde se consideran fallas de las tuberías de proceso calculados en forma directa con base al procedimiento de AICHE, el cual puede consultarse en el Anexo de este documento. Estos son los datos de partida para posteriormente evaluar los diferentes eventos de accidentes mediante la metodología de árboles de eventos.

Es importante mencionar que para el cálculo de la frecuencia de ocurrencia del evento de fuga para los escenarios EI.02/03 no será necesario el desarrollo de árboles de fallos ya que su obtención es directa y los valores utilizados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 28. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados
(Resultados para tuberías cálculo directo).**

| Escenario | Hipótesis del escenario | Ø | Longitud estimada | Frecuencia de fallo en tuberías | Frecuencia de ocurrencia |
|-----------|---|------------|-------------------|--|--------------------------|
| | | (Pulgadas) | (m) | (ocasiones/m-Año) | (Eventos/Año) |
| EI.01 | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 4" | 20 | Frecuencia calculada mediante árboles de fallos. | |
| EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8" | 8200 | 1.00E-07 | 8.20E-04 |
| EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8" | 8200 | 1.00E-07 | 8.20E-04 |

Como criterio para mi desarrollo del Análisis Frecuencial y poder determinar la frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados, he tomado una distancia o longitud de tubería de 20 metros para el escenario de proceso, he tomado la distancia de válvula SDV a Trampa lanzadora de diablos.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Para calcular la frecuencia de ocurrencia del evento final, multiplico el valor obtenido en el árbol de fallas o cálculo directo por la probabilidad de cada uno de los eventos o capas de protección presentes en la instalación que se pudieran ocasionar en cada hipótesis.

Para los escenarios (EI.02 / EI.03) el cálculo para estimar la frecuencia de ocurrencia final será de manera directa donde multiplico la (Longitud estimada) x (Frecuencia de fallo en tuberías). En caso contrario para el escenario (EI.01) el cálculo para estimar la frecuencia de ocurrencia final será obtenido por el árbol de fallas, donde el resultado que obtuve de la frecuencia de ocurrencia es $4.00E-05$, para más detalles del cálculo ver Anexo “Arboles de Eventos”.

Los resultados del análisis de frecuencias después de aplicar las técnicas de árbol de eventos se presentan en la tabla 29, la cual resume la frecuencia de ocurrencia de la totalidad de los escenarios accidentales planteados la cual mencione anteriormente el cómo se obtuvo, es decir la probabilidad de que ocurran los diferentes sucesos que pudieran suscitarse en caso de presentarse una fuga en los nodos analizados.

Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados.

| Escenario | Hipótesis del escenario | Frecuencia de ocurrencia evento iniciador | Frecuencia de ocurrencia evento final (Arboles de eventos) | |
|-----------|---|---|---|----------|
| | | (Eventos/Año) | (Eventos/Año) | |
| EI.01 | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 4.00E-05 | Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 3.97E-05 |
| | | | Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción | 7.12E-08 |
| | | | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 6.66E-08 |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados.

| Escenario | Hipótesis del escenario | Frecuencia de ocurrencia evento iniciador | Frecuencia de ocurrencia evento final (Arboles de eventos) | |
|-----------|--|---|---|----------|
| | | (Eventos/Año) | (Eventos/Año) | |
| | | | Flash fire (flamazo) | 1.00E-07 |
| | | | Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 1.00E-08 |
| EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8.20E-04 | Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 8.13E-04 |
| | | | Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción | 1.46E-06 |
| | | | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 1.37E-06 |
| | | | Flash fire (flamazo) | 2.05E-06 |
| | | | Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 2.24E-06 |
| EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8.20E-04 | Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 8.13E-04 |
| | | | Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción | 1.46E-06 |
| | | | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 1.37E-06 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 29. Frecuencia de ocurrencia de los eventos identificados.

| Escenario | Hipótesis del escenario | Frecuencia de ocurrencia evento iniciador | Frecuencia de ocurrencia evento final (Árboles de eventos) | | | | |
|---|-------------------------|---|--|----------------------|----------|---|-----------|
| | | (Eventos/Año) | (Eventos/Año) | | | | |
| | | | <table border="1"><tr><td>Flash fire (flamazo)</td><td>2.05E-06</td></tr><tr><td>Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente.</td><td>2.24 E-06</td></tr></table> | Flash fire (flamazo) | 2.05E-06 | Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 2.24 E-06 |
| Flash fire (flamazo) | 2.05E-06 | | | | | | |
| Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 2.24 E-06 | | | | | | |

A partir del Análisis Frecuencial que he realizado, puedo decir que todos los escenarios (evento final) resultaron ser de probabilidad muy baja (del orden de 8.13×10^{-04} a 6.66×10^{-08}) que corresponden al evento con mayor frecuencia de ocurrencia “Formación de nube inflamable con facilidad en el control” hasta la de menor probabilidad que corresponde a Explosión de la nube de vapor (UVCE). La totalidad de los eventos analizados tienen una frecuencia de ocurrencia improbable o se pueden catalogar como de probabilidad extremadamente rara. Si deseas conocer más detalles, consultar la tabla 2 clasificación por categorías de frecuencias.

En el análisis cuantitativo de riesgo que he desarrollado, he utilizado árboles de eventos que corresponden a los escenarios propuestos ponderados como Aceptables con Controles. La memoria de cálculo de los árboles de eventos que he realizado se puede visualizar en el Anexo adjuntado de este estudio.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Para el escenario EI.01 con fuga en uniones bridadas o accesorios por sobrepresión se considere una fuga del 20% del diámetro equivalente a la tubería de 4", por lo cual se tiene un diámetro de fuga de 0.8", para los escenarios EI.02 y EI.03 con pérdida de contención en ducto con ruptura total se considere el diámetro total de la tubería 8".

Tabla 30. Condiciones de operación y montos de los flujos alimentados al programa de simulación Phast.

| Tipo de Caso | Identificación de Escenario | | Diámetro (in) | | Flujo Volumétrico | Flujo Másico | Presión kg/cm ² (PSI) | Temperatura (°C) | Duración de la Fuga (seg) | Inventario involucrado IF (kg) | Tasa de Descarga kg/s |
|--------------|-----------------------------|---|---------------|------|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Clave | Descripción | Línea | Fuga | m ³ /hr | kg/h | | | | | |
| Mayor Riesgo | EI.01 | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 4" | 0.8" | 6,489.27 | 447,824.52 | 1066.75 | 35 | 10 | 5,831.74 | 583.17 |
| Peor Caso | EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8" | 8" | 6,489.27 | 447,824.52 | 1066.75 | 35 | 10 | 19,595.1 | 1,959.5 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 30. Condiciones de operación y montos de los flujos alimentados al programa de simulación Phast.

| Tipo de Caso | Identificación de Escenario | | Diámetro (in) | | Flujo Volumétrico | Flujo Másico | Presión kg/cm ² (PSI) | Temperatura (°C) | Duración de la Fuga (seg) | Inventario involucrado IF (kg) | Tasa de Descarga kg/s |
|--------------|-----------------------------|--|---------------|------|--------------------|--------------|----------------------------------|------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| | Clave | Descripción | Línea | Fuga | m ³ /hr | kg/h | | | | | |
| Peor Caso | EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 8" | 8" | 6,489.27 | 447,824.52 | 1066.75 | 35 | 10 | 19,595.1 | 1,959.5 |

Para los Escenarios propuestos según los lineamientos mencionados anteriormente, realicé un análisis de consecuencias, incluyendo un Análisis Cuantitativo mediante el simulador Phast. Los inventarios (kg) y las tasas de descarga (kg/s) presentados en la tabla 30, fueron calculados a través del simulador Phast.

A continuación, presento los resultados obtenidos de la simulación de consecuencias mediante Phast.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



EI.01.- Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.

| I. DATOS GENERALES | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---|----------------------------|---------------------|---|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Elaboró: | - | Fecha: | - | Software de Simulación: | Phast | | | | | |
| Proyecto: | Gasoducto | | | | | | | | | |
| II. DATOS DEL ESCENARIO | | | | | | | | | | |
| Clave | EI.01 | | Tipo de Caso | | | Región de Riesgo del Caso Alterno | | | | |
| Descripción | Sobrepresión con fuga de gas en uniones bridadas con posible incendio y/o explosión | | Peor Caso | Mayor Riesgo | Caso Alterno | No Tolerable | ALARP | Tolerable | | |
| | | | | X | | | X | | | |
| Modelo(s) empleado(s) en la Simulación | | | | | | | | | | |
| Dardo de fuego (Jet fire) | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | Charco de fuego (Pool fire) | Flamazo de nube de vapor (Flash fire) | Explosión de nube de vapor | | Explosión física de recipiente a alta presión | Nube tóxica | | | |
| | | | | Confinada (CVCE) | No confinada (UVCE) | | | | | |
| X | -- | -- | -- | -- | X | X | -- | | | |
| III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S) | | | | | | | | | | |
| Nombre de la sustancia: | | Gas Combustible | | | | | | | | |
| Composición | | | Propiedades | | | | | | | |
| Nombre del componente | % Mol | % Peso | % Vol. | LFL % | UFL % | IDLH ppm | TLV (8h, TWA) ppm | TLV (15min, TWA) ppm | Densidad (kg/m ³) | Presión de vapor (kg/cm ² , psi, pascales, bares) |
| Gas Combustible | Ver Tabla 4-16 | | | - | - | - | - | - | 69.01 | - |
| IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN | | | | | | | | | | |
| Tipo de Recipiente | | | | | | | | | | |
| Cilindro | | Esfera | | Tubería | | | Otro (Especifique) | | | |
| | | | | X | | | | | | |
| Altura (m) | Diámetro (m) | Diámetro (m) | Longitud (m) | Diámetro (plg) | Dimensiones | | | | | |
| | | | 20 | 4 | | | | | | |
| Condiciones de Operación | | | | | | Estado Físico | | | | |
| Presión (psig) | Temperatura (°C) | | Flujo en caso de tubería (m ³ /hr) | | | | Líquido | Vapor | Líquido/Vapor | |
| 1066.75 | 35 | | 6,489.27 | | | En el recipiente | | X | | |
| | | | | | | Punto de Fuga | | X | | |
| Tipo de Fuga | | | | | | Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente: | | | | |
| Orificio en cuerpo o tubería | Falla catastrófica (rotura total) | Liberación en Válvula de alivio | Cizalla de tubería | Otro (especifique) | | Tierra seca | Tierra húmeda | Concreto | Otro (especifique) | |
| X | | | | | | | | X | | |
| Características Orificio de fuga | | | | | | Punto de fuga | | | Dique | |
| Diámetro (plg) | Área (plg ²) | Coef. de pérdida del orificio | Elevación del punto de liberación (m) | | | Altura hidráulica (m) | | Área del dique (m ²) | | |
| 0.8 | - | 0.87 | 1 | | | | | | | |
| Dirección de la Fuga | | | | | | Tipo de Liberación | | | | |
| Vertical | Horizontal | Hacia abajo | Golpea contra | Inclinada | Grados | Continua | | Masiva | | |
| - | X | - | - | - | - | X | | | | |
| Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s) | | | Inventario fugado (kg) | | | Tasa de liberación (kg/s) | | | | |
| 10 | | | 5,831.74 | | | 583.17 | | | | |
| V. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE SUELO | | | | | | | | | | |
| Estabilidad atmosférica | | | | 1.5 F | | | 4.72 B | | | |
| Temperatura atmosférica (°C) | | | | 28.56 °C | | | | | | |
| Presión atmosférica | | | | 1 atm (14.7) psi | | | | | | |
| Porcentaje de humedad relativa | | | | 87.51 % | | | | | | |
| Direcciones dominantes y velocidad del viento | | | | Este – SurEste | | | | | | |
| Tipo de suelo (rugosidad empleada) | | | | --- | | | | | | |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN)

| Radios por toxicidad | | | Radios por radiación térmica | | | | Radios por sobrepresión | | | | |
|----------------------|----------------------|-------------------|--|------------------------------|-------|-------------|-------------------------|--|---|-------------|-----------------|
| | | | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | | Alto Riesgo | Amortiguamiento | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | Alto Riesgo | Amortiguamiento |
| Alto Riesgo | Amortiguamiento | | | kW/m ² | | | psi | | | | |
| IDLH | TLV _{15min} | TLV _{8h} | | 37.5 | 12.5 | 5.0 | 1.4 | | 3 - 10 | 1.0 | 0.5 |
| ppm | ppm | ppm | | m | | | m | | | | |
| -- | -- | -- | Dardo de fuego (Jet fire) | 21.60 | 26.46 | 31.30 | 41.63 | Explosión temprana (Early explosión) de UVCE | N/A | 14.23 | 18.45 |
| | | | Charco de fuego temprano (Early pool fire) | -- | -- | -- | -- | Explosión temprana (Early explosión) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | Charco de fuego tardío (Late pool fire) | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de UVCE | -- | -- | -- |
| | | | Flamazo (Flash fire) de nube de vapor | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | | | | | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | -- | -- | -- |
| | | | | | | | | | Explosión física de recipiente a alta presión | -- | -- |

Los resultados mostrados son a 1.5 m/seg y estabilidad F.

El punto de ignición se consideró como probable a 10 metros a partir del punto de fuga.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



EI.02.- Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8^{ra}-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| I. DATOS GENERALES | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---|----------------------------|---|---|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|--|
| Elaboró: | B.A.G.E. | | | Fecha: | Agosto del 2022 | | Software de Simulación: | Phast | | |
| Proyecto: | Gasoducto | | | | | | | | | |
| II. DATOS DEL ESCENARIO | | | | | | | | | | |
| Clave | EI.02 | | | Tipo de Caso | | | Región de Riesgo del Caso Alterno | | | |
| Descripción | Ruptura total con fuga de gas, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión | | | Peor Caso | Caso Más Probable | Caso Alterno | No Tolerable | ALARP | Tolerable | |
| | | | | X | | | | X | | |
| Modelo(s) empleado(s) en la Simulación | | | | | | | | | | |
| Dardo de fuego (Jet fire) | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | Charco de fuego (Pool fire) | Flamazo de nube de vapor (Flash fire) | Explosión de nube de vapor | | Explosión física de recipiente a alta presión | Nube tóxica | | | |
| | | | | Confinada (CVCE) | No confinada (UVCE) | | | | | |
| X | -- | -- | -- | -- | X | X | -- | | | |
| III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S) | | | | | | | | | | |
| Nombre de la sustancia: | | Gas Combustible | | | | | | | | |
| Composición | | | | Propiedades | | | | | | |
| Nombre del componente | % Mol | % Peso | % Vol. | LFL % | UFL % | IDLH ppm | TLV (8h, TWA) ppm | TLV (15min, TWA) ppm | Densidad (kg/m ³) | Presión de vapor (kg/cm ² , psi, pascales, bares) |
| Gas Combustible | Ver Tabla 4-16 | | | - | - | - | - | - | 69.01 | - |
| IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN | | | | | | | | | | |
| Tipo de Recipiente | | | | | | | | | | |
| Cilindro | | Esfera | | Tubería | | | Otro (Especifique) | | | |
| | | | | X | | | | | | |
| Altura (m) | Diámetro (m) | Diámetro (m) | Longitud (m) | Diámetro (plg) | Dimensiones | | | | | |
| | | | 8200 | 8 | | | | | | |
| Condiciones de Operación | | | | | Estado Físico | | | | | |
| Presión (psig) | Temperatura (°C) | | Flujo en caso de tubería (m ³ /hr) | | | Líquido | Vapor | Líquido/Vapor | | |
| 1066.75 | 35 | | 6,489.27 | | | | X | | | |
| | | | | | En el recipiente | | X | | | |
| | | | | | Punto de Fuga | | X | | | |
| Tipo de Fuga | | | | | Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente: | | | | | |
| Orificio en cuerpo o tubería | Falla catastrófica (rotura total) | Liberación en Válvula de alivio | Cizalla de tubería | Otro (especifique) | Tierra seca | Tierra húmeda | Concreto | Otro (especifique) | | |
| X | | | | | | | X | | | |
| Características Orificio de fuga | | | | Punto de fuga | | | Dique | | | |
| Diámetro (plg) | Área (plg ²) | Coef. de pérdida del orificio | Elevación del punto de liberación (m) | | Altura hidráulica (m) | Área del dique (m ²) | | | | |
| 8 | - | 0.87 | 1 | | - | - | | | | |
| Dirección de la Fuga | | | | | | Tipo de Liberación | | | | |
| Vertical | Horizontal | Hacia abajo | Golpea contra | Inclinada | Grados | Continua | Masiva | | | |
| - | X | - | - | | | X | | | | |
| Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s) | | | | Inventario fugado (kg) | | | Tasa de liberación (kg/s) | | | |
| 10 | | | | 19,595.1 | | | 1,959.5 | | | |
| V. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE SUELO | | | | | | | | | | |
| Estabilidad atmosférica | | | | 1.5 F | | | 4.72 B | | | |
| Temperatura atmosférica (°C) | | | | 28.56 °C | | | | | | |
| Presión atmosférica | | | | 1 atm (14.7) psi | | | | | | |
| Porcentaje de humedad relativa | | | | 87.51 % | | | | | | |
| Direcciones dominantes y velocidad del viento | | | | Este - SurEste | | | | | | |
| Tipo de suelo (rugosidad empleada) | | | | --- | | | | | | |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



| VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------|--|------------------------------|--------|-------------|-------------------------|---|------------------------------|-------------|-----------------|
| Radios por toxicidad | | | Radios por radiación térmica | | | | Radios por sobrepresión | | | | |
| | | | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | | Alto Riesgo | Amortiguamiento | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | Alto Riesgo | Amortiguamiento |
| Alto Riesgo | Amortiguamiento | | | kW/m ² | psi | 3 - 10 | 1.0 | | 0.5 | | |
| IDLH ppm | TLV _{15min} ppm | TLV _{8h} ppm | | | | | | | | m | m |
| -- | -- | -- | Dardo de fuego (Jet fire) | 163.31 | 210.20 | 273.17 | 408.85 | Explosión temprana (Early explosión) de UVCE | N/A | 41.30 | 72.45 |
| | | | Charco de fuego temprano (Early pool fire) | -- | -- | -- | -- | Explosión temprana (Early explosión) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | Charco de fuego tardío (Late pool fire) | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de UVCE | -- | -- | -- |
| | | | Flamazo (Flash fire) de nube de vapor | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | -- | -- | -- | -- | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | -- | -- | -- |
| | | | | | | | | Explosión física de recipiente a alta presión | -- | -- | -- |

Los resultados mostrados son a 1.5 m/seg y estabilidad F.
El punto de ignición se consideró como probable a 10 metros a partir del punto de fuga.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



EI.03.- Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8^o-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| I. DATOS GENERALES | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|---|----------------------------|---|---|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| Elaboró: | B.A.G.E. | | | Fecha: | Agosto del 2022 | | Software de Simulación: | Phast | | |
| Proyecto: | Gasoducto | | | | | | | | | |
| II. DATOS DEL ESCENARIO | | | | | | | | | | |
| Clave | EI.03 | | | Tipo de Caso | | | Región de Riesgo del Caso Alterno | | | |
| Descripción | Ruptura total con fuga de gas, formación de nube tóxica, posible incendio y/o explosión | | | Peor Caso | Caso Más Probable | Caso Alterno | No Tolerable | ALARP | Tolerable | |
| | | | | X | | | | X | | |
| Modelo(s) empleado(s) en la Simulación | | | | | | | | | | |
| Dardo de fuego (Jet fire) | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | Charco de fuego (Pool fire) | Flamazo de nube de vapor (Flash fire) | Explosión de nube de vapor | | Explosión física de recipiente a alta presión | Nube tóxica | | | |
| | | | | Confinada (CVCE) | No confinada (UVCE) | | | | | |
| X | -- | -- | -- | -- | X | X | -- | | | |
| III. SUSTANCIA(S) INVOLUCRADA(S) | | | | | | | | | | |
| Nombre de la sustancia: | | Gas Combustible | | | | | | | | |
| Composición | | | | Propiedades | | | | | | |
| Nombre del componente | % Mol | % Peso | % Vol. | LFL % | UFL % | IDLH ppm | TLV (8h, TWA) ppm | TLV (15min, TWA) ppm | Densidad (kg/m ³) | Presión de vapor (kg/cm ² , psi, pascales, bares) |
| Gas Combustible | Ver Tabla 4-16 | | | - | - | - | - | - | 69.01 | - |
| IV. CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LIBERACIÓN | | | | | | | | | | |
| Tipo de Recipiente | | | | | | | | | | |
| Cilindro | | Esfera | | Tubería | | | Otro (Especifique) | | | |
| | | | | X | | | | | | |
| Altura (m) | Diámetro (m) | Diámetro (m) | Longitud (m) | Diámetro (plg) | Dimensiones | | | | | |
| | | | 8200 | 8 | | | | | | |
| Condiciones de Operación | | | | | Estado Físico | | | | | |
| Presión (psig) | Temperatura (°C) | | Flujo en caso de tubería (m ³ /hr) | | | Líquido | Vapor | Líquido/Vapor | | |
| 1066.75 | 35 | | 6,489.27 | | | En el recipiente | X | | | |
| | | | | | Punto de Fuga | X | | | | |
| Tipo de Fuga | | | | | Tipo de superficie sobre la que se encuentra el recipiente: | | | | | |
| Orificio en cuerpo o tubería | Falla catastrófica (rotura total) | Liberación en Válvula de alivio | Cizalla de tubería | Otro (especifique) | Tierra seca | Tierra húmeda | Concreto | Otro (especifique) | | |
| X | | | | | | | X | | | |
| Características Orificio de fuga | | | | Punto de fuga | | | Dique | | | |
| Diámetro (plg) | Área (plg ²) | Coef. de pérdida del orificio | Elevación del punto de liberación (m) | | | Altura hidráulica (m) | | Área del dique (m ²) | | |
| 8 | - | 0.87 | 1 | | | - | | - | | |
| Dirección de la Fuga | | | | | | Tipo de Liberación | | | | |
| Vertical | Horizontal | Hacia abajo | Golpea contra | Inclinada | Grados | Continua | | Masiva | | |
| - | X | - | - | | | X | | | | |
| Tiempo estimado de liberación (desde que se presenta la fuga hasta que deja de emitir debido a una acción de control o bien al agotamiento del inventario) (s) | | | | Inventario fugado (kg) | | | Tasa de liberación (kg/s) | | | |
| 10 | | | | 19,595.1 | | | 1,959.5 | | | |
| V. CONDICIONES ATMOSFÉRICAS Y TIPO DE SUELO | | | | | | | | | | |
| Estabilidad atmosférica | | | | 1.5 F | | | 4.72 B | | | |
| Temperatura atmosférica (°C) | | | | 28.56°C | | | | | | |
| Presión atmosférica | | | | 1 atm (14.7) psi | | | | | | |
| Porcentaje de humedad relativa | | | | 87.51 % | | | | | | |
| Direcciones dominantes y velocidad del viento | | | | Este - SurEste | | | | | | |
| Tipo de suelo (rugosidad empleada) | | | | --- | | | | | | |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



| VI. RESUMEN DE RESULTADOS (RADIOS DE AFECTACIÓN) | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|--------------------------|--|------------------------------|--------|-------------|-------------------------|---|------------------------------|-------------|-----------------|
| Radios por toxicidad | | | Radios por radiación térmica | | | | Radios por sobrepresión | | | | |
| | | | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | | Alto Riesgo | Amortiguamiento | Modelo | Alto Riesgo (daño a equipos) | Alto Riesgo | Amortiguamiento |
| Alto Riesgo | Amortiguamiento | | | kW/m ² | psi | 3 - 10 | 1.0 | | 0.5 | | |
| IDLH ppm | TLV _{15min} ppm | TLV _{8h} ppm | | | | | | | | m | m |
| -- | -- | -- | Dardo de fuego (Jet fire) | 163.31 | 210.20 | 273.17 | 408.85 | Explosión temprana (Early explosión) de UVCE | N/A | 41.30 | 72.45 |
| | | | Charco de fuego temprano (Early pool fire) | -- | -- | -- | -- | Explosión temprana (Early explosión) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | Charco de fuego tardío (Late pool fire) | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de UVCE | -- | -- | -- |
| | | | Flamazo (Flash fire) de nube de vapor | -- | -- | -- | -- | Ignición tardía (Late Ignition) de CVCE | -- | -- | -- |
| | | | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | -- | -- | -- | -- | BLEVE/ Bola de fuego (Fire ball) | -- | -- | -- |
| | | | | | | | | Explosión física de recipiente a alta presión | -- | -- | -- |

Los resultados mostrados son a 1.5 m/seg y estabilidad F.

El punto de ignición se consideró como probable a 10 metros a partir del punto de fuga.

4.3 Representación en los planos de los radios potenciales de afectación.

Como parte del análisis de consecuencias de los escenarios propuestos, se generaron diagramas de pétalos que permiten representar las Zonas de Alto Riesgo y Amortiguamiento (radiación térmica) de los escenarios simulados. En estas imágenes se pueden identificar los puntos de interés, así como otras áreas, equipos, ductos o instalaciones que pudieran verse afectadas en caso de presentarse un evento adverso. En la siguiente sección se presentan las imágenes correspondientes a cada uno de los escenarios analizados.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



EI.01.- Escenario 1

Tabla 31. Radios por radiación térmica (Jet Fire)

| Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Negra) | Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Naranja) | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|---|---|--------------------------------|---------------------------------|
| 37.5 (kW/m ²) | 12.5 (kW/m ²) | 5.0 (kW/m ²) | 1.4 (kW/m ²) |
| 21.60 m | 26.46 m | 31.30 m | 41.63 m |

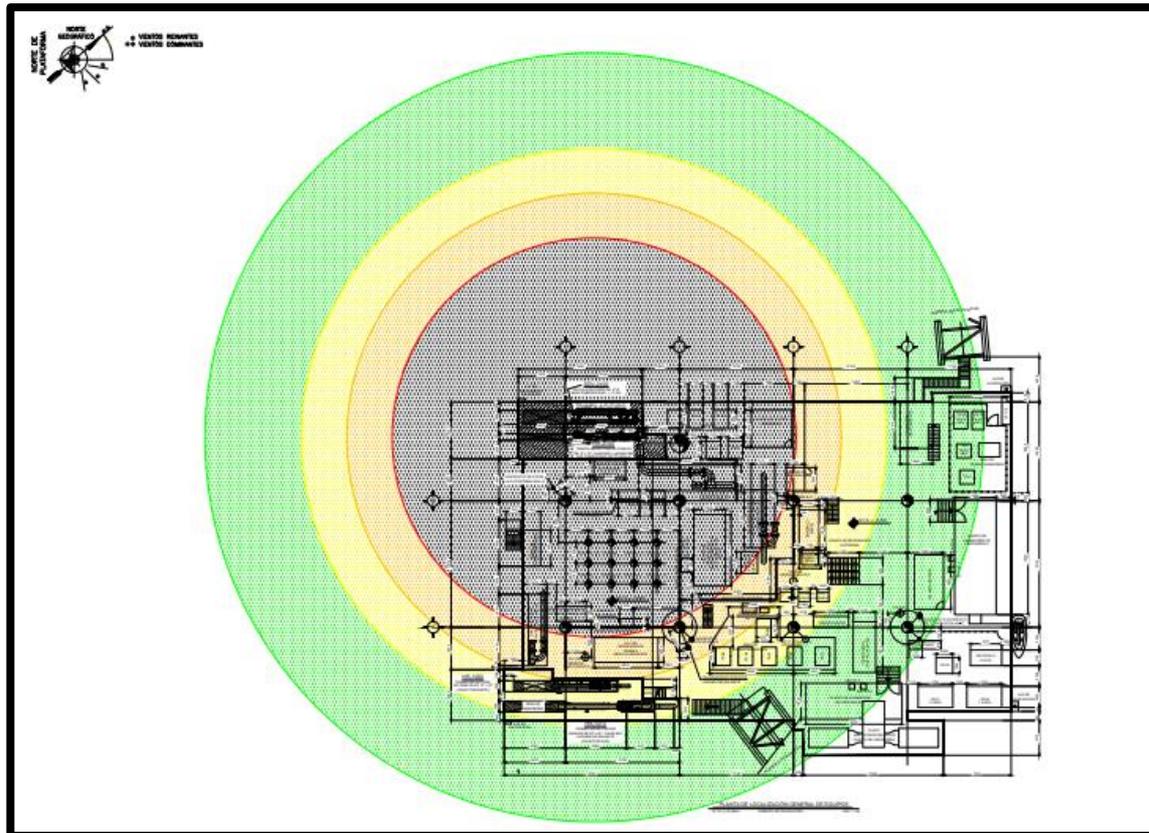


Imagen 3. Zona de riesgo Jet Fire.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 32. Radios por sobrepresión (UVCE)

| Alto Riesgo con daño a equipos | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 3 – 10 (psi) | 1.0 (psi) | 0.5 (psi) |
| N/A | 14.23 m | 18.45 m |

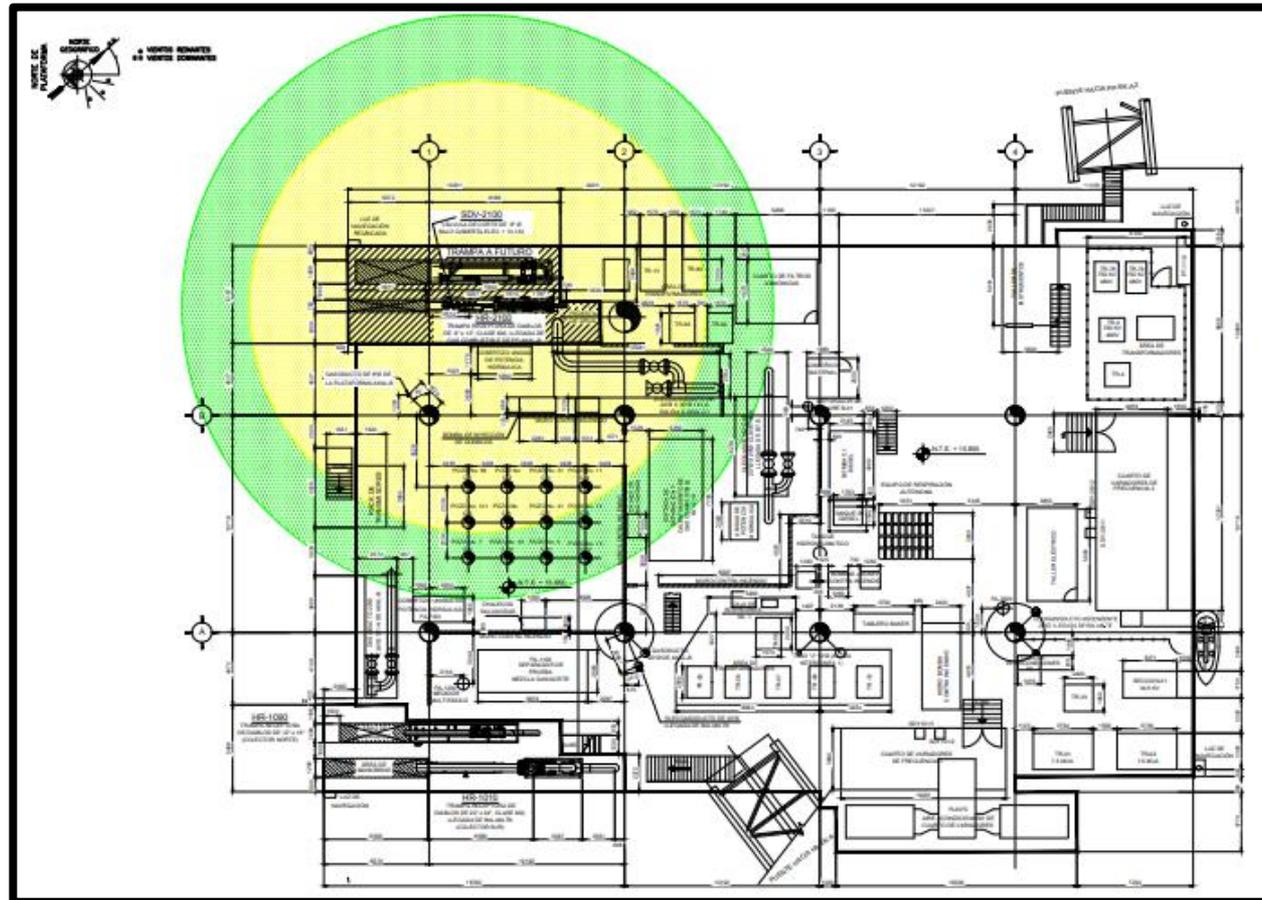


Imagen 4. Zona de riesgo Sobrepresión.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



EI.02.- Escenario 2.

Tabla 33. Radios por radiación térmica (Jet Fire)

| Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Roja) | Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Naranja) | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|--|---|--------------------------------|---------------------------------|
| 37.5 (kW/m ²) | 12.5 (kW/m ²) | 5.0 (kW/m ²) | 1.4 (kW/m ²) |
| 163.31 m | 210.20 m | 273.17 m | 408.85 m |

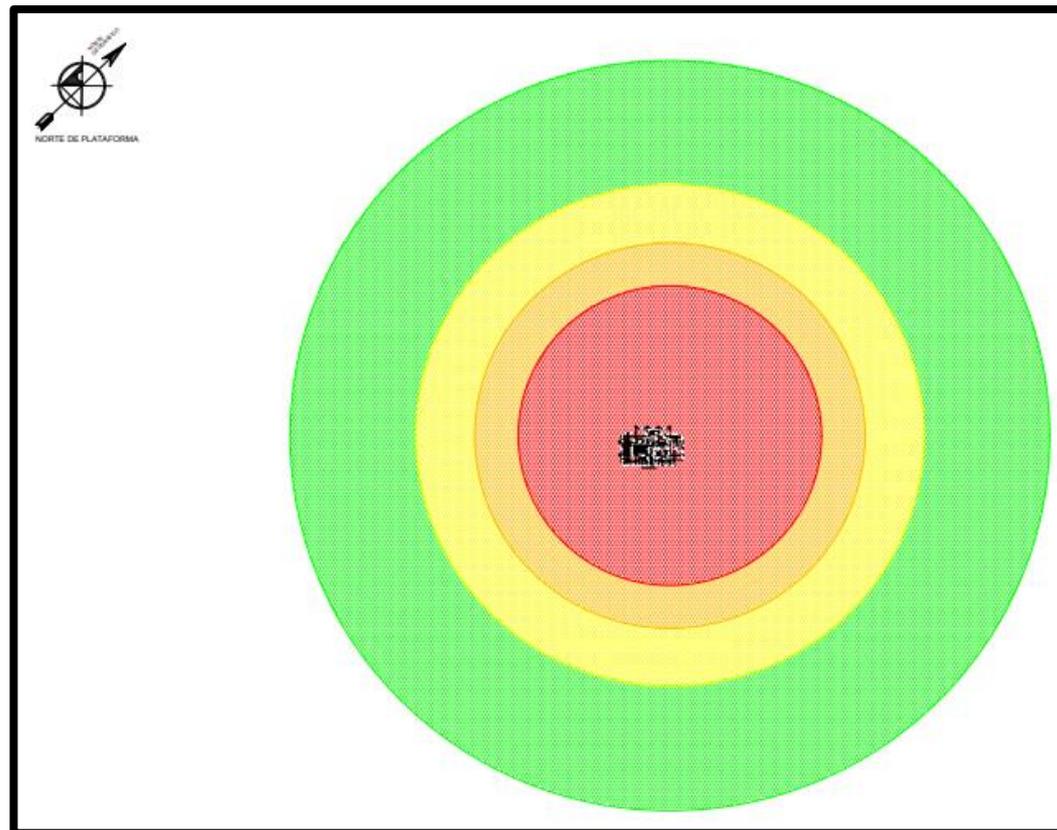


Imagen 5. Zona de riesgo Jet Fire.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 34. Radios por sobrepresión (UVCE)

| Alto Riesgo con daño a equipos | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 3 – 10 (psi) | 1.0 (psi) | 0.5 (psi) |
| N/A | 41.30 m | 72.45 m |

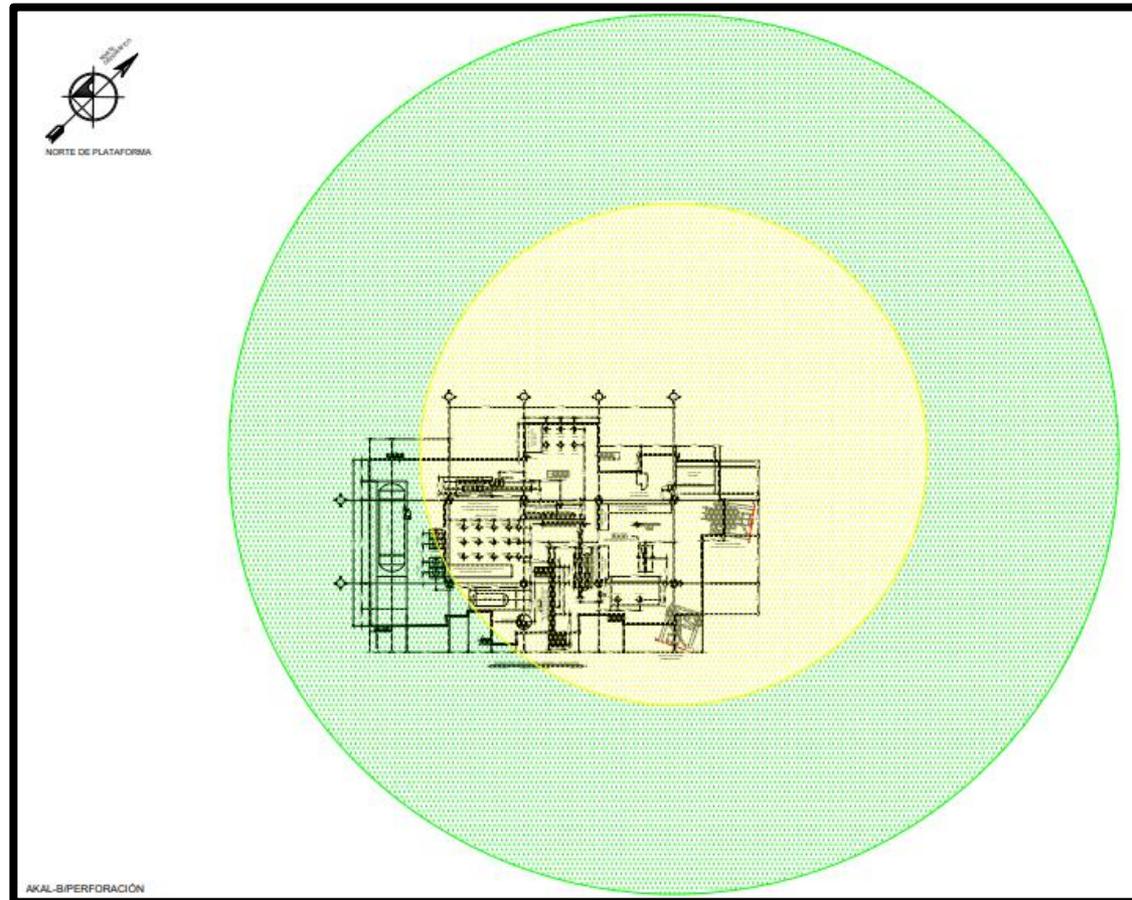


Imagen 6. Zona de riesgo Sobrepresión.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



EI.03.- Escenario 3.

Tabla 35. Radios por radiación térmica (Jet Fire)

| Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Roja) | Alto Riesgo con daño a equipos (Zona Naranja) | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|--|---|--------------------------------|---------------------------------|
| 37.5 (kW/m ²) | 12.5 (kW/m ²) | 5.0 (kW/m ²) | 1.4 (kW/m ²) |
| 163.31 m | 210.20 m | 273.17 m | 408.85 m |

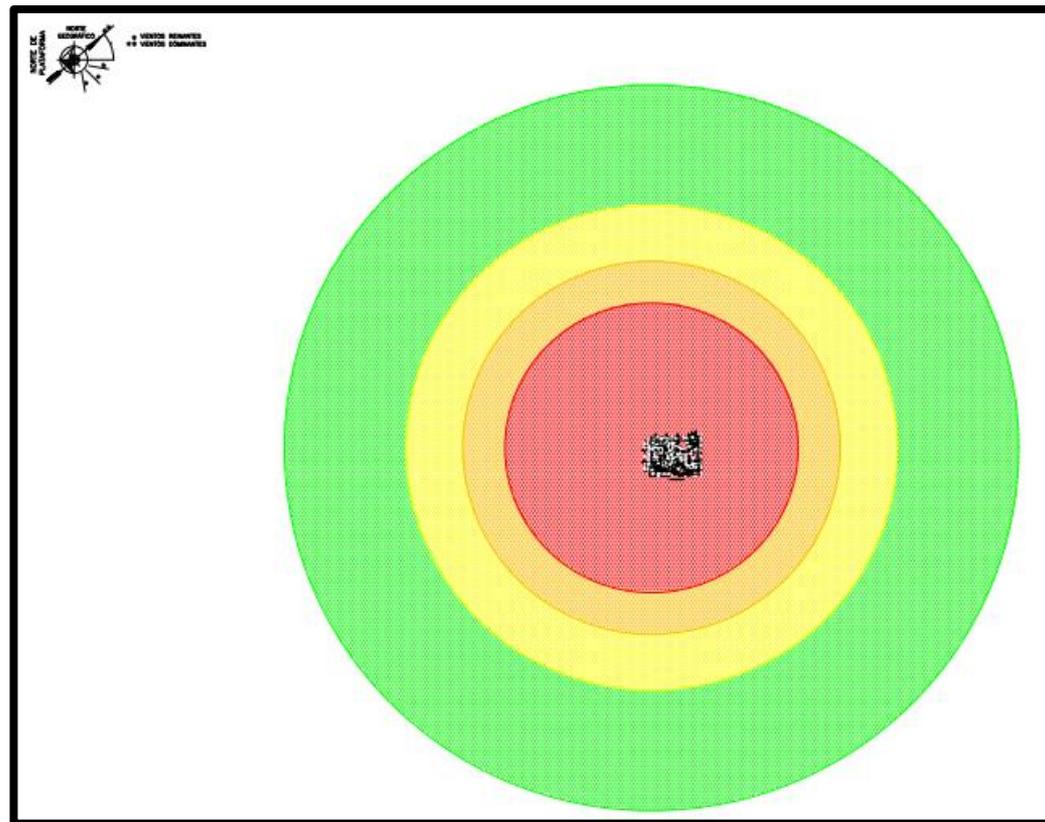


Imagen 7. Zona de riesgo Jet Fire.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Tabla 36. Radios por sobrepresión (UVCE)

| Alto Riesgo con daño a equipos | Alto Riesgo (Zona Amarilla) | Amortiguamiento (Zona Verde) |
|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 3 – 10 (psi) | 1.0 (psi) | 0.5 (psi) |
| N/A | 41.30 m | 72.45 m |

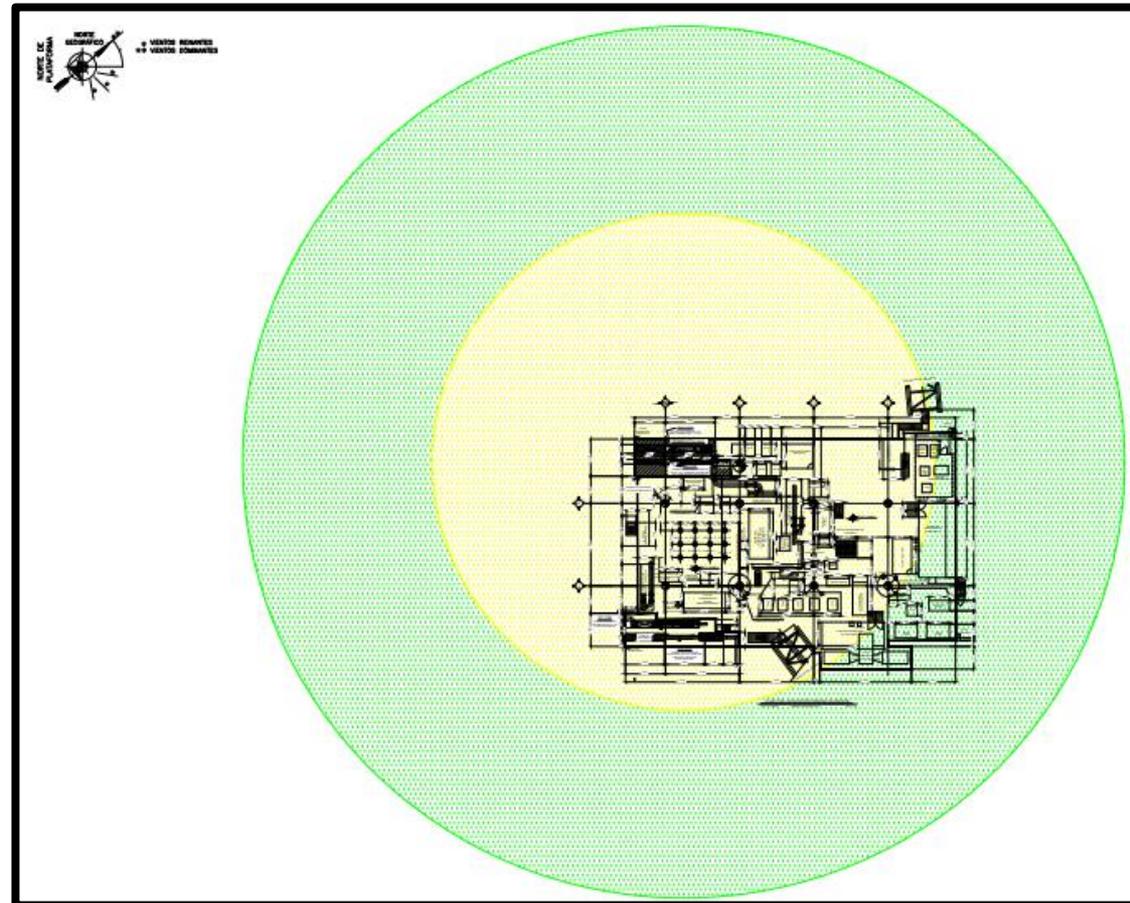


Imagen 8. Zona de riesgo Sobrepresión.



4.4 Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo

Una vez que he realizado el análisis cuantitativo de riesgo mediante el análisis frecuencial, me corresponde determinar el posicionamiento real de los riesgos identificados. Para llevar a cabo el análisis cualitativo mediante las metodologías HazOp y What If..?, se clasificaron los riesgos para los distintos receptores, a partir del riesgo inherente, es decir, sin considerar las protecciones o salvaguardas con que cuenta la instalación para prevenir y mitigar los riesgos.

En la tabla 37 presento el reposicionamiento de los riesgos considerando la frecuencia de los eventos en el análisis frecuencial.

De acuerdo con los resultados del análisis de consecuencias mostrados específicamente en las tablas de resultados y los diagramas de pétalos mostrados, puedo comparar con la tabla 3 en donde se obtiene una categoría de consecuencia C1 a C6 para los cuatro receptores de riesgo (Personal, Población, Medio ambiente y Producción/Instalación). Esto aplica de acuerdo con la redacción de escenarios para golpe externo (ruptura catastrófica y parcial del 20 %), fugas por sobrepresión en bridas de líneas de proceso y en línea regular del ducto.

La frecuencia obtenida para el reposicionamiento está dada de acuerdo con los escenarios simulados, se tiene una frecuencia que va desde 4.00×10^{-05} a 8.20×10^{-04} , esto comparándolo con la tabla 2 tengo una categoría de frecuencia Extremadamente Raro (F1). Esto aplica de acuerdo con la redacción de escenarios planteados en este estudio. Aun así, entiendo que la frecuencia de estos eventos es genérica, al igual que las frecuencias obtenidas a través de árboles de fallos. Ver tabla 29.

Una vez que he entendido lo anterior, determiné el reposicionamiento de los escenarios en un nivel de riesgo bajo (tolerable) resultados del análisis cualitativo, así como de los



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



escenarios tomados para las simulaciones. Por lo cual quedaron como se indica en la siguiente tabla.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 37. Reposicionamiento de escenarios de riesgo (Escenarios Simulados).

| Ponderación realizada por el Grupo Multidisciplinario | | | | | | Reposicionamiento Análisis Cuantitativo | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|---|---|----|----------------|---|----|--------------------------|---|----|-----------|---|----|----|--------------------------|
| Sin Protecciones (Riego Inherente) | | | | Con Protecciones (Riesgo de Diseño) | | Personal | | | Medio Ambiente | | | Producción / Instalación | | | Población | | | MR | Clasificación del Riesgo |
| Escenario | Descripción del escenario | MR | Clasificación del Riesgo | MR | Clasificación del Riesgo | F | C | NR | F | C | NR | F | C | NR | F | C | NR | | |
| EI.01 | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 36 | C | 16 | D | 1 | 5 | C | 1 | 3 | D | 1 | 3 | D | 1 | 1 | D | 12 | D |
| EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 34 | C | 17 | D | 1 | 5 | C | 1 | 6 | C | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | 17 | D |
| EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 34 | C | 17 | D | 1 | 5 | C | 1 | 6 | C | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | 17 | D |

Los Escenarios de Riesgo que he enlistado son caracterizados como Tolerable (D), lo que significa que los riesgos asociados a ellos están administrados y no se requiere realizar ninguna actividad adicional. Ahora que he concluido el reposicionamiento de los Escenarios de Riesgo con los resultados del Análisis de Riesgos Cuantitativo, he creado una nueva lista en la que he enlistado los escenarios de acuerdo con los resultados de su nueva MR, tal como se muestra en la siguiente tabla:



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Tabla 38. Resumen de Reposicionamiento de Escenarios de Riesgo.

| Planta o Área de Proceso: | "Gasoducto" | | Equipo Multidisciplinario: | - | Fecha: | - | |
|---------------------------|---|--|---|---------------------------|---------|---------|---------|
| No. de Escenario | Desviación | Causa | Consecuencia | Clave de la recomendación | MR | | |
| | | | | | In | Dis | Re |
| EI.01 | Más Presión | 1.1.2 Cierre de SDV-2100 por error operativo en PP-B. 1.1.3 Cierre de SDV-2100 por robo, vandalismo y/o sabotaje. | Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV-2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | N/A | 36 C | 16 D | 12 D |
| EI.02 | Pérdida de contención en ducto ascendente de PP-A | 1.9.5 Golpe externo por embarcación | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | N/A | 34 C | 17 D | 17 D |
| EI.03 | Pérdida de contención en ducto ascendente de PP-B | 1.9.6 Golpe externo por embarcación | Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | N/A | 34 C | 17 D | 17 D |

Nota: In = Inherente, Dis = Diseño / Residual, Re= Re jerarquizado.



4.5 Requerimientos para la Administración de la Seguridad de los Procesos (ASP)

Todos los equipos del proyecto “**Gasoducto**” deberán ser considerados dentro de los programas de mantenimiento general, sin embargo, en base a los siguientes criterios de clasificación de criticidad de equipos:

Equipo CRÍTICO.

Sistemas, maquinaria, equipos, instalaciones o componentes cuya falla resultaría, permitiría o contribuiría a una liberación de energía (por ejemplo, fuego o explosión, etc.) capaz de originar una exposición al personal o a una cantidad suficiente de sustancias peligrosas, lo cual resultaría en una lesión, un daño irreversible a la salud o la muerte, así como daño significativo a las instalaciones o al ambiente (GO-SS-TC-0002-2020, 2020).

Equipo SEMI-CRÍTICO.

Es aquel que cuando tiene una falla, afecta parcialmente el funcionamiento del sistema productivo, pero no causa una parada total. Es decir, la falla de un equipo semi-crítico origina pérdidas parciales de producción. Su estado fuera de servicio solo reduce los niveles de producción.

Equipo NO-CRÍTICO.

Es aquel cuya falla no afecta el sistema productivo. Puede estar fuera de servicio, sin causar pérdidas o reducciones de producción.

En este contexto, del Análisis de identificación de riesgos HazOp, analizó el equipo



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



principal de proceso y se ponderaron cualitativamente los riesgos asociados a la operación de estos equipos por lo que se puede afirmar que la falla de los equipos principales de los nodos analizados por esta metodología, pueden clasificarse como críticos.

De lo anterior, el proyecto “**Gasoducto**”, considero que todos los elementos de este sistema son críticos.

Equipos críticos:

- Válvula SDV-2100 en la línea de PP-B.
- Válvula SDV-4360 en la línea de PP-A.

Tabla 39. Lista de equipos críticos para la ASP.

| Planta o Área de Proceso: | | | Gasoducto | | | Equipo Multidisciplinario: | | Ver Tabla 1-1 | | Fecha: | | - |
|---------------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|---------------|---------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------|---------------------------------|-----------------------------|----------|
| Proceso / Subproceso Analizado: | | | Gasoducto | | | Intención / Condiciones de Diseño del Proceso / Subproceso Analizado: | | | | | | |
| Nodo | Escenario | Nombre Técnico del Equipo Crítico | TAG Actual | TAG Propuesto | No Plano/ Documento | LSO Mín | CEO Máx. | Cond Op. | CEO Mín. | LSO Máx. | Capa de Protección Asociada | MR (Dis) |
| 1 | EI.01 | Shut down valve | SDV-4360 | N/A | - | Presión 20 kg/cm ² | Presión 75 kg/cm ² | Presión 30 kg/cm ² | -- | Presión 82.5 kg/cm ² | PSH-4360 PSL-4360 | 16 D |
| 1 | EI.02 | Shut down valve | SDV-2100 | N/A | - | Presión 20 kg/cm ² | Presión 75 kg/cm ² | Presión 30 kg/cm ² | -- | Presión 82.5 kg/cm ² | PSH-2100 PSL-2100 | 17 D |

Nota: LSO: Límite Seguro de Operación, CEO: Condiciones Esperadas de Operación.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



4.6 Recomendaciones emitidas para administrar los riesgos

Durante las sesiones de análisis de identificación de riesgos, el grupo Multidisciplinario de Trabajo (GMAER) emitió las siguientes recomendaciones, a fin de mantener el riesgo dentro de un nivel aceptable. La tabla 40 se enlistan dichas recomendaciones:

Tabla 40. Recomendaciones del informe ARP.

| Clave de Recomendación | Etapas del ARP en la cual se Emitió | Descripción de la Recomendación | Elementos SAPS Involucrados | Escenarios de Riesgo Involucrados | MR (Dis) |
|------------------------|-------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------------|----------|
| APC-B5-001-2022 | Análisis Cualitativo (HAZOP) | Incluir en el programa de pruebas funcionales las válvulas SDV-2100 PP-B y SDV-4360 PP-A. | -- | Causas: 1.1.1 (HAZOP) | 16 D |
| APC-B5-002-2022 | Análisis Cualitativo (HAZOP) | Configurar PAH/PAL en el PIT-4362A en el SDMC, para acción del operador. [Nota: Verificar los puntos de ajuste de estas alarmas] | -- | Causas: 1.2.1., 1.2.2 (HAZOP) | 21 C |

Una de las recomendaciones anteriores fue emitida por encontrarse fuera del nivel de riesgo Tolerable. En el Anexo de este documento presento el Análisis Costo Beneficio para verificar la viabilidad económica de la recomendación anterior; El análisis costo beneficio forma parte del Análisis Cuantitativo de Riesgo y del cual como factor resultante la recomendación APC-B5-002-2022, se encuentra JUSTIFICADA. Lo anterior de igual manera, deberá quedar a consideración de la MACT si serán atendidas o serán consideradas como áreas de oportunidad de acuerdo con lo establecido en la Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción GO-SS-TC-0002-2020 versión segunda.



5 CONCLUSIONES

En este informe de análisis de riesgo de proceso (ARP) en etapa de ingeniería de detalle, se utilizó la Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción documento GO-SS-TC-0002-2020 Rev. 2, Apartado 5.3.5, Pág. 33. En el análisis preliminar de riesgo, se llevó a cabo utilizando la Lista de Verificación del API-14C por lo que la instalación del gasoducto cumple con lo indicado a los estándares establecidos, concluyendo satisfactoriamente de acuerdo con dicha lista.

En el análisis cualitativo de riesgo mediante las técnicas HAZOP y What If...?, se han identificado escenarios clasificados como eventos de Riesgo ALARP y Riesgo Indeseable. Tras un exhaustivo análisis de estos escenarios, se plantearon tres escenarios de riesgo para realizar las simulaciones:

- **EI.01.** Sobrepresión en punto de interconexión en PP-A en la línea 4"-GC-3101-C-D60T1 debido al cierre de SDV 2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.
- **EI.02.** Pérdida de contención en ducto ascendente PP-A en la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.
- **EI.03.** Pérdida de contención en ducto ascendente PP-B en la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



De los cuales se obtuvieron dos recomendaciones para el proyecto, que incluyen la inclusión de válvulas en el programa de pruebas funcionales y la configuración de PAH/PAL en el PIT-4362A en el SDMC para acción del operador. Derivado de esto se procedió a realizar un análisis costo beneficio donde se evaluó la procedencia de recomendaciones emitidas, comparando la magnitud del riesgo con los costos para su implantación y la disminución del riesgo analizado, donde el resultado del análisis de la inversión para la implantación de la recomendación del análisis de riesgos está justificado, ya que el Factor de Justificación $FJ=9$. Por lo tanto para la recomendación de acuerdo con el numeral 8.4.12 de la Guía Técnica para Análisis Costo-Beneficio, de Recomendaciones Emitidas en los Análisis de Riesgo GO-SS-TC-0002-2020 Rev. 2, dice que: “La inversión para la implantación de la recomendación del análisis de riesgos está justificada, si el Factor de Justificación resulta con un valor mayor a 1”, Para más detalles ver anexo “Calculo Costo Beneficio”.

Mediante el estudio de consecuencias se evaluaron los escenarios identificados en el análisis cualitativo, mediante el estudio de consecuencias se evaluaron los escenarios identificados en el análisis cualitativo, en el cual se simularon eventos como fuga de gas en uniones bridadas y ruptura total debido a golpe por embarcación del gasoducto originando radios de afectación considerables, cabe señalar que este tipo de eventos, de acuerdo con el análisis HazOp/ What if...? pudiera presentarse en las interconexiones del gasoducto, así mismo también a nivel del mar debido a las embarcaciones que pueden afectar el gasoducto.

En el presente estudio se desarrolló el análisis frecuencial para los mismos escenarios, lo que ha dado como resultado una baja frecuencia de ocurrencia que se encuentra en el rango de Riesgo Aceptable. Por lo tanto, no se considera necesario la implementación y/o configuración de salvaguardas adicionales a las ya recomendadas durante el HAZOP/ What If...? de este estudio.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



Las instalaciones del "Gasoducto" cuentan con elementos de control y de seguridad necesarios para evitar y minimizar los eventos de riesgo identificados en el presente estudio, por lo que se considera que el proyecto será una instalación segura, llevando a cabo el cumplimiento de las recomendaciones presentadas es necesario poner énfasis en realizar los programas de mantenimiento preventivo el cual es recomendable realizarse al menos una vez al mes y correctivo en caso de problemas específicos, los procedimientos de capacitación del personal operativo de la instalación, así como contar y/o actualizar los Programas de Prevención de Accidentes, los Programas de Protección Civil que sean requeridos por las autoridades respectivas y el Plan de Respuesta a Emergencias.

Estos estudios son de gran valor y análisis exhaustivo, ya que al momento de realizar las sesiones multidisciplinarias con personal calificado: ingeniería de diseño, ingeniería de proyectos de infraestructura estratégica, operación de pozos e instalaciones, mantenimiento, confiabilidad y construcción, seguridad salud en el trabajo y protección ambiental. El análisis se realiza desde el inicio del nodo definido analizando fallas en válvulas, equipos, errores humanos, etc. basado en la experiencia de cada uno de los participantes, para llegar a un acuerdo en definir la frecuencia de ocurrencia del evento, así como la consecuencia de este. Estos Análisis son sumamente interesantes ya que hay conocimiento y experiencia lo cual es un gran campo de oportunidad para aprender de las diferentes áreas que participan y como analistas de riesgo es desarrollar instalaciones seguras para el personal, población y medio ambiente. Desde mi punto de vista esta podría ser una gran materia para incorporar en el programa de estudios ya que el campo laboral es grande y con amplias oportunidades de trabajo.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



Bibliografía

1. PEMEX. (2011). *Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos*. Clave: DCO-GDOESSSPA-CT-001. Rev. 1.
2. PEMEX. (2020). *Guía operativa para realizar análisis de riesgo de procesos en los proyectos y/o instalaciones de Pemex Exploración y Producción*. Clave: GO-SS-TC-0002-2020. Rev. 2.
3. PEMEX. (2018). *Guía técnica operativa para realizar análisis de riesgos de procesos, de ductos y de seguridad física en Petróleos Mexicanos, sus empresas productivas subsidiarias y, en su caso, empresas filiales*. Clave: GTO-SSPA-ARP-001-2018 (COMERI-144).
4. PEMEX. (2012). *Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso*. Clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 2.
5. Protección Civil España. (1994). *Guía Técnica, Métodos Cuantitativos para el análisis de riesgos*.
6. API. (2001). *Recommended Practice for Analysis, Design, Installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems for Offshore Production Platforms*. Washington, D.C.: API Publishing.
7. Uijt de Haag, P.A.M. Ale, B.J.M. (1999). *Guidelines for quantitative risk assessment (CPR 18E) Purple Book*. Voorburg.
8. Roos, A.J. (1989). *Methods for the determination of possible damage (CPR 16E) Green Book*. Voorburg.
9. Schüller, J.C.H. Brinkman, J.L. Van Gestel, P.J. Van Otterloo, R.W. (1997). *Methods for determining and processing probabilities (CPR 12E) Red Book*. Voorburg.
10. Van den Bosch, C.J.H. Weterings, R.A.P.M. (1997). *Methods for the calculation of physical effects (CPR 14E) Yellow Book*. Voorburg.
11. AIChE. (2000). *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis: Second Edition*. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers.
12. Exida. (2007). *Safety Equipment Reliability Handbook*, 3ª edición. Exida.
13. ORENDA (2015). *Offshore Reliability Data*, 6th. Edition. ORENDA.



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



14. Technica, Ltd. *Techniques for assessing industrial hazards: a manual (English)*. World Bank technical paper; no. WTP 55 Washington, D.C.: World Bank Group.
15. Storch de Gracia, J.M. (1998). *Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras: fundamentos, evaluación de riesgos y diseño*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
16. Santamaria, J.M. Braña Aísa, P.A. (1994). *Análisis y reducción de riesgos en la industria química*. Madrid. MAPFRE.
17. IEC 61508. (2000). Functional Safety of Electric/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems.
18. IEC 61511. (2017). Functional safety - Safety instrumented systems for the Process Sector.
19. IEC 61511-3. (2016). Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector: Guidance for the determination of the required safety integrity levels.
20. IEC 61882. (2016). Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide.
21. IEC 61025. (2006). Fault tree analysis (FTA).
22. IEC 62502. (2010). Analysis techniques for dependability - Event tree analysis (ETA).
23. ISO 31010. (2017). Risk management – Risk assessment techniques. Lima, Perú.



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



ANEXOS



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**

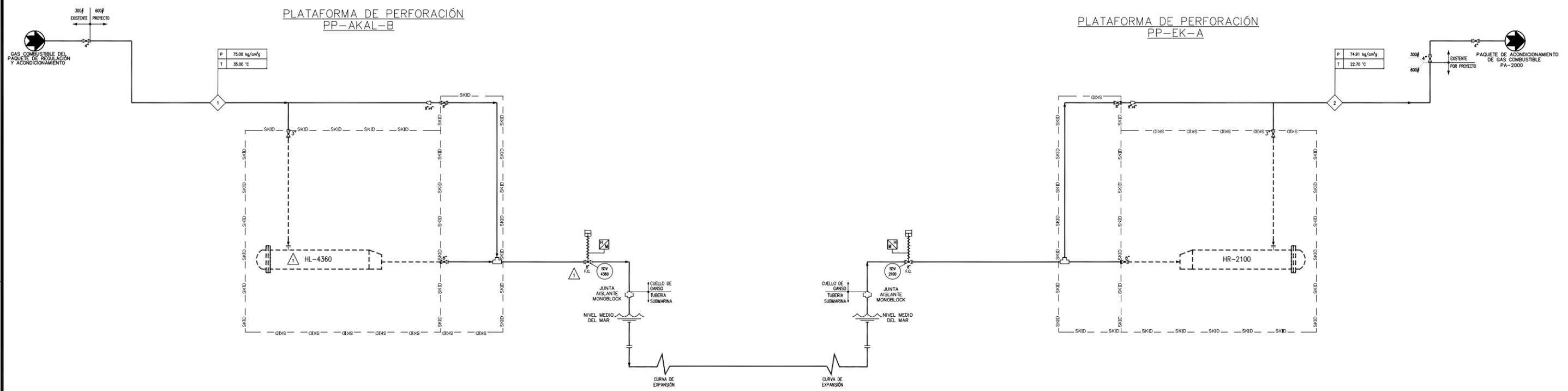


PLANOS

| LISTA DE EQUIPOS | | | |
|------------------|---------|----------------------------|---------------------------|
| PLATAFORMA | CLAVE | SERVICIO | CARACTERÍSTICAS |
| AKAL-B | HL-4360 | TRAMPA LANZADORA DE DABLOS | 8'0" x 12'0" CLASE 600 |
| PP-EK-A | HR-2100 | TRAMPA RECEPTORA DE DABLOS | |

- NOTAS GENERALES**
- PARA NOTAS GENERALES, LEYENDAS Y SIMBOLOS, VER PLANO D-7084-AKAL-B-A-500
 - LA INFORMACIÓN MOSTRADA EN EL CUADRO DE BALANCE CORRESPONDE A LOS FLUJOS Y CONDICIONES MÁXIMAS DE OPERACIÓN.
 - PARA EL DISEÑO DEL GASODUCTO SE CONSIDERARÁ PARA SERVICIO AMARCO
 - PARA MAYOR REFERENCIA SOBRE CONDICIONES MÁXIMAS, NORMALES Y MÍNIMAS, VER DOCUMENTO: 7084-AKAL-B-EM-A-001, BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.

LISTA DE CAMBIOS
 1- CAMBIO POR ADECUACIÓN POR CAMBIO DE TAG DE SDV



| NÚMERO DE CORRIENTE | 1 | 2 |
|---------------------|--------------------|---------------------|
| DESCRIPCIÓN | "SALIDA DE AKAL-B" | "LLEGADA A PP-EK-A" |
| FASE | GAS | |
| UNIDADES | | |
| PRESIÓN | 75.00 | 74.91 |
| TEMPERATURA | 35.00 | 22.7 |
| FLUJO DE GAS | 5.5 | 5.5 |
| PM | 20.13 | 20.13 |
| DENSIDAD | 69.01 | 74.06 |
| VISCOSIDAD | 0.0118 | 0.0114 |
| Z | 0.8481 | 0.8227 |

| FECHA | REV | DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. |
|-------|-----|--|----------|----------|---------|
| | 0 | APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN | JUN/2022 | J.F.X.M. | M.C.P. |
| | 1 | CAMBIO POR ADECUACIÓN POR CAMBIO DE TAG DE SDV | SEP/2022 | J.F.X.M. | M.C.P. |

| NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|------|-----------------------|
| | |
| | |
| | |

APC
SEP/2022
FECHA

EXPLORACION Y PRODUCCION

Subdirección de Proyectos de Explotación Estratégicos
 Gerencia de Supervisión de Proyectos de Infraestructura Estratégica
 Grupo Multidisciplinario de Supervisión de Ductos Marinos

CEPESA
GRUPO SACMAG

ProCmina

Arendal
Ejecución Confiable

NO. OFSHORE S. DE R. L. DE CV

APROBADO POR HOC/ARENDAL
ALDO BERNAL HERRERA

DIRECTOR DE OPERACIONES

HÉCTOR J. HERNÁNDEZ MIRANDA
GERENTE DE PROYECTO

MIGUEL GRANILLO ALTAMIRANO
GERENTE DE INGENIERÍA

ELABORADO/APROBADO POR EPESA
JESUS ANTONIO URSINA PÉREZ
GERENTE DE PROYECTO

"INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO"

"GASODUCTO DE 8'0" X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A."

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DE AKAL-B HACIA PP-EK-A)

No. DE CONTRATO: 640852805

LUGAR: SONDA DE CAMPECHE

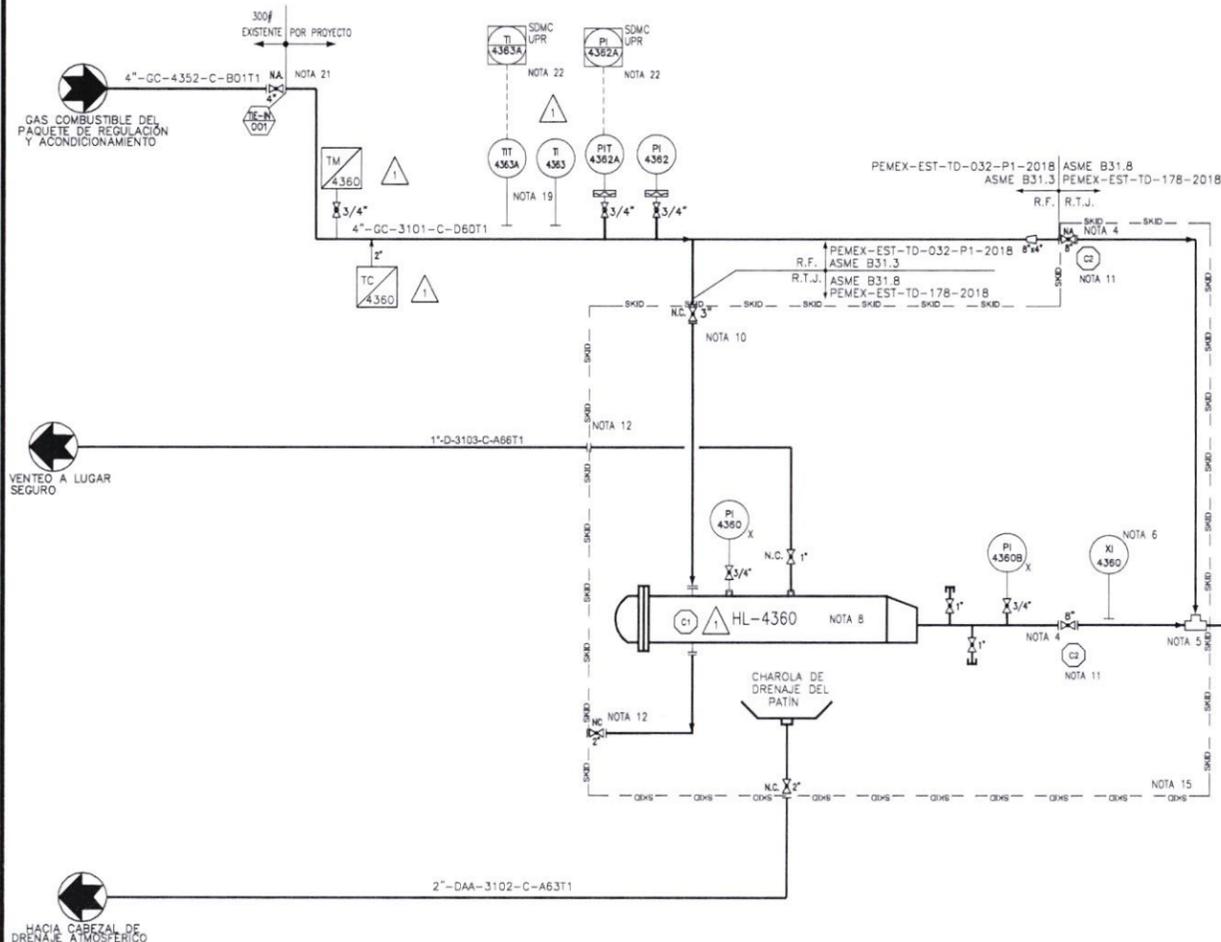
REV. 1

D-7084-AKAL-B-A-100

HL-4360
TRAMPA LANZADORA DE DIABLOS

DIMENSIONES: 8" X 12"
CLASE: 600
POSICIÓN: HORIZONTAL
CÓDIGO: ASME B31.8
ESPEC: PEMEX-EST-TD-178-2018
P. DIS = 82.5 kg/cm²man
TEMP. DIS = 35 °C

**PLATAFORMA DE PERFORACIÓN
PP-AKAL-B**



NOTA 9

| TAG | PRESIONES DE AJUSTE (Kg/cm ² man.) |
|-----------------|---|
| PSH-4360 | 47.00 |
| PSL-4360 | 15.00 |
| PSHH-4360 A/B/C | 47.00 |
| PAH-4360 A/B/C | 43.00 |
| PAL-4360 A/B/C | 17.50 |
| PSLL-4360 A/B/C | 15.00 |

NOTA 11

| IDENTIFICACIÓN | TAG | DESCRIPCIÓN | CRITERIO DE SELEC. |
|----------------|----------------------|--|--------------------|
| (C2) | B"-GC-3100-C-D60T1-1 | DUCTO DE TRANSPORTE DE GAS COMBUSTIBLE | 1 |
| (C1) | HL-4360 | TRAMPA LANZADORA DE DIABLOS | 1 |
| (C2) | N/A | VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO | 1 |
| (C3) | SDV-4360 | VÁLVULA DE CORTE (CONJUNTO VÁLVULA ACTUADOR) | 3 |

- NOTAS GENERALES**
- PARA NOTAS GENERALES, LEYENDAS Y SIMBOLOS, VER PLANO D-7084-AKAL-B-A-500.
 - GASODUCTO PARA GAS COMBUSTIBLE.
 - EL ACTUADOR DE LA VÁLVULA SERÁ OPERADO DE MANERA NEUMÁTICA.
 - VÁLVULA DE BOLA DE PASO COMPLETO TIPO R.T.J.
 - EL DISEÑO DE LA TUBERÍA DEBE CONSIDERAR "TEE" RECTA ESPECIAL PARA CORRIERAS DE DIABLO INSTRUMENTADO Y DE LIMPIEZA, NO SE ACEPTA "TEE CON BARRAS GUÍA".
 - DETECTOR DE PASO DE DIABLO DEL TIPO NO INTRUSIVO, DEBERÁ TENER DISPOSITIVO PARA PRUEBA DE CIERRE PARCIAL DE LA VÁLVULA SDV-4360 EN CONJUNTO CON EL ACTUADOR.
 - EL DISEÑO DE LA TRAMPA LANZADORA SERÁ CONFORME AL CÓDIGO ASME B31.8 Y PEMEX-EST-TD-178-2018, LA TUBERÍA DE PATEO Y PROCESO BAJO ASME B31.3.
 - LAS PRESIONES DE AJUSTE DE LOS INTERRUPTORES DE PRESIÓN SON PROPUESTAS Y SE CONFIRMARÁN CON EL APC.
 - LA VÁLVULA DE PATEO DEBERÁ ESTAR MONTADA LO MAS CERCA DE LA LÍNEA DE PROCESO.
 - DE ACUERDO AL MANUAL DE INTEGRIDAD MECÁNICA Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MAYO DE 2007.
 - LAS CONEXIONES DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA TRAMPA DE DIABLOS SE REALIZARÁN ÚNICAMENTE PARA LAS CORRIDAS DE DIABLOS Y EL ENCARGADO DE LAS CORRIDAS DE DIABLOS SERÁN LOS RESPONSABLES DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS DESCARGAS DE LAS PRUEBAS.
 - PRESIÓN DE AJUSTE POR PROVEEDOR.
 - LAS SEÑALES SE INTEGRARÁN A LA UPR DEL SPPE DE LA PLATAFORMA.
 - EQUIPO PAQUETE MONTADO SOBRE PATÍN ESTRUCTURAL, DEBERÁ INCLUIR: LANZADOR DE DIABLOS INSTRUMENTADO, INSTRUMENTACIÓN, TUBERÍA ACCESORIOS Y CHAROLA, ASÍ COMO LA INSTALACIÓN DE UNA BRIDA CIEGA POR CADA LÍNEA DE SERVICIO O PROCESO.
 - EQUIPO PAQUETE DE LA SDV.
 - LAS PRUEBAS PARCIALES DE LA VÁLVULA SDV-4360 SE REALIZARÁN DESDE EL TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO.
 - LOS INTERRUPTORES DE PRESIÓN PSH, PSL, VENDRÁN INTEGRADOS EN EL TABLERO DE CONTROL DEL ACTUADOR DE LA VÁLVULA SDV-4360.
 - EL TRANSMISOR E INDICADOR DE TEMPERATURA SERÁ DE TIPO NO INTRUSIVO.
 - EL ARREGLO DEL TABLERO DE CONTROL NEUMÁTICO, SERÁ RESPONSABILIDAD DEL PROVEEDOR DE LA VÁLVULA SDV-4360.
 - LA INTERCONEXIÓN SERÁ POR MEDIO DE LA BRIDA DE LA VÁLVULA EXISTENTE CLASE 300.
 - DE ACUERDO AL PLANTO 6 DE LA MINUTA DEL ARP DE LOS DÍAS 21 Y 22 DE JUNIO SE CONSIDERARÁ LA CONFIGURACIÓN DE ALARMAS VISIBLES Y AUDIBLES QUEDEN ACTIVADAS EN LA VISUALIZACIÓN DE LA IHM DEL SPPE EXISTENTE DE LA PP-AKAL-B.



| FECHA | REV | DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|-----|--|----------|----------|---------|------|-----------------------|
| | 0 | APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN | JUN/2022 | J.F.X.M. | M.C.P. | | |
| | 1 | CAMBIO POR ADECUACIÓN POR CAMBIO DE TAG DE SDV | SEP/2022 | J.F.X.M. | M.C.P. | | |

APC SEP/2022 FECHA

PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION

SACMAG **EPESA** **Arendal** **ProcMina**

APROBADO POR HOC/ARENDAL: ALDO BERNAL HERRERA, DIRECTOR DE OPERACIONES; J. HERNANDEZ MIRANDA, GERENTE DE PROYECTO; MIGUEL GRANILLO ALZAMORA, GERENTE DE INGENIERIA; JESUS ANTONIO URBINA PEREZ, GERENTE DE PROYECTO.

INGENIERIA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDAS DE CAMPECHE, GOLFO DE MEXICO.

GASODUCTO DE 8" X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

DIAGRAMA DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS DE PLATAFORMA AKAL-B

No. de CONTRATO: 640852805
LUGAR: SONDAS DE CAMPECHE

D-7084-AKAL-B-A-300

NOTAS GENERALES

- PARA NOTAS GENERALES, LEYENDAS Y SIMBOLOS, VER PLANO D-7084-AKAL-B-A-300.
- GASODUCTO PARA GAS COMBUSTIBLE.
- EL ACTUADOR DE LA VÁLVULA SERÁ OPERADO DE MANERA NEUMÁTICA.
- VÁLVULA DE BOLA DE PASO COMPLETO TIPO R.T.J.
- EL DISEÑO DE LA TUBERÍA DEBE CONSIDERAR "TEE" RECTA ESPECIAL PARA CORRIDA DE DIABLO INSTRUMENTADO Y DE LIMPIEZA, NO SE ACEPTA "TEE CON BARRAS GUÍA".
- DETECTOR DE PASO DE DIABLO DEL TIPO NO INTRUSIVO.
- DEBERÁ TENER DISPOSITIVO PARA PRUEBA DE CIERRE PARCIAL DE LA VÁLVULA SDV-2100 EN CONJUNTO CON EL ACTUADOR.
- EL DISEÑO DE LA TRAMPA RECEPTORA SERÁ CONFORME AL CÓDIGO ASME B31.8 Y LA ESPECIFICACIÓN TÉCNICA P.2.0711.01:2015, LA TUBERÍA DE PATEO Y PROCESO BAJO ASME B31.3.
- LAS PRESIONES DE AJUSTE DE LOS INTERRUPTORES DE PRESIÓN SON PROPUESTAS Y SE CONCILIARÁN CON LA PARTE OPERATIVA DE LA PLATAFORMA, ASÍ COMO TAMBIÉN SERÁN VERIFICADAS EN EL ARP.
- LA VÁLVULA DE PATEO DEBERÁ ESTAR MONTADA LO MÁS CERCA DE LA LÍNEA DE PROCESO.
- DE ACUERDO AL MANUAL DE INTEGRIDAD MECÁNICA Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE MAYO DE 2007.
- LAS CONEXIONES DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA TRAMPA DE DIABLOS SE REALIZARÁN ÚNICAMENTE PARA LAS CORRIDAS DE DIABLOS Y EL ENCARGADO DE LAS CORRIDAS DE DIABLOS SERÁN LOS RESPONSABLES DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS DESCARGAS DE LAS PRUEBAS.
- PRESIÓN DE AJUSTE POR PROVEEDOR.
- LAS SEÑALES SE INTEGRARÁN AL UPR DE LA PLATAFORMA.
- EQUIPO PAQUETE MONTADO SOBRE PATÍN ESTRUCTURAL, DEBERÁ INCLUIR: RECEPTOR DE DIABLOS INSTRUMENTADO, INSTRUMENTACIÓN, TUBERÍA, ACCESORIOS Y CHAROLA, ASÍ COMO LA INSTALACIÓN DE UNA BRIDA CIEGA POR CADA LÍNEA DE SERVICIO O PROCESO.
- EQUIPO PAQUETE DE LA SDV.
- LOS INTERRUPTORES DE PRESIÓN PSH, PSL, VENDRÁN INTEGRADOS EN EL TABLERO DE CONTROL DEL ACTUADOR DE LA VÁLVULA SDV-2100.
- EL INDICADOR DE TEMPERATURA SERÁ DE TIPO NO INTRUSIVO.
- LA CONFIGURACIÓN Y CONEXIÓN DE LOS TRANSMISORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA (PIT-2100/TIT-2100) SERÁN INALÁMBRICOS Y SU INTEGRACIÓN SERÁ POR OTROS.
- LAS SEÑALES SE INTEGRARÁN A FUTURO POR OTROS, CUANDO SE CUENTE CON UN SPPE ELECTRÓNICO EN LA PLATAFORMA.
- DE ACUERDO AL PUNTO 7 DE LA MINUTA DE REUNIÓN CON ACTIVO DE PRODUCCIÓN CANTARELL DEL DÍA 27 DE MAYO, EL APC SOLICITA QUE LOS PITS-2100A/B/C NO SE REALICEN DEBIDO A QUE NO SE TIENE CONSIDERADO EN EX-A NINGUN PROYECTO DE SPPE Y REPRESENTAN PUNTOS DE FALLA AL QUEDAR FUERA DE OPERACIÓN Y SER INTRUSIVOS.

NOTA 11

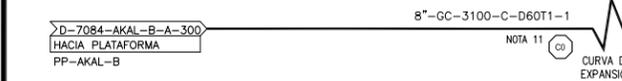
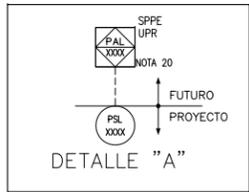
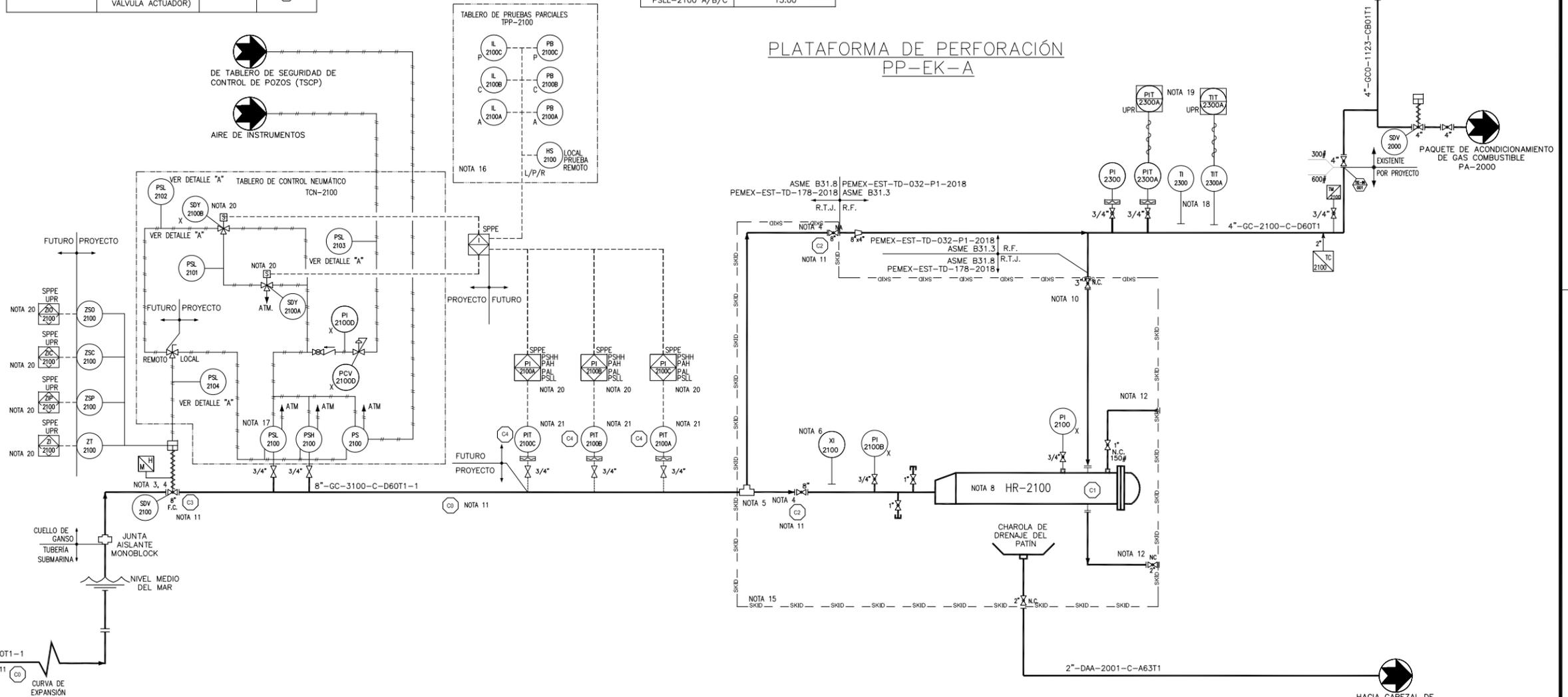
| CRITERIO DE SELEC. | DESCRIPCIÓN | TAG | IDENTIFICACIÓN |
|--------------------|--|----------------------|----------------|
| 1 | DUCTO DE TRANSPORTE DE GAS COMBUSTIBLE | 8"-GC-3100-C-D60T1-1 | C0 |
| | TRAMPA RECEPTORA DE DIABLOS | HR-2100 | C1 |
| | VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO | N/A | C2 |
| 3 | VÁLVULA DE CORTE (CONJUNTO VÁLVULA ACTUADOR) | SDV-2100 | C3 |

NOTA 9

| TAG | PRESIONES DE AJUSTE (Kg/cm2 man.) |
|-----------------|-----------------------------------|
| PSH-2100 | 80.00 |
| PSL-2100 | 15.00 |
| PSHH-2100 A/B/C | 80.00 |
| PAH-2100 A/B/C | 77.50 |
| PAL-2100 A/B/C | 17.50 |
| PSLL-2100 A/B/C | 15.00 |

HR-2100
TRAMPA RECEPTORA DE DIABLOS

DIMENSIONES: 8" x 12"
CLASE: 600
POSICIÓN: HORIZONTAL
CÓDIGO: ASME B31.8
ESPEC: P.2.0711.01:2015
P. DIS.= 82.5 kg/cm²man
TEMP. DIS.= 35 °C



| FECHA | REV | DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|-----|---|----------|----------|----------|------|-----------------------|
| | A | PARA REVISIÓN INTERNA | ABR/2022 | J.F.X.M. | M.C.V.D. | | |
| | B | PARA CHEQUEO CRUZADO | ABR/2022 | J.F.X.M. | M.C.V.D. | | |
| | C | PARA REVISIÓN Y/O COMENTARIOS DEL CLIENTE | MAY/2022 | J.F.X.M. | M.C.V.D. | | |
| | D | PARA ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO | MAY/2022 | J.F.X.M. | M.C.V.D. | | |

APC
MAY/2022
FECHA



APROBADO POR HOC/ARENDAL
ALDO BERNAL HERRERA
DIRECTOR DE OPERACIONES
HECTOR J. HERNANDEZ MIRANDA
GERENTE DE PROYECTO
MIGUEL GRANILLO ALTAMIRANO
GERENTE DE INGENIERIA
ELABORADO/APROBADO POR EPESA
JESUS ANTONIO URBINA PEREZ
GERENTE DE PROYECTO

"INGENIERIA, PROCURA Y CONSTRUCCION DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MEXICO"
"GASODUCTO DE 8"Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACION (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A."
DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTOS DE PLATAFORMA EK-A
No. de CONTRATO: 640852805
LUGAR: SONDA DE CAMPECHE
D-7084-AKAL-B-A-301

SUBDIRECCION DE PROYECTOS DE EXPLOTACION ESTRATEGICOS
GERENCIA DE SUPERVISION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATEGICA
GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISION DE DUCTOS MARINOS

DIB. ELAB. EN: CD. DEL CARMEN, CAMP. FECHA: MAY/2022

ESC. S/E ACOT. EN: N/A

REV. D



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



LISTA DE VERIFICACIÓN

COMPONENTE:

| A1 LÍNEA DE FLUIDO: | | APLICA | | SI | x | NO | √ |
|--|---|--------|----|---------------|---|----|---|
| DIBUJO DE REFERENCIA: D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D | | 1 | | | | | |
| CARACTERÍSTICAS: Análisis de Riesgos de Procesos de la Instalación de Gasoducto de la Plataforma de Perforación-A hacia la Plataforma-B. | | SI | NO | OBSERVACIONES | | | |
| A. SENSOR DE ALTA PRESIÓN (PSH) | | | | | | | |
| 1) | PSH instalado. | X | | PSH-2100 | | | |
| 2) | El segmento de la línea de flujo tiene una mayor presión permisible de trabajo que la máxima presión de cierre y el segmento está protegido por un PSH en la línea de flujo aguas abajo. | | | | | | |
| B. SENSOR DE PRESIÓN BAJA (PSL) | | | | | | | |
| 1) | PSL instalado. | X | | PSL-2100 | | | |
| 2) | El segmento de la línea de flujo está entre el pozo y el primer dispositivo de estrangulación con una longitud inferior de 10 pies (3 m) o, en el caso de una instalación submarina se tiene una distancia razonablemente cerca. | | | | | | |
| C. VÁLVULA DE PRESIÓN DE SEGURIDAD (PSV) | | | | | | | |
| 1) | PSV instalado. | | | | | | |
| 2) | El segmento de la línea de flujo tiene una mayor presión permisible de trabajo que la máxima presión de cierre. | | | | | | |
| 3) | Dos SDVs (uno puede ser la SSV) con PSH's independientes, relevos y son instalados puntos de detección donde el flujo de la línea de volumen aguas arriba es adecuada a la válvula de bloqueo, permitiendo tiempo suficiente de que las SDV's cierren sin exceder la presión máxima de trabajo permitida. | | | | | | |
| 4) | El segmento de línea de flujo está protegido por un PSV aguas arriba. | | | | | | |
| 5) | El segmento de la línea de flujo está protegido por un PSV en el componente aguas abajo que no puede aislarse del flujo y no hay choques ni otras lesiones entre la línea de flujo y la PSV. | | | | | | |
| D. VÁLVULA DE FLUJO DE SEGURIDAD (FSV) | | | | | | | |
| 1) | FSV instalado. | | | | | | |
| 2) | El segmento de la línea de flujo está protegido por un FSV en la línea de flujo final. | | | | | | |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



HOJAS DE TRABAJO

| | | |
|---|---|---|
|  | <p style="text-align: center;">ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:</p> <p style="text-align: center;">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p style="text-align: center;">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

General

Administración:

Información de instalación:

Compañía: PEMEX Exploración y Producción.

Proveedor: TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE, S.A. DE C.V.

Empresa: **ARENDA S. DE R.L. DE C.V. / PROC MINA, S. DE R.L. DE C.V. / EPESA ESPECIALISTAS EN PETRÓLEO Y ENERGÍA S.A. DE C.V. GRUPO SACMAG.**

Project ID: **ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO: “INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”**

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”

Nota: Derivado que durante el desarrollo de la ingeniería para la integración de señales de la SDV al SPPE y en la matriz causa efecto del complejo de AKAL-B, se identificó la existencia del Número TAG “3100” para un proyecto existente en la plataforma PB-AB-1 (Producción), el cual había sido asignado a la SDV de la plataforma PP-AB-1 (Perforación) de este proyecto, por lo tanto se procedió a la actualización del número de TAG de la SDV, quedando como SDV-4360, siendo únicamente necesaria la actualización de la información de ingeniería y los documentos como alcance de este ARP.

Duración del Estudio:

Inicio: 21/06/2022

Termino: 22/06/2022

Alcance: Hazard and Operability Analysis (HAZOP)

Objetivo: Identificación y Jerarquización de los Riesgos Cuantificados, mediante la metodología HazOp para el Proyecto: **“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”**

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”

| | | |
|---|--|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|--|---|

Planos

| Planos | Lugar(es) utilizado(s) |
|----------------------------|------------------------|
| D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 | Nodos: 1 |
| D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 | Nodos: 1 |
| D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D | Nodos: 1 |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|--|---|

Lista de Nodos

| Nodos | Condiciones de diseño/Parámetros | ID Equipos | Planos | Intención de Diseño |
|---|---|---|--|---|
| 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A. | Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A. | D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D | Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC. |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Hojas de Trabajo HazOp

Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | Daño a la infraestructura | | | Efecto a la población | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño a la infraestructura | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño a la infraestructura | | | Comentarios | | | | | | | |
|----------------|---|--|------------------|---|---|---|---------------------|---|---|---------------------------|---|---|-----------------------|--|---|--------------|---------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---|---|---------------------|---|--|---------------------------------------|---|---|---------------------------|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | F | D | P | M | F | I | A | F | I | R | F | D | I | | | | | | | | F | D | P | M | F | I | A | F | E | P | M | F | | D | I | F | D | I | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. Más Presión | 1. Cierre de válvula manual de 4” a la llegada de plataforma de perforación PP-EK-A por error humano operativo. | 1. Sobrepresión en los puntos de interconexión en plataforma con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 3 | 5 | B | 3 | 3 | C | 3 | 3 | C | 3 | 3 | D | 1. Documentos operativos y cumplimiento a la disciplina operativa | 2 | 3 | C | 2 | 2 | D | 2 | 2 | D | 2 | 1 | D | 1. Incluir en el programa de pruebas funcionales las válvulas SDV-2100 PP-EK-A y SDV-4360 PP-AKAL-B. | Activo de Producción Cantare II (APC) | 1 | 3 | D | 1 | 2 | D | 1 | 2 | D | 1 | 1 | D | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2. PSH-2100 con acción de cierre de la SDV-2100 de manera local | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3. PAH/PSHH en el PIT-4360A/B/C, con acción de cierre de válvula SDV-4360 con boteo 2oo3 configurado en el SPPE en PP-AKAL-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4. PSH-4360 con acción de cierre de la SDV-4360 de manera local | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | |
|------------|---|--|------------------|---|---|---|---------------------|----|----|---|-------------------------|----|---|----|--------------------|---|----|----|--------------|--|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|----|---------------------|----|----|-------------------|--|--|------------------------|--|--|-------------|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | IA | MR | F | DI | MR | F | DI | MR | F | DP | MR | | | | | | | | F | IA | MR | F | DI | MR | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Cierre de SDV-2100 por error operativo en PP-EK-A. | 1. Sobrepresión en punto de interconexión en PP-AKAL-B con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 3 | 5 | B | 3 | 3 | | C | 3 | 3 | C | 3 | 3 | 1 | D | | | | 5. Plan de Respuesta a Emergencias. | 2 | 3 | C | 2 | 2 | D | 2 | 2 | D | 2 | 1 | D | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1. Documentos operativos y cumplimiento a la disciplina operativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2. PAH/PSHH en el PIT-4360A/B/C, con acción de cierre de válvula SDV-4360 con boteo 2o03 configurado en el SPPE en PP-AKAL-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3. PSH-4360 con acción de cierre de la SDV-4360 de manera local | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4. Plan de Respuesta a Emergencias. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | | | Impacto al ambiente | | | | | | Daño a la instalación/Producción | | | | | | Efecto a la población | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño a la instalación/Producción | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño a la instalación/Producción | | | Comentarios | | | | | | |
|------------|--|--|------------------|---|---|---|---|---|---------------------|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|-----------------------|--------------|---------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---|---|---------------------|---|---|-------------------|---|---|----------------------------------|---|---|-------------|---|---|---|---|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | I | A | M | R | F | I | A | M | R | F | D | I | M | | | | | | | | | R | F | D | I | M | R | F | D | I | M | R | F | | D | I | M | R | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Cierre de SDV-2100 por robo, vandalismo o y/o sabotaje. | 1. Sobrepresión en punto de interconexión en PP-AKAL-B con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida. | 2 | 5 | C | 2 | 3 | C | 2 | 3 | C | 2 | 1 | D | 1. PAH/PSHH en el PIT-4360A/B/C, con acción de cierre de válvula SDV-4360 con boteo 2003 configurado en el SPPE en PP-AKAL-B 2. PSH-4360 con acción de cierre de la SDV-4360 de manera local 3. Plan de Respuesta a Emergencias. | 2 | 3 | C | 2 | 2 | D | 2 | 2 | D | 2 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Rechazo de gas combustible de plataforma PP-EK-A por un Blackout | 1. Sin consecuencia de riesgo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:
“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”
“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a la población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | |
|------------------|---|---|------------------|---|---|---|---------------------|---|----|---|-------------------------|---|----|---|-----------------------|---|----|---|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---|----|---------------------------|---|---|-------------------|----|---|------------------------|----|---|-------------|----|---|---|--|
| | | | F | D | P | M | R | F | IA | M | R | F | DI | M | R | F | DI | M | | | | | | | | R | F | DP | M | R | F | IA | MR | F | EP | MR | F | | DI | M | R | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Menos Presión | 1. Cierre de válvula manual de 4” en punto de interconexión de la plataforma PP-AKAL-B. | 1. No suministro de gas combustible, a paquete de acondicionamiento de gas PA-2000 con paro de equipos BEC y producción diferida. | 4 | 1 | D | 4 | 1 | D | 4 | 5 | B | 4 | 1 | D | 1. | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 3 | 4 | C | 3 | 1 | D | 2. | ARENDAL/EPE SA-SACMAG/APC | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 4 | C | 2 | 1 | D | |
| | 2. Cierre de SDV-4360 por falla en LAZO de control en plataforma PP-AKAL-B | 1. No suministro de gas combustible, a paquete de acondicionamiento de gas PA-2000 con paro de equipos BEC y producción diferida. | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 3 | 5 | B | 3 | 1 | D | 1. | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 3 | 4 | C | 3 | 1 | D | 2. | ARENDAL/EPE SA-SACMAG/APC | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 4 | C | 2 | 1 | D | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a la población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | | | | |
|---------------------------|--|---|------------------|---|---|---|---------------------|----|---|---|-------------------------|----|---|---|--|---|---|---|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|---|---------------------|---|----|-------------------|---|---|------------------------|---|----|-------------|---|---|--|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | IA | M | R | F | DI | M | R | F | E | M | R | | | | | | | | F | DP | M | R | F | IA | MR | F | E | MR | F | DI | | M | R | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. Diferente composición. | 1. Baches de nitrógeno en corriente de gas combustible | 1. Paro de turbogeneradores y producción diferida. | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 3 | 5 | B | 3 | 1 | D | 1. Documentos operativos y cumplimiento a la disciplina operativa 2. Análisis cromatográfico diario en línea. 3. Protocolo de comunicación con ciudad PEMEX por alto contenido de nitrógeno en la corriente. | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. Pérdida de contención | 1. Corrosión externa, en ducto ascendente. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube inflamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 2 | 2 | D | 2 | 4 | C | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1. Inspecciones y evaluación. 2. Protección catódica 3. Plan de Respuesta a Emergencias. | 1 | 2 | D | 1 | 4 | D | 1 | 4 | D | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvuardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | | | | | |
|------------|--|--|------------------|---|---|---|---------------------|----|---|---|-------------------------|----|---|---|--|---|---|---|------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|---|---------------------|---|----|-------------------|---|---|------------------------|---|----|-------------|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | IA | M | R | F | DI | M | R | F | E | M | R | | | | | | | | F | DP | M | R | F | IA | MR | F | E | MR | F | DI | | M | R | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2. Corrosión externa, en ducto línea submarina . | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio, con daño a la instalación y medio ambiente. | 3 | 1 | D | 3 | 5 | B | 3 | 5 | B | 3 | 1 | D | 1. Inspecciones y evaluación. 2. Protección catódica 3. Plan de Respuesta a Emergencias. | 2 | 1 | D | 2 | 5 | C | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Corrosión interna, en ducto ascendente. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y al personal, instalación y medio ambiente. | 2 | 2 | D | 2 | 4 | C | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1. Sistema de evaluación de corrosión interior tipo intrusivo a través del testigo de corrosión en Plataforma PP-AKAL-B [Note: Esta salvaguarda esta referida a la inspección con equipo instrumentado al final de la construcción | 1 | 2 | D | 1 | 4 | D | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:
“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”
“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.




Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios |
|------------|--------|---------------|------------------|---|---|---|---------------------|----|---|----|-------------------------|---|----|----|--|----|----|---|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|---|---------------------|----|---|-------------------|----|---|------------------------|----|--|-------------|
| | | | F | D | M | F | I | A | F | I | A | F | D | M | F | D | M | F | | | | | | | | D | M | F | D | M | F | D | M | F | D | M | | |
| | | | P | R | R | R | IA | MR | R | DI | MR | R | EP | MR | R | DI | MR | R | | | | | | | | DP | MR | R | IA | MR | R | EP | MR | R | DI | MR | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | del ducto contractualmente.; Date: 22/06/2022] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 2. Inspecciones y evaluación. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 3. Protección catódica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 4. Plan de Respuesta a Emergencias. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | | |
|------------|--|---|------------------|---|---|---|---------------------|---|---|---|-------------------------|---|---|---|--------------------|---|---|---|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---|---|---------------------|---|---|-------------------|---|---|------------------------|---|---|-------------|---|---|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | I | A | M | R | F | D | I | M | R | F | D | | | | | | | | M | R | F | D | M | R | F | D | M | R | F | D | | M | R | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. Corrosión interna, en línea submarina | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flammable con riesgo de incendio, instalación y medio ambiente. | 2 | 2 | D | 2 | 4 | C | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 4 | D | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/ Pérdida prod. | | | | Efecto a la población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/ Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/ Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------|---------------|------------------|--|---|---|---------------------|----|---|----|--------------------------|----|---|----|-----------------------|----|---|----|--------------|---------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|---|-------------------------------------|---|----|-------------------|---|----|-------------------------|---|----|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | IA | M | MR | F | DI | M | MR | F | DI | M | MR | | | | | | | | F | DP | M | R | F | IA | MR | F | EP | MR | F | DI | | M | R | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 5. | Golpe externo por embarcación en ducto ascendente de PP-AKAL-B | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 2 | 5 | C | 2 | 6 | B | 2 | 5 | 2 | 5 | C | 2 | 1 | | | | | | | | D | 1 | 5 | 4. Plan de Respuesta a Emergencias. | 1 | 5 | C | 1 | 6 | C | 1 | 5 | | 1 | D | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | 1 | 5 | 1. Guía operativa para establecer el protocolo de comunicación y notificación derivado del ingreso de embarcaciones o artefactos navales de terceros a las áreas de asignación de Petróleos Mexicanos con clave GO-NO-TC-0027-2016. | 2. Defensa del ducto ascendente. | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | |
|------------|--------|---------------|------------------|---|---|---|---------------------|----|---|----|-------------------------|---|----|----|--------------------|--|----|---|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|---|---------------------|----|---|-------------------|----|--|------------------------|--|--|-------------|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | F | DP | MR | F | | | | | | | | IA | MR | F | EP | MR | F | DI | MR | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 3. PAL/PSLL en el PIT-4360A/B/C, con acción de cierre de válvula SDV-4360 con boteo 2oo3 configurado en el SPPE en PP-AKAL-B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 4. Plan de respuesta a emergencia. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño inst/Pérdida prod | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | |
|------------|--|--|------------------|---|---|---|---------------------|----|----|---|-------------------------|----|---|---|---|---|----|----|--------------|---------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|----|----|---------------------|----|----|-------------------|---|---|------------------------|--|--|-------------|--|--|--|--|--|
| | | | F | D | M | R | F | IA | MR | F | DI | MR | F | DI | MR | F | DP | MR | | | | | | | | F | IA | MR | F | DI | MR | | | | | | | | | | | | |
| | | | 5 | C | 2 | 6 | B | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1 | D | 1 | 5 | C | | | | | | | | 1 | 6 | C | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | | | | | | | | | |
| | 6. Golpe externo por embarcación en ducto ascendente de PP-EK-A. | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flammable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 2 | 5 | C | 2 | 6 | B | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1. Guía operativa para establecer el protocolo de comunicación y notificación derivado del ingreso de embarcaciones o artefactos navales de terceros a las áreas de asignación de Petróleos Mexicanos con clave GO-NO-TC-0027-2016. | 1 | 5 | C | 1 | 6 | C | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2. Defensa del ducto ascendente. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3. PSL-2100 con acción de cierre de la SDV-2100 de manera local | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4. Plan de respuesta a emergencia. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | | | Impacto al ambiente | | | | | | Daño a la infraestructura | | | | | | Efecto a la población | Salvaguardas | Daño personal | Impacto a Ambiente | Daño a la infraestructura | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño a la infraestructura | | | Comentarios | | | | |
|------------|--|---|------------------|---|---|---|---|----|---------------------|---|----|----|----|----|---------------------------|---|----|----|----|----|-----------------------|--------------|---------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|---|---------------|---|----|---------------------|----|----|-------------------|---|----|---------------------------|----|----|-------------|----|--|--|--|
| | | | F | | D | | M | | R | | F | | IA | | MR | | F | | DI | | | | | | | | | | MR | | F | | DI | | MR | | F | | DI | | | MR | | | |
| | | | F | D | M | R | F | IA | MR | F | DI | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | DI | | | | | | | | | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | DI | MR | F | DI | | MR | | | |
| | 7. Golpe externo por embarcación (Garreo por ancla). [Note: Este escenario es analizado ya con el ducto en operación derivado a que durante las actividades de tendido de líneas aún se continua con el uso del ancla de muerteo.] | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flammable con riesgo de incendio y explosión, instalación y medio ambiente. | 2 | 1 | D | 2 | 6 | B | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1 | 1 | 1 | D | 1 | 6 | C | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | 1. Guía operativa para establecer el protocolo de comunicación y notificación derivado del ingreso de embarcaciones o artefactos navales de terceros a las áreas de asignación de Petróleos Mexicanos con clave GO-NO-TC-0027-2016. | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod. | | | | Efecto a población | | | | Salvaguardas | Daño personal | | | | Impacto a Ambiente | | | | Daño inst/Pérdida prod | | | | Efecto a la población | | | | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios |
|------------|--------|---------------|------------------|---|---|---|---------------------|----|----|---|-------------------------|----|---|----|--------------------|---|----|----|--------------|---------------|----|----|---|--------------------|----|---|----|------------------------|---|----|----|-----------------------|--|--|--|-----------------|-------------|---------------|--|--|---------------------|--|--|-------------------|--|--|------------------------|--|--|-------------|
| | | | F | D | M | R | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | F | DI | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | EP | MR | F | DI | MR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | Impacto al ambiente | | Daño inst/Pérdida prod. | | Efecto a población | | Salvaguardas | Daño personal | | Impacto a Ambiente | | Daño inst/Pérdida prod | | Efecto a la población | | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño inst/Pérdida prod | | | Comentarios | | | | | | | | | | | |
|------------|--|---|------------------|---|---------------------|---|-------------------------|---|--------------------|---|---|---------------|---|--------------------|---|------------------------|---|-----------------------|---|-----------------|-------------|---------------|---|---|---------------------|---|---|-------------------|---|---|------------------------|---|---|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | F | D | M | R | F | I | A | M | | R | F | D | M | R | F | I | A | | | M | R | F | D | M | R | F | D | M | R | F | D | | M | R | F | D | M | R | F | D | M | R | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 4. PSL-2100 con acción de cierre de la SDV-2100 de manera local 5. Plan de respuesta a emergencia. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. | Falla de material (Uniones bridadas) en ductos ascendentes. [Note: Mala calidad del material, realización de malas conexiones, mala colocación de empaques, vibración y esfuerzos en juntas] | 1. Fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente. | 2 | 2 | D | 2 | 4 | C | 2 | 5 | C | 2 | 1 | D | 1 | 2 | D | 1 | 4 | D | 1 | 5 | C | 1 | 1 | D | 1. Por diseño, especificación de materiales (Bridas, Espárragos, Empaques) y aseguramiento de calidad. 2. Procedimientos constructivos (instalación de ducto ascendente, curva de expansión, instalación de válvulas y apriete de espárragos). | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



EXPLORACION Y PRODUCCION ®

ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



GRUPO SACMAG

HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.




Nodo: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín.): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín.): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín.) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID Equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

Intención de diseño: Envío de gas combustible para el suministro de los equipos de generación eléctrica de los sistemas BEC.

| Desviación | Causas | Consecuencias | Daño al personal | | | | Impacto al ambiente | | | | Daño a la infraestructura | | | | Efecto a la población | Salvaguardas | Daño personal | Impacto al ambiente | Daño a la infraestructura | Efecto a la población | Recomendaciones | Responsable | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Efectos Población | | | Daño a la infraestructura | | | Comentarios | | | | | |
|------------|---|---------------|------------------|---|---|---|---------------------|---|---|---|---------------------------|---|---|---|-----------------------|--------------|---------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|---------------|---|---|---------------------|---|---|-------------------|---|---|---------------------------|---|---|-------------|---|---|---|--|--|
| | | | F | D | M | F | I | A | F | I | A | F | D | M | | | | | | | | | F | D | M | F | I | A | F | D | M | F | I | A | | F | D | M | | |
| | | | P | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | | | | | | | | | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | R | | R | R | R | | |
| | empaques, vibración y esfuerzos en juntas bridadas, o materiales no compatibles.] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|--|---|

Recomendaciones

| Recomendaciones | Lugar(es) utilizado(s) | Responsable |
|--|------------------------|--------------------------------------|
| 1. Incluir en el programa de pruebas funcionales las válvulas SDV-2100 PP-EK-A y SDV-4360 PP-AKAL-B. | Causas: 1.1.1 | Activo de Producción Cantarell (APC) |
| 2. Configurar PAH/PAL en el PIT-4362A en el SDMC, para acción del operador. [Note: Verificar los puntos de ajuste de estas alarmas] | Causas: 1.2.1, 1.2.2 | ARENDALEPESA-SACMAG/APC |

| | | |
|---|---|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

General

Administración:

Información de instalación:

Compañía: PEMEX Exploración y Producción.

Proveedor: TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE, S.A. DE C.V.

Empresa: **ARENDA S. DE R.L. DE C.V. / PROC MINA, S. DE R.L. DE C.V. / EPESA ESPECIALISTAS EN PETRÓLEO Y ENERGÍA S.A. DE C.V. GRUPO SACMAG.**

Project ID: **ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO: “INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”**

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”

Nota: Derivado que durante el desarrollo de la ingeniería para la integración de señales de la SDV al SPPE y en la matriz causa efecto del complejo de AKAL-B, se identificó la existencia del Número TAG “3100” para un proyecto existente en la plataforma PB-AB-1 (Producción), el cual había sido asignado a la SDV de la plataforma PP-AB-1 (Perforación) de este proyecto, por lo tanto se procedió a la actualización del número de TAG de la SDV, quedando como SDV-4360, siendo únicamente necesaria la actualización de la información de ingeniería y los documentos como alcance de este ARP.

Duración del Estudio:

Inicio: 22/06/2022

Termino: 22/06/2022

Alcance: Que pasa sí? (What If?)

Objetivo: Identificación y Jerarquización de los Riesgos Cuantificados, mediante la metodología What If? para el Proyecto: **“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”**

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”

| | | |
|---|---|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

Planos

| Planos | Lugar(es) utilizado(s) |
|----------------------------|------------------------|
| D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 | Sistema: 1 |
| D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 | Sistema: 1 |
| D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D | Sistema: 1 |
| | Subsistemas: 1.1 |
| | Subsistemas: 1.2 |

| | | |
|---|---|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

Sistema

| Sistemas | Planos |
|--|----------------------------|
| 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A. | D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 |
| | D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 |
| | D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D |

| | | |
|---|---|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

Subsistemas

Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

| Subsistema (Nodo) | Parámetros de operación | Alcance del nodo | Planos |
|------------------------------|---|---|--|
| 1. Peligros naturales | Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-EK-A. | D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D |
| 2. Corrida de diablo | Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm ² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD. | El nodo inicia en válvula manual de 4" a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8"-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8" de la plataforma de perforación PP-EK-A. | D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1 D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D |



ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Hojas de Trabajo ¿Qué pasa Sí?

Sistema: 1. GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

Subsistema: 1. Peligros naturales

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Sí...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | | | | | | | | |
|------------------|---------------|---|--|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------------|----|----|------------------------------------|---------------|----|---|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------|----|----|--|--|--|--|--|--|--|
| | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | | | | | |
| | | 1. Se presenta un Sismo en Zona Marina. [Note: El proyecto se encuentre en zona NO sísmica, solo se considera como peor caso] | 1. Desplazamiento de lecho marino con riesgo de fallas en uniones bridadas por esfuerzo superior a los máximos permisibles, con fuga de gas combustible al mar, contaminación ambiental y pérdidas económicas. | 1 | 1 | D | 1 | 4 | D | 1 | 5 | C | 1 | | 1 | D | 1. Durante el diseño se realiza un análisis de flexibilidad suelo-tubo el cual considera los parámetros indicados en el PEMEX-EST-TD-013-2018 "Sistemas de tuberías y sistemas de ductos- contratación de servicios de ingeniería para la contratación de diseño de ductos marinos" y en la ETP-0722.03. Diseño de líneas submarinas en el Golfo de México. | 1 | 1 | D | 1 | 4 | D | 1 | 5 | C | | | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2. Plan de respuesta a emergencia. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:
“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”
“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

Subsistema: 1. Peligros naturales

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Sí...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | | | | | | | | |
|---|---|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------------|----|----|--|---------------|----|----|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------|----|----|--|--|--|--|--|--|--|
| | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. Se presenta un huracán intenso en Sonda de Campeche. | 1. Desplazamiento de ducto con riesgo de fallas en uniones bridadas por esfuerzo superior a los máximos permisibles, con fuga de gas combustible al mar, contaminación ambiental y pérdidas económicas. | 3 | 1 | D | 3 | 4 | C | 3 | 3 | C | 3 | 1 | D | 1. Por diseño la tubería del ducto se encuentra lastrada, enterrada, cruces acolchonados y análisis de flexibilidad. 2. Plan de respuesta a emergencia y Plan de respuestas a emergencias por huracanes (PREH). | 3 | 1 | D | 3 | 4 | C | 3 | 2 | C | 3 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. Se presenta tormenta eléctrica con caída de rayo. | 1. Daño a la instrumentación, PIT y válvulas solenoides con posible cierre de válvula SDV-4360 y no suministro de gas | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 1. Sistema de tierras físicas y pararrayos con cumplimiento normativo. 2. Programa de mantenimiento del sistema de tierras físicas y pararrayos y su cumplimiento | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



PEMEX
EXPLORACION Y PRODUCCION ®

ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



EPESA GRUPO SACMAG

HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



ProcMina **Arendal**
EJECUCIÓN CONFIABLE

Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

Subsistema: 1. Peligros naturales

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Si...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | | | | |
|------------------|--|------------------|----|---|-------------------|----|---|-------------------------|----|---|------------------------|----|----|--------------|---------------|----|----|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|---|-------------------|----|---|-------------------------|----|----|------------------|----|----|--|--|--|
| | | F | DP | M | F | IA | M | F | DI | M | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | M | F | IA | M | F | DI | MR | F | EP | MR | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | combustible a PP-EK-A con pérdidas económicas. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

Subsistema: 2. **Corrida de diablo**

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Sí...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | | | | | | | | |
|--|--|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------------|----|----|---|---------------|----|----|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------|----|----|--|--|--|--|--|--|--|
| | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1. La trampa esta presurizada al momento de abrirla para la introducción del diablo por pase de válvula. | 1. Desprendimiento de tapa con daño al personal e instalación PP-AKAL-B. | 2 | 4 | C | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 1. Por diseño, especificación de materiales y aseguramiento de calidad. 2. Sistema de permiso de trabajo por riesgo. 3. Procedimiento de corrida de diablos. 4. Personal Capacitado en corrida de diablos. 5. Manómetro en trampa de diablo PI-2100/B | 1 | 4 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. La trampa esta presurizada al momento de abrirla por pase de válvula de seccionamiento durante la | 1. Apertura de tapa con daño al personal en PP-EK-A. | 2 | 4 | C | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 1. Sistema de permiso de trabajo por riesgo. 2. Procedimiento de corrida de diablos. 3. Personal Capacitado en corrida de diablos. 4. Manómetro en trampa de diablo | 1 | 4 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | 1 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:

“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”

“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”



HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.



Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

Subsistema: 2. Corrida de diablo

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arribo a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Si...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | | | | | |
|--|--|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------------|----|----|---|---------------|----|----|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------|----|----|--|--|--|--|
| | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| recepción. | | | | | | | | | | | | | | PI-2100/B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. El diablo instrumentado se atora en la entrada de la trampa de diablos. | 1. Paro de operación de lanzado y pérdidas económicas. | 3 | 4 | C | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 3 | 1 | D | 1. Cumplimiento del diseño del ducto para corridas de diablos (bore de válvulas, diámetro interno, carretes, tee de flujo especial, etc). | 2 | 4 | C | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | 2 | 1 | D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 2. Procedimiento de corrida de diablos (Revisión previa de las corridas de limpieza e instrumentados para la identificación de peligros). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 3. Personal Capacitado para la corrida de diablos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 4. XI-2100 Instrumento indicador de pase de diablo. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | 5. Manómetro en trampa de diablo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|--|--|---|
|  <p>PEMEX EXPLORACION Y PRODUCCION ®</p> | <p>ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p>“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p>“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  <p>EPESA GRUPO SACMAG</p> <p>HOC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.</p>   |
|--|--|---|

Sistema: 1. **GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.**

Subsistema: 2. Corrida de diablo

Condiciones de diseño/parámetros: Ducto 8” a la salida de plataforma PP-AKAL-B Presión (Máx./Nor. /Mín): 75/30/20 kg/cm² man, Temperatura (Máx./Nor. /Mín): 35/25/20°C, Flujo de Gas (Máx./Nor. /Mín) 5.5/2.8/1.5 MMPCSD.

ID de equipos: El nodo inicia en válvula manual de 4” a la salida de plataforma de perforación PP-AKAL-B, incluye válvula SDV-4360, continuando por la línea 8”-GC-3100-C-D60T1-1 como ducto marino, hasta arriba a plataforma de perforación PP-EK-A, incluyendo junta monoblock y válvula SDV-2100, el nodo finaliza en válvula de 8” de la plataforma de perforación PP-EK-A.

Planos: D-7084-AKAL-B-A-100 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-300 Rev. 1; D-7084-AKAL-B-A-301 Rev. D

| ¿Qué pasa Si...? | Consecuencias | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efectos a la Población | | | Salvaguardas | Daño Personal | | | Impacto al Ambiente | | | Daño ins/Pérdida Prod. | | | Efectos Población | | | Recomendaciones | Responsable | Daño al Personal | | | Impacto Ambiental | | | Daño inst/Pérdida Prod. | | | Efecto Población | | |
|------------------|---------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------------|----|----|--------------|---------------|----|----|---------------------|----|----|------------------------|----|----|-------------------|----|----|-----------------|-------------|------------------|----|----|-------------------|----|----|-------------------------|----|----|------------------|----|----|
| | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR | | | F | DP | MR | F | IA | MR | F | DI | MR | F | EP | MR |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | PI-2100/B. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
|  | <p align="center">ANÁLISIS DE RIESGO WHAT IF? PARA EL PROYECTO:</p> <p align="center">“INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO”</p> <p align="center">“GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”</p> |  |
|---|---|---|

Recomendaciones

| Recomendaciones | Lugar(es) utilizado(s) | Responsable |
|---|------------------------|-------------|
| No surgieron Recomendaciones para este análisis | | |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



ÁRBOLES DE EVENTOS

**ANÁLISIS DE ÁRBOL DE EVENTOS PARA EL PROYECTO:
 “GASODUCTO DE 8” Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN
 (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.”
 Anexo 4-10**

ANALISIS FRECUENCIAL PARA TUBERIAS DE PROCESO

Frecuencia de Fallo Para Tuberías de Proceso

| SUSTANCIA | ESCENARIO | CALCULO DE FRECUENCIAS DIRECTAS PARA TUBERIAS DE PROCESO | | | DISTANCIA DE LA TUBERIA CONSIDERADA (Metros) | VALOR DE LA FRECUENCIA INICIADORA Ocasiones/Año |
|---------------|-----------|--|-------------------|--|---|--|
| | | DIAMETRO (pulg) | TIPO DE ESCENARIO | FRECUENCIA DE FALLO TUBERIAS (Ocasiones/m-Año) | | |
| Mezcla de Gas | EI.02 | 8.00 | Ruptura | 1.00E-07 | 8200 | 8.20E-04 |
| Mezcla de Gas | EI.03 | 8.00 | Ruptura | 1.00E-07 | 8200 | 8.20E-04 |

| Diámetro de la tubería | Frecuencia de fallo m ⁻¹ año ⁻¹ | Frecuencia de fallo m ⁻¹ año ⁻¹ |
|------------------------|--|--|
| | Ruptura ⁽¹⁾ | Fuga ⁽¹⁾ |
| Ø < 3” | 1 x 10 ⁻⁰⁶ | 5 x 10 ⁻⁰⁶ |
| 3” ≤ Ø ≤ 6” | 3 x 10 ⁻⁰⁷ | 2 x 10 ⁻⁰⁶ |
| Ø > 6” | 1 x 10 ⁻⁰⁷ | 5 x 10 ⁻⁰⁷ |

Fuente: (1) Los datos de frecuencia de fallo para tuberías están obtenidos de la tabla 3.7 frecuencia de pérdida de contención para tuberías ruptura total y fugas Guidelines for Quantitative Risk Assessment “Purple Book”, CPR 18E, Netherlands, 2005, Cap. 3, Página 3.7

| | FUGA de Gas | Activación de válvula SDV-2100/4360 | Acciones operativas (PRE) (2) | Ignición inmediata (3) | Ignición retardada (4) | UVCE o bola de fuego (5) | EVENTO | FRECUENCIA |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F | | |
| Frecuencia de fallo por sobrepresión 4.00E-05 año ⁻¹ Cubre a los Escenarios EI.01 Fuga de gas por sobrepresión | | | 0.997 | | | | Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 3.97E-05 |
| | | 0.994 | | 0.04 | | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción | 4.77E-09 |
| | | | 0.003 | | 0.50 | 0.40 | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 2.29E-08 |
| | | | | 0.96 | 0.60 | | Flash fire (flamazo) | 3.4E-08 |
| | | | | | 0.50 | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción. | 5.73E-08 |
| | | | | 0.04 | | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción | 9.11E-09 |
| | | 5.69E-03 | | | 0.50 | 0.40 | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 4.37E-08 |
| | | | | 0.96 | 0.60 | | Flash fire (flamazo) | 6.56E-08 |
| | | | | | 0.50 | | Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 1.09E-07 |
| | | | | | | | TOTAL | 4.00E-05 |
| Escenario | Descripción | | | | | | | |
| 1 | Probabilidad de falla en demanda 5.7 x 10 ⁻³ Obtenida OREDA 2015 pág. 449 | | | | | | | |
| 2 | La falla en la activación del PRE (error humano) 1 x 10 ⁻³ . Obtenida del Análisis y reducción de riesgos en la industria química, Fundación MAPFRE, pag. 297, tabla 6.3 | | | | | | | |
| 3 | Probabilidad de ignición inmediata para gas de baja reactividad es de 0.04, referencia pag. 4.13, tabla 4.5/4.7.1 direct ignition, Guideline for quantitative risk assessment "purple book" CPR18E. | | | | | | | |
| 4 | Probabilidad de ignición retardada es de 0.5, referencia pag. 4.19, tabla 4.A.1 probability ignition for a time interval, Guideline for quantitative risk assessment "purple book" CPR18E. | | | | | | | |
| 5 | Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras, Tomo 1, pág. 343 | | | | | | | |

| | |
|---|----------|
| Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 3.97E-05 |
| Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción | 7.12E-08 |
| Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 6.66E-08 |
| Flash fire (flamazo) | 1.00E-07 |
| Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 1.09E-07 |

| | FUGA de Gas | Activación de válvula SDV-2100/4360 | Acciones operativas (PRE) (2) | Ignición inmediata (3) | Ignición retardada (4) | UVCE o bola de fuego (5) | EVENTO | FRECUENCIA |
|---|---|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|---|-----------------|
| | A | B | C | D | E | F | | |
| Frecuencia de fallo por pérdida de contención 8.20E-04 año ⁻¹ Cubre a los Escenarios EI.02-EI.03 Fuga de gas por pérdida de contención. | | | 0.997 | | | | Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 8.13E-04 |
| | | 0.994 | | 0.04 | | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción | 9.78E-08 |
| | | | 0.003 | | 0.50 | 0.40 | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 4.70E-07 |
| | | | | 0.96 | | 0.60 | Flash fire (flamazo) | 7.0E-07 |
| | | | | | 0.50 | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción. | 1.17E-06 |
| | | | | 0.04 | | | Jet Fire (Incendio de chorro), con dificultad en el control y extinción | 1.87E-07 |
| | | 5.69E-03 | | | 0.50 | 0.40 | Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 8.96E-07 |
| | | | | 0.96 | | 0.60 | Flash fire (flamazo) | 1.34E-06 |
| | | | | | 0.50 | | Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 2.24E-06 |
| | | | | | | | TOTAL | 8.20E-04 |
| Escenario | Descripción | | | | | | | |
| 1 | Probabilidad de falla en demanda 5.7 x 10 ⁻³ Obtenida OREDA 2015 pág. 449 | | | | | | | |
| 2 | La falla en la activación del PRE (error humano) 1 x 10 ⁻³ . Obtenida del Análisis y reducción de riesgos en la industria química, Fundación MAPFRE, pag. 297, tabla 6.3 | | | | | | | |
| 3 | Probabilidad de ignición inmediata para gas de baja reactividad es de 0.04, referencia pag. 4.13, tabla 4.5/4.7.1 direct ignition, Guideline for quantitative risk assessment "purple book" CPR18E. | | | | | | | |
| 4 | Probabilidad de ignición retardada es de 0.5, referencia pag. 4.19, tabla 4.A.1 probability ignition for a time interval, Guideline for quantitative risk assessment "purple book" CPR18E. | | | | | | | |
| 5 | Manual de seguridad industrial en plantas químicas y petroleras, Tomo 1, pág. 343 | | | | | | | |

| | |
|---|----------|
| Formación de nube inflamable con facilidad en el control | 8.13E-04 |
| Jet Fire (Incendio de chorro), dificultad en el control y extinción | 1.46E-06 |
| Explosión de la nube de vapor (UVCE) | 1.37E-06 |
| Flash fire (flamazo) | 2.05E-06 |
| Fuga de Gas con incendio y/o explosión con daño al personal, a la instalación y medio ambiente. | 2.24E-06 |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



RESULTADOS SIMULACIÓN

Jet Fire

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.01

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.01

EI.01. Sobrepresión en punto de interconexión en PP AKAL B en la línea 4" GC 3101 C D60T1 debido al cierre de SDV 2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.01 FUGA MAYOR RIESGO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.01\EI.01 FUGA MAYOR RIESGO

EI.01. Sobrepresión en punto de interconexión en PP AKAL B en la línea 4" GC 3101 C D60T1 debido al cierre de SDV 2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.

Weather: Category 1.5/F

| | |
|--------------------------------|---|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | F stable - night with moderate clouds and light/moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | | |
|--------------------------|------------|-----|
| Jet fire method | Cone model | |
| Crosswind angle | 0 | deg |
| Rate modification factor | 3 | |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 4.27462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|---------------------------|-----------|----------|
| Flame emissive power | 194.427 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.123421 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 21.8992 | m |
| Frustum length | 14.3046 | m |
| Frustum base width | 1.17516 | m |
| Frustum tip width | 3.28436 | m |
| Frustum lift-off distance | 7.77074 | m |
| Flame length in still air | 27.2388 | m |
| Hole to flame angle | 15.1671 | deg |
| Expanded diameter | 0.0762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |
| Height of interest | 0 | m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00720065 | -3.98458 | 313,157 | 21.1411 | 31.1072 | 20.3021 | 41.6368 | 2066.04 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0257166 | 0.360367 | 1,709,491 | 13.3828 | 16.5829 | 17.9208 | 31.3036 | 697.201 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0642915 | 3.48789 | 5,800,162 | 10.2636 | 9.91821 | 16.2001 | 26.4636 | 319.802 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.192875 | 7.23773 | 25,094,924 | 7.21325 | 3.677 | 14.3881 | 21.6014 | 83.3248 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | |
|--|-----------|
| Maximum distance | 43.1541 m |
| Observer type radiation modelling flag | Planar |
| Observer direction | Variable |
| Height of interest | 0 m |

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 1.53539 | 0 |
| 0.880695 | 1.70486 | 0 |
| 1.76139 | 1.91641 | 0 |
| 2.64209 | 2.22453 | 0 |
| 3.52278 | 2.99424 | 0 |
| 4.40348 | 4.64719 | 5.06438E-07 |
| 5.28417 | 7.87428 | 0.00100268 |
| 6.16487 | 15.0176 | 0.187862 |
| 7.04556 | 33.1981 | 0.96576 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 7.92626 | 61.1708 | 0.999953 |
| 8.80695 | 91.3673 | 1 |
| 9.68765 | 87.2748 | 1 |
| 10.5683 | 82.0452 | 1 |
| 11.449 | 77.7182 | 0.999999 |
| 12.3297 | 74.196 | 0.999998 |
| 13.2104 | 71.2785 | 0.999995 |
| 14.0911 | 68.8041 | 0.999992 |
| 14.9718 | 66.634 | 0.999987 |
| 15.8525 | 64.6534 | 0.999979 |
| 16.7332 | 62.7283 | 0.999967 |
| 17.6139 | 60.6771 | 0.999948 |
| 18.4946 | 58.2043 | 0.999907 |
| 19.3753 | 54.8143 | 0.999795 |
| 20.256 | 49.7624 | 0.999321 |
| 21.1367 | 42.3335 | 0.995994 |
| 22.0174 | 32.8157 | 0.962649 |
| 22.8981 | 24.3385 | 0.777043 |
| 23.7788 | 21.5111 | 0.633353 |
| 24.6595 | 18.2139 | 0.410148 |
| 25.5402 | 15.2079 | 0.199667 |
| 26.4209 | 12.6142 | 0.0692934 |
| 27.3016 | 10.4935 | 0.0174578 |
| 28.1822 | 8.78564 | 0.00330732 |
| 29.0629 | 7.41438 | 0.000492396 |
| 29.9436 | 6.31188 | 6.0456E-05 |
| 30.8243 | 5.416 | 6.30755E-06 |
| 31.705 | 4.68467 | 5.81889E-07 |
| 32.5857 | 4.08266 | 4.88181E-08 |
| 33.4664 | 3.58301 | 0 |
| 34.3471 | 3.16503 | 0 |

| | | | | |
|---------|--|---------|--|---|
| 35.2278 | | 2.81264 | | 0 |
| 36.1085 | | 2.51337 | | 0 |
| 36.9892 | | 2.25746 | | 0 |
| 37.8699 | | 2.0372 | | 0 |
| 38.7506 | | 1.84649 | | 0 |
| 39.6313 | | 1.6804 | | 0 |
| 40.512 | | 1.53501 | | 0 |
| 41.3927 | | 1.40708 | | 0 |
| 42.2734 | | 1.29401 | | 0 |
| 43.1541 | | 1.19361 | | 0 |

Weather: Category 1.5 A/B

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | A/B unstable - as with A only less sunny or more windy |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 4.27462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 194.427 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.123421 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 21.8992 | m |

| | | |
|---------------------------|-----------|-----|
| Frustum length | 14.3046 | m |
| Frustum base width | 1.17516 | m |
| Frustum tip width | 3.28436 | m |
| Frustum lift-off distance | 7.77074 | m |
| Flame length in still air | 27.2388 | m |
| Hole to flame angle | 15.1671 | deg |
| Expanded diameter | 0.0762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | |
|--------------------|----------|
| Observer direction | Variable |
| Exposure duration | 20 s |
| Height of interest | 0 m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00720065 | -3.98458 | 313,157 | 21.1411 | 31.1072 | 20.3021 | 41.6368 | 2066.04 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0257166 | 0.360367 | 1,709,491 | 13.3828 | 16.5829 | 17.9208 | 31.3036 | 697.201 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0642915 | 3.48789 | 5,800,162 | 10.2636 | 9.91821 | 16.2001 | 26.4636 | 319.802 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.192875 | 7.23773 | 25,094,924 | 7.21325 | 3.677 | 14.3881 | 21.6014 | 83.3248 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 43.1541 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 1.53539 | 0 |
| 0.880695 | 1.70486 | 0 |
| 1.76139 | 1.91641 | 0 |
| 2.64209 | 2.22453 | 0 |
| 3.52278 | 2.99424 | 0 |
| 4.40348 | 4.64719 | 5.06438E-07 |
| 5.28417 | 7.87428 | 0.00100268 |
| 6.16487 | 15.0176 | 0.187862 |
| 7.04556 | 33.1981 | 0.96576 |
| 7.92626 | 61.1708 | 0.999953 |
| 8.80695 | 91.3673 | 1 |
| 9.68765 | 87.2748 | 1 |
| 10.5683 | 82.0452 | 1 |
| 11.449 | 77.7182 | 0.999999 |
| 12.3297 | 74.196 | 0.999998 |
| 13.2104 | 71.2785 | 0.999995 |
| 14.0911 | 68.8041 | 0.999992 |
| 14.9718 | 66.634 | 0.999987 |
| 15.8525 | 64.6534 | 0.999979 |
| 16.7332 | 62.7283 | 0.999967 |
| 17.6139 | 60.6771 | 0.999948 |
| 18.4946 | 58.2043 | 0.999907 |
| 19.3753 | 54.8143 | 0.999795 |
| 20.256 | 49.7624 | 0.999321 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 21.1367 | 42.3335 | 0.995994 |
| 22.0174 | 32.8157 | 0.962649 |
| 22.8981 | 24.3385 | 0.777043 |
| 23.7788 | 21.5111 | 0.633353 |
| 24.6595 | 18.2139 | 0.410148 |
| 25.5402 | 15.2079 | 0.199667 |
| 26.4209 | 12.6142 | 0.0692934 |
| 27.3016 | 10.4935 | 0.0174578 |
| 28.1822 | 8.78564 | 0.00330732 |
| 29.0629 | 7.41438 | 0.000492396 |
| 29.9436 | 6.31188 | 6.0456E-05 |
| 30.8243 | 5.416 | 6.30755E-06 |
| 31.705 | 4.68467 | 5.81889E-07 |
| 32.5857 | 4.08266 | 4.88181E-08 |
| 33.4664 | 3.58301 | 0 |
| 34.3471 | 3.16503 | 0 |
| 35.2278 | 2.81264 | 0 |
| 36.1085 | 2.51337 | 0 |
| 36.9892 | 2.25746 | 0 |
| 37.8699 | 2.0372 | 0 |
| 38.7506 | 1.84649 | 0 |
| 39.6313 | 1.6804 | 0 |
| 40.512 | 1.53501 | 0 |
| 41.3927 | 1.40708 | 0 |
| 42.2734 | 1.29401 | 0 |
| 43.1541 | 1.19361 | 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 4.76 |
| Pasquill stability | B/C moderately unstable - moderate sun and moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 4.27462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 190.326 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.118293 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 22.7366 | m |

| | | |
|---------------------------|-----------|-----|
| Frustum length | 15.0832 | m |
| Frustum base width | 1.17516 | m |
| Frustum tip width | 3.01669 | m |
| Frustum lift-off distance | 7.77074 | m |
| Flame length in still air | 27.2388 | m |
| Hole to flame angle | 12.2655 | deg |
| Expanded diameter | 0.0762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |
| Height of interest | 0 | m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00735581 | -3.98458 | 313,157 | 19.6066 | 30.5412 | 20.9223 | 40.9559 | 1881.21 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0262708 | 0.360367 | 1,709,491 | 13.3879 | 16.3115 | 17.9711 | 31.359 | 686.053 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0656769 | 3.48789 | 5,800,162 | 10.5281 | 9.62354 | 16.4809 | 27.009 | 318.298 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.197031 | 7.23773 | 25,094,924 | 7.66084 | 3.52846 | 14.8367 | 22.4976 | 84.9203 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 45.0193 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 1.17027 | 0 |
| 0.918762 | 1.3176 | 0 |
| 1.83752 | 1.54595 | 0 |
| 2.75629 | 2.12353 | 0 |
| 3.67505 | 3.14548 | 0 |
| 4.59381 | 5.02682 | 1.90807E-06 |
| 5.51257 | 8.95758 | 0.00403062 |
| 6.43133 | 18.7855 | 0.451567 |
| 7.3501 | 44.1744 | 0.99742 |
| 8.26886 | 83.4104 | 1 |
| 9.18762 | 91.7597 | 1 |
| 10.1064 | 86.694 | 1 |
| 11.0251 | 82.0665 | 1 |
| 11.9439 | 78.2533 | 0.999999 |
| 12.8627 | 75.0954 | 0.999998 |
| 13.7814 | 72.4362 | 0.999996 |
| 14.7002 | 70.1506 | 0.999994 |
| 15.619 | 68.1352 | 0.99999 |
| 16.5377 | 66.2944 | 0.999986 |
| 17.4565 | 64.5161 | 0.999978 |
| 18.3752 | 62.9071 | 0.999969 |
| 19.294 | 60.3529 | 0.999944 |
| 20.2128 | 57.0773 | 0.999879 |
| 21.1315 | 51.7351 | 0.999575 |

| | | |
|---------|----------|-------------|
| 22.0503 | 43.0164 | 0.996597 |
| 22.969 | 31.2226 | 0.946566 |
| 23.8878 | 24.2933 | 0.775148 |
| 24.8066 | 20.9119 | 0.596505 |
| 25.7253 | 16.981 | 0.320463 |
| 26.6441 | 13.6329 | 0.111995 |
| 27.5629 | 10.9762 | 0.0252435 |
| 28.4816 | 8.91606 | 0.00384542 |
| 29.4004 | 7.32335 | 0.000423442 |
| 30.3191 | 6.08481 | 3.60404E-05 |
| 31.2379 | 5.11295 | 2.51928E-06 |
| 32.1567 | 4.34176 | 1.51877E-07 |
| 33.0754 | 3.72398 | 8.2663E-09 |
| 33.9942 | 3.22169 | 0 |
| 34.913 | 2.80995 | 0 |
| 35.8317 | 2.46907 | 0 |
| 36.7505 | 2.18424 | 0 |
| 37.6692 | 1.94422 | 0 |
| 38.588 | 1.74033 | 0 |
| 39.5068 | 1.56587 | 0 |
| 40.4255 | 1.41555 | 0 |
| 41.3443 | 1.28526 | 0 |
| 42.263 | 1.17164 | 0 |
| 43.1818 | 1.07204 | 0 |
| 44.1006 | 0.984268 | 0 |
| 45.0193 | 0.90657 | 0 |

Explosion Report

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.01

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.01

EI.01. Sobrepresión en punto de interconexión en PP AKAL B en la línea 4" GC 3101 C D60T1 debido al cierre de SDV 2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.01 FUGA MAYOR RIESGO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.01\EI.01 FUGA MAYOR RIESGO

EI.01. Sobrepresión en punto de interconexión en PP AKAL B en la línea 4" GC 3101 C D60T1 debido al cierre de SDV 2100 por error operativo, con fuga de gas en uniones bridadas y/o accesorios con posible incendio y/o explosión, daño a la instalación (producción e integridad) y producción diferida.

Weather: Category 1.5/F

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 | % |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressur es (input) [psi] | Distance to specified overpressur es [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|--|
| 1.5407 | 6.37166 | 10 | 10 | 0.397409 | 0.5 | 18.4553 |
| | | | | | 1 | 14.2386 |
| | | | | | 10 | 0 |

| | | | | | | |
|--------|---------|----|----|----------|----------------|-------------------------|
| 1.6504 | 6.37164 | 20 | 20 | 0.397447 | 0.5 1 10 | 28.4556 24.2387 0 |
|--------|---------|----|----|----------|----------------|-------------------------|

Weather: Category 1.5 A/B

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 1.54077 | 5.971 | 10 | 10 | 0.332549 | 0.5 1 10 | 17.9678 13.9942 0 |
| 1.54077 | 5.971 | 20 | 20 | 0.332549 | 0.5 1 10 | 27.9678 23.9942 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 1.54074 | 5.43182 | 10 | 10 | 0.284415 | 0.5 1 10 | 17.5631 13.7914 0 |
| 1.54074 | 5.43182 | 20 | 20 | 0.284415 | 0.5 1 10 | 27.5631 23.7914 0 |

Jet Fire

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.02

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.02

EI.02. Perdida de contención en ducto ascendente PP-AKAL-B en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.02 FUGA PEOR CASO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.02\EI.02 FUGA PEOR CASO

EI.02. Perdida de contención en ducto ascendente PP-AKAL-B en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

Weather: Category 1.5/F

| | |
|--------------------------------|---|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | F stable - night with moderate clouds and light/moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | | |
|--------------------------|------------|-----|
| Jet fire method | Cone model | |
| Crosswind angle | 0 | deg |
| Rate modification factor | 3 | |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|---------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 311.043 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 143.97 | m |
| Frustum length | 78.2436 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 35.5459 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 45.2099 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |

| | |
|--------------------|-----|
| Height of interest | 0 m |
|--------------------|-----|

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00450098 | -3.98458 | 313,157 | 295.74 | 310.262 | 113.113 | 408.853 | 288262 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0160749 | 0.360367 | 1,709,491 | 161.58 | 171.388 | 111.592 | 273.172 | 86999.8 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0401874 | 3.48789 | 5,800,162 | 101.939 | 108.55 | 108.267 | 210.206 | 34763.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.120562 | 7.23773 | 25,094,924 | 58.9177 | 56.8724 | 104.398 | 163.315 | 10526.8 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | |
|--|-----------|
| Maximum distance | 408.853 m |
| Observer type radiation modelling flag | Planar |
| Observer direction | Variable |
| Height of interest | 0 m |

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 11.0054 | 0.0257818 |
| 8.34393 | 13.0426 | 0.0858022 |
| 16.6879 | 15.7314 | 0.233524 |
| 25.0318 | 19.4058 | 0.495688 |
| 33.3757 | 24.6453 | 0.789589 |
| 41.7197 | 32.554 | 0.960367 |
| 50.0636 | 45.2465 | 0.998003 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 58.4075 | 70.9515 | 0.999995 |
| 66.7514 | 163.035 | 1 |
| 75.0954 | 262.092 | 1 |
| 83.4393 | 311.043 | 1 |
| 91.7832 | 311.043 | 1 |
| 100.127 | 241.367 | 1 |
| 108.471 | 165.133 | 1 |
| 116.815 | 125.58 | 1 |
| 125.159 | 100.535 | 1 |
| 133.503 | 82.2012 | 1 |
| 141.847 | 67.2187 | 0.999988 |
| 150.191 | 54.2508 | 0.999766 |
| 158.535 | 43.0595 | 0.996632 |
| 166.879 | 33.7724 | 0.969972 |
| 175.223 | 26.3974 | 0.850696 |
| 183.566 | 20.7265 | 0.584696 |
| 191.91 | 17.1365 | 0.331674 |
| 200.254 | 14.8174 | 0.175773 |
| 208.598 | 12.8434 | 0.0778625 |
| 216.942 | 11.1777 | 0.0291304 |
| 225.286 | 9.77147 | 0.00931987 |
| 233.63 | 8.59147 | 0.00261978 |
| 241.974 | 7.59371 | 0.000656164 |
| 250.318 | 6.74636 | 0.000148974 |
| 258.662 | 6.02321 | 3.11354E-05 |
| 267.006 | 5.40276 | 6.07085E-06 |
| 275.35 | 4.86777 | 1.11779E-06 |
| 283.694 | 4.40401 | 1.96284E-07 |
| 292.038 | 3.99999 | 3.31576E-08 |
| 300.382 | 3.64631 | 0 |
| 308.725 | 3.33529 | 0 |

| | | | |
|---------|--|---------|---|
| 317.069 | | 3.06056 | 0 |
| 325.413 | | 2.81691 | 0 |
| 333.757 | | 2.59996 | 0 |
| 342.101 | | 2.40608 | 0 |
| 350.445 | | 2.23219 | 0 |
| 358.789 | | 2.07571 | 0 |
| 367.133 | | 1.93447 | 0 |
| 375.477 | | 1.80658 | 0 |
| 383.821 | | 1.69047 | 0 |
| 392.165 | | 1.58477 | 0 |
| 400.509 | | 1.48829 | 0 |
| 408.853 | | 1.40002 | 0 |

Weather: Category 1.5 A/B

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | A/B unstable - as with A only less sunny or more windy |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 311.043 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 143.97 | m |

| | | |
|---------------------------|----------|-----|
| Frustum length | 78.2436 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 35.5459 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 45.2099 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |
| Height of interest | 0 | m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00450098 | -3.98458 | 313,157 | 295.74 | 310.262 | 113.113 | 408.853 | 288262 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0160749 | 0.360367 | 1,709,491 | 161.58 | 171.388 | 111.592 | 273.172 | 86999.8 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0401874 | 3.48789 | 5,800,162 | 101.939 | 108.55 | 108.267 | 210.206 | 34763.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.120562 | 7.23773 | 25,094,924 | 58.9177 | 56.8724 | 104.398 | 163.315 | 10526.8 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 408.853 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 11.0054 | 0.0257818 |
| 8.34393 | 13.0426 | 0.0858022 |
| 16.6879 | 15.7314 | 0.233524 |
| 25.0318 | 19.4058 | 0.495688 |
| 33.3757 | 24.6453 | 0.789589 |
| 41.7197 | 32.554 | 0.960367 |
| 50.0636 | 45.2465 | 0.998003 |
| 58.4075 | 70.9515 | 0.999995 |
| 66.7514 | 163.035 | 1 |
| 75.0954 | 262.092 | 1 |
| 83.4393 | 311.043 | 1 |
| 91.7832 | 311.043 | 1 |
| 100.127 | 241.367 | 1 |
| 108.471 | 165.133 | 1 |
| 116.815 | 125.58 | 1 |
| 125.159 | 100.535 | 1 |
| 133.503 | 82.2012 | 1 |
| 141.847 | 67.2187 | 0.999988 |
| 150.191 | 54.2508 | 0.999766 |
| 158.535 | 43.0595 | 0.996632 |
| 166.879 | 33.7724 | 0.969972 |
| 175.223 | 26.3974 | 0.850696 |
| 183.566 | 20.7265 | 0.584696 |
| 191.91 | 17.1365 | 0.331674 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 200.254 | 14.8174 | 0.175773 |
| 208.598 | 12.8434 | 0.0778625 |
| 216.942 | 11.1777 | 0.0291304 |
| 225.286 | 9.77147 | 0.00931987 |
| 233.63 | 8.59147 | 0.00261978 |
| 241.974 | 7.59371 | 0.000656164 |
| 250.318 | 6.74636 | 0.000148974 |
| 258.662 | 6.02321 | 3.11354E-05 |
| 267.006 | 5.40276 | 6.07085E-06 |
| 275.35 | 4.86777 | 1.11779E-06 |
| 283.694 | 4.40401 | 1.96284E-07 |
| 292.038 | 3.99999 | 3.31576E-08 |
| 300.382 | 3.64631 | 0 |
| 308.725 | 3.33529 | 0 |
| 317.069 | 3.06056 | 0 |
| 325.413 | 2.81691 | 0 |
| 333.757 | 2.59996 | 0 |
| 342.101 | 2.40608 | 0 |
| 350.445 | 2.23219 | 0 |
| 358.789 | 2.07571 | 0 |
| 367.133 | 1.93447 | 0 |
| 375.477 | 1.80658 | 0 |
| 383.821 | 1.69047 | 0 |
| 392.165 | 1.58477 | 0 |
| 400.509 | 1.48829 | 0 |
| 408.853 | 1.40002 | 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 4.76 |
| Pasquill stability | B/C moderately unstable - moderate sun and moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 320.348 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 150.513 | m |

| | | |
|---------------------------|----------|-----|
| Frustum length | 79.9925 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 33.0833 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 34.7313 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | |
|--------------------|----------|
| Observer direction | Variable |
| Exposure duration | 20 s |
| Height of interest | 0 m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) ^{^Probit N.s}] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00437025 | -3.98458 | 313,157 | 281.729 | 311.777 | 120.512 | 402.241 | 275946 |
| 5 | 0.000174704 | 0.015608 | 0.360367 | 1,709,491 | 156.769 | 172.796 | 118.632 | 275.401 | 85102.7 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0390201 | 3.48789 | 5,800,162 | 102.489 | 110.532 | 115.277 | 217.766 | 35589.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.11706 | 7.23773 | 25,094,924 | 60.6298 | 59.4343 | 108.169 | 168.799 | 11320.7 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 402.241 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 9.48468 | 0.0070573 |
| 8.209 | 11.2676 | 0.0309937 |
| 16.418 | 13.6348 | 0.112089 |
| 24.627 | 16.8911 | 0.314008 |
| 32.836 | 21.5693 | 0.636819 |
| 41.045 | 28.711 | 0.907611 |
| 49.254 | 40.58 | 0.993915 |
| 57.463 | 72.0277 | 0.999996 |
| 65.672 | 148.338 | 1 |
| 73.881 | 254.255 | 1 |
| 82.09 | 320.348 | 1 |
| 90.299 | 320.348 | 1 |
| 98.508 | 320.348 | 1 |
| 106.717 | 242.267 | 1 |
| 114.926 | 175.42 | 1 |
| 123.135 | 140.043 | 1 |
| 131.344 | 115.422 | 1 |
| 139.553 | 96.1028 | 1 |
| 147.762 | 77.4466 | 0.999999 |
| 155.971 | 60.1741 | 0.999941 |
| 164.18 | 44.8277 | 0.997793 |
| 172.389 | 32.565 | 0.960466 |
| 180.598 | 26.4573 | 0.852486 |
| 188.807 | 22.3909 | 0.683521 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 197.016 | 18.8854 | 0.458744 |
| 205.225 | 15.9723 | 0.249706 |
| 213.434 | 13.5741 | 0.109213 |
| 221.643 | 11.6307 | 0.0393617 |
| 229.852 | 10.0375 | 0.0118807 |
| 238.061 | 8.72491 | 0.00307831 |
| 246.27 | 7.63634 | 0.000701187 |
| 254.479 | 6.72712 | 0.000143463 |
| 262.688 | 5.96209 | 2.6858E-05 |
| 270.897 | 5.31397 | 4.67729E-06 |
| 279.106 | 4.76104 | 7.67874E-07 |
| 287.315 | 4.28624 | 1.20207E-07 |
| 295.524 | 3.87602 | 1.81153E-08 |
| 303.733 | 3.51959 | 0 |
| 311.942 | 3.2082 | 0 |
| 320.151 | 2.93478 | 0 |
| 328.36 | 2.69355 | 0 |
| 336.569 | 2.47979 | 0 |
| 344.778 | 2.28957 | 0 |
| 352.987 | 2.11964 | 0 |
| 361.196 | 1.96727 | 0 |
| 369.405 | 1.83018 | 0 |
| 377.614 | 1.70644 | 0 |
| 385.823 | 1.59439 | 0 |
| 394.032 | 1.49265 | 0 |
| 402.241 | 1.4 | 0 |

Explosion Report

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.02

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.02

EI.02. Perdida de contención en ducto ascendente PP-AKAL-B en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.02 FUGA PEOR CASO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.02\EI.02 FUGA PEOR CASO

EI.02. Perdida de contención en ducto ascendente PP-AKAL-B en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

Weather: Category 1.5/F

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 | % |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressur es (input) [psi] | Distance to specified overpressur es [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|--|
| 0.69744 | 38.9524 | 10 | 10 | 160.131 | 0.5 | 72.4515 |
| | | | | | 1 | 41.3065 |
| | | | | | 10 | 0 |

| | | | | | | |
|----------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 0.69744 | 38.9524 | 20 | 20 | 160.131 | 0.5 1 10 | 82.4515 51.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 30 | 30 | 160.131 | 0.5 1 10 | 92.4515 61.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 40 | 40 | 160.131 | 0.5 1 10 | 102.451 71.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 50 | 50 | 160.131 | 0.5 1 10 | 112.451 81.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 60 | 60 | 160.131 | 0.5 1 10 | 122.451 91.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 70 | 70 | 160.131 | 0.5 1 10 | 132.451 101.307 0 |
| 0.994649 | 45.0172 | 80 | 80 | 238.348 | 0.5 1 10 | 151.305 115.745 0 |
| 1.29219 | 51.0888 | 90 | 90 | 316.653 | 0.5 1 10 | 168.387 129.295 0 |
| 1.58973 | 57.1604 | 100 | 100 | 394.958 | 0.5 1 10 | 184.379 142.299 0 |
| 1.89128 | 63.2155 | 110 | 110 | 473.219 | 0.5 1 10 | 199.62 154.926 0 |
| 2.38876 | 68.469 | 120 | 120 | 549.363 | 0.5 1 10 | 214.19 167.217 0 |
| 2.88624 | 73.7224 | 130 | 130 | 625.508 | 0.5 1 10 | 228.355 179.305 0 |
| 3.38372 | 78.9759 | 140 | 140 | 701.652 | 0.5 1 10 | 242.194 191.229 0 |
| 3.8812 | 84.2293 | 150 | 150 | 777.797 | 0.5 1 10 | 255.764 203.019 0 |
| 4.64092 | 87.7244 | 160 | 160 | 823.608 | 0.5 1 10 | 267.801 214.04 0 |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 5.40582 | 91.1848 | 170 | 170 | 868.82 | 0.5 1 10 | 279.739 225.011 0 |
| 6.17072 | 94.6452 | 180 | 180 | 914.032 | 0.5 1 10 | 291.61 235.95 0 |
| 6.93562 | 98.1055 | 190 | 190 | 959.244 | 0.5 1 10 | 303.421 246.857 0 |
| 7.91787 | 100.034 | 200 | 200 | 983.874 | 0.5 1 10 | 314.384 257.34 0 |
| 9.09983 | 100.556 | 210 | 210 | 989.589 | 0.5 1 10 | 324.605 267.451 0 |
| 10.2818 | 101.078 | 220 | 220 | 995.305 | 0.5 1 10 | 334.825 277.561 0 |
| 11.4638 | 101.6 | 230 | 230 | 1001.02 | 0.5 1 10 | 345.044 287.671 0 |
| 12.6457 | 102.121 | 240 | 240 | 1006.74 | 0.5 1 10 | 355.263 297.781 0 |
| 14.2516 | 102.291 | 250 | 250 | 1009.19 | 0.5 1 10 | 365.356 307.827 0 |
| 16.1147 | 102.247 | 260 | 260 | 1009.65 | 0.5 1 10 | 375.374 317.836 0 |
| 17.9777 | 102.204 | 270 | 270 | 1010.12 | 0.5 1 10 | 385.392 327.845 0 |
| 19.8408 | 102.16 | 280 | 280 | 1010.58 | 0.5 1 10 | 395.41 337.854 0 |
| 21.7038 | 102.116 | 290 | 290 | 1011.05 | 0.5 1 10 | 405.427 347.863 0 |
| 23.8224 | 102.137 | 300 | 300 | 1011.32 | 0.5 1 10 | 415.437 357.868 0 |
| 26.4215 | 102.28 | 310 | 310 | 1011.2 | 0.5 1 10 | 425.433 367.866 0 |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 29.3406 | 102.274 | 320 | 320 | 1009.61 | 0.5 1 10 | 435.373 377.836 0 |
| 32.5674 | 102.21 | 330 | 330 | 1007.42 | 0.5 1 10 | 445.289 387.794 0 |
| 36.3395 | 102.467 | 340 | 340 | 1008.37 | 0.5 1 10 | 455.325 397.812 0 |
| 40.4921 | 102.297 | 350 | 350 | 1005.9 | 0.5 1 10 | 465.231 407.764 0 |
| 45.3819 | 102.401 | 360 | 360 | 1006.94 | 0.5 1 10 | 475.271 417.784 0 |

Weather: Category 1.5 A/B

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 0.69744 | 41.0943 | 10 | 10 | 171.675 | 0.5 1 10 | 73.9175 42.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 20 | 20 | 171.675 | 0.5 1 10 | 83.9175 52.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 30 | 30 | 171.675 | 0.5 1 10 | 93.9175 62.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 40 | 40 | 171.675 | 0.5 1 10 | 103.918 72.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 50 | 50 | 171.675 | 0.5 1 10 | 113.918 82.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 60 | 60 | 171.675 | 0.5 1 10 | 123.918 92.0414 0 |
| 0.879092 | 44.3168 | 70 | 70 | 206.688 | 0.5 1 10 | 137.997 104.086 0 |
| 1.17098 | 49.4949 | 80 | 80 | 262.949 | 0.5 1 10 | 153.679 116.935 0 |
| 1.46286 | 54.673 | 90 | 90 | 319.21 | 0.5 1 10 | 168.598 129.401 0 |
| 1.75475 | 59.851 | 100 | 100 | 375.471 | 0.5 | 182.968 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|--|-----|---------|
| | | | | | | 1 | 141.591 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.15149 | 64.7763 | 110 | 110 | 430.784 | | 0.5 | 196.857 |
| | | | | | | 1 | 153.541 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.62849 | 69.5081 | 120 | 120 | 485.37 | | 0.5 | 210.381 |
| | | | | | | 1 | 165.307 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.10549 | 74.2399 | 130 | 130 | 539.957 | | 0.5 | 223.649 |
| | | | | | | 1 | 176.946 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.58249 | 78.9717 | 140 | 140 | 594.544 | | 0.5 | 236.704 |
| | | | | | | 1 | 188.477 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.12961 | 82.9378 | 150 | 150 | 638.964 | | 0.5 | 249.055 |
| | | | | | | 1 | 199.656 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.80492 | 85.504 | 160 | 160 | 664.796 | | 0.5 | 260.372 |
| | | | | | | 1 | 210.316 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.48023 | 88.0703 | 170 | 170 | 690.628 | | 0.5 | 271.656 |
| | | | | | | 1 | 220.959 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.15555 | 90.6365 | 180 | 180 | 716.461 | | 0.5 | 282.908 |
| | | | | | | 1 | 231.587 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.83086 | 93.2027 | 190 | 190 | 742.293 | | 0.5 | 294.13 |
| | | | | | | 1 | 242.2 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 7.59867 | 95.0252 | 200 | 200 | 760.534 | | 0.5 | 304.976 |
| | | | | | | 1 | 252.624 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 8.57974 | 95.1325 | 210 | 210 | 761.268 | | 0.5 | 315.01 |
| | | | | | | 1 | 262.641 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.56081 | 95.2398 | 220 | 220 | 762.002 | | 0.5 | 325.044 |
| | | | | | | 1 | 272.658 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 10.5419 | 95.3471 | 230 | 230 | 762.736 | | 0.5 | 335.077 |
| | | | | | | 1 | 282.675 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 11.523 | 95.4544 | 240 | 240 | 763.47 | | 0.5 | 345.111 |
| | | | | | | 1 | 292.691 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 12.504 | 95.5617 | 250 | 250 | 764.204 | | 0.5 | 355.145 |
| | | | | | | 1 | 302.708 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|-----|---------|---------|
| | | | | | | 10 | 0 |
| 13.6456 | 95.6309 | 260 | 260 | 764.518 | 0.5 | 365.159 | 312.716 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 15.0272 | 95.6433 | 270 | 270 | 764.205 | 0.5 | 375.145 | 322.708 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 16.4088 | 95.6556 | 280 | 280 | 763.891 | 0.5 | 385.13 | 332.701 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 17.7904 | 95.668 | 290 | 290 | 763.577 | 0.5 | 395.116 | 342.694 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 19.172 | 95.6803 | 300 | 300 | 763.263 | 0.5 | 405.102 | 352.687 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 20.5536 | 95.6926 | 310 | 310 | 762.949 | 0.5 | 415.087 | 362.679 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 21.9353 | 95.705 | 320 | 320 | 762.635 | 0.5 | 425.073 | 372.672 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 23.4547 | 95.7 | 330 | 330 | 762.283 | 0.5 | 435.057 | 382.664 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 25.3167 | 95.6522 | 340 | 340 | 761.837 | 0.5 | 445.036 | 392.654 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 27.1786 | 95.6044 | 350 | 350 | 761.39 | 0.5 | 455.016 | 402.644 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 29.3684 | 95.7024 | 360 | 360 | 762.983 | 0.5 | 465.089 | 412.68 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 31.6277 | 95.8314 | 370 | 370 | 765.009 | 0.5 | 475.182 | 422.727 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 33.8672 | 95.659 | 380 | 380 | 765.304 | 0.5 | 485.195 | 432.734 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 36.1017 | 95.4094 | 390 | 390 | 765.157 | 0.5 | 495.188 | 442.73 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 39.0412 | 95.5025 | 400 | 400 | 767.525 | 0.5 | 505.297 | 452.785 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 42.3527 | 95.6154 | 410 | 410 | 769.485 | 0.5 1 10 | 515.386 462.829 0 |
| 45.9516 | 97.616 | 420 | 420 | 746.142 | 0.5 1 10 | 524.31 472.29 0 |
| 49.7501 | 178.22 | 430 | 430 | 227.418 | 0.5 1 10 | 500.198 465.19 0 |
| 54.7616 | 302.205 | 440 | 440 | 62.686 | 0.5 1 10 | 485.685 462.902 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 0.69744 | 41.4143 | 10 | 10 | 167.447 | 0.5 1 10 | 73.3885 41.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 20 | 20 | 167.447 | 0.5 1 10 | 83.3885 51.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 30 | 30 | 167.447 | 0.5 1 10 | 93.3885 61.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 40 | 40 | 167.447 | 0.5 1 10 | 103.389 71.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 50 | 50 | 167.447 | 0.5 1 10 | 113.389 81.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 60 | 60 | 167.447 | 0.5 1 10 | 123.389 91.7762 0 |
| 0.844673 | 44.2955 | 70 | 70 | 196.874 | 0.5 1 10 | 136.903 103.538 0 |
| 1.11882 | 49.6604 | 80 | 80 | 251.667 | 0.5 1 10 | 152.609 116.399 0 |
| 1.39297 | 55.0252 | 90 | 90 | 306.46 | 0.5 1 10 | 167.537 128.869 0 |
| 1.66712 | 60.3901 | 100 | 100 | 361.253 | 0.5 | 181.907 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|--|-----|---------|
| | | | | | | 1 | 141.06 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 1.96967 | 65.4864 | 110 | 110 | 413.414 | | 0.5 | 195.673 |
| | | | | | | 1 | 152.948 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.37365 | 69.6236 | 120 | 120 | 456.174 | | 0.5 | 208.531 |
| | | | | | | 1 | 164.38 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.77762 | 73.7608 | 130 | 130 | 498.933 | | 0.5 | 221.215 |
| | | | | | | 1 | 175.725 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.1816 | 77.898 | 140 | 140 | 541.693 | | 0.5 | 233.749 |
| | | | | | | 1 | 186.996 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.58558 | 82.0353 | 150 | 150 | 584.452 | | 0.5 | 246.154 |
| | | | | | | 1 | 198.201 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.03148 | 85.6024 | 160 | 160 | 620.552 | | 0.5 | 258.094 |
| | | | | | | 1 | 209.174 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.60703 | 87.4065 | 170 | 170 | 636.056 | | 0.5 | 268.905 |
| | | | | | | 1 | 219.58 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.18259 | 89.2106 | 180 | 180 | 651.561 | | 0.5 | 279.702 |
| | | | | | | 1 | 229.98 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.75814 | 91.0148 | 190 | 190 | 667.066 | | 0.5 | 290.486 |
| | | | | | | 1 | 240.373 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.33369 | 92.8189 | 200 | 200 | 682.57 | | 0.5 | 301.259 |
| | | | | | | 1 | 250.76 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.90924 | 94.623 | 210 | 210 | 698.075 | | 0.5 | 312.02 |
| | | | | | | 1 | 261.142 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 7.54646 | 95.8649 | 220 | 220 | 708.733 | | 0.5 | 322.537 |
| | | | | | | 1 | 271.401 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 8.31606 | 95.8996 | 230 | 230 | 708.985 | | 0.5 | 332.549 |
| | | | | | | 1 | 281.407 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.08566 | 95.9343 | 240 | 240 | 709.238 | | 0.5 | 342.561 |
| | | | | | | 1 | 291.413 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.85526 | 95.969 | 250 | 250 | 709.49 | | 0.5 | 352.573 |
| | | | | | | 1 | 301.419 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|-----|---------|---|
| | | | | | | 10 | 0 |
| 10.6249 | 96.0037 | 260 | 260 | 709.743 | 0.5 | 362.585 | |
| | | | | | 1 | 311.425 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 11.3945 | 96.0384 | 270 | 270 | 709.995 | 0.5 | 372.597 | |
| | | | | | 1 | 321.431 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 12.1641 | 96.0731 | 280 | 280 | 710.248 | 0.5 | 382.61 | |
| | | | | | 1 | 331.437 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 12.9337 | 96.1078 | 290 | 290 | 710.5 | 0.5 | 392.622 | |
| | | | | | 1 | 341.444 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 13.979 | 96.1179 | 300 | 300 | 710.476 | 0.5 | 402.621 | |
| | | | | | 1 | 351.443 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 15.0957 | 96.1216 | 310 | 310 | 710.38 | 0.5 | 412.616 | |
| | | | | | 1 | 361.441 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 16.2124 | 96.1253 | 320 | 320 | 710.284 | 0.5 | 422.611 | |
| | | | | | 1 | 371.438 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 17.3291 | 96.1289 | 330 | 330 | 710.188 | 0.5 | 432.607 | |
| | | | | | 1 | 381.436 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 18.4458 | 96.1326 | 340 | 340 | 710.092 | 0.5 | 442.602 | |
| | | | | | 1 | 391.434 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 19.5625 | 96.1363 | 350 | 350 | 709.996 | 0.5 | 452.597 | |
| | | | | | 1 | 401.431 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 20.6792 | 96.14 | 360 | 360 | 709.9 | 0.5 | 462.593 | |
| | | | | | 1 | 411.429 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 21.7959 | 96.1437 | 370 | 370 | 709.805 | 0.5 | 472.588 | |
| | | | | | 1 | 421.427 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 22.9126 | 96.1474 | 380 | 380 | 709.709 | 0.5 | 482.584 | |
| | | | | | 1 | 431.424 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 24.3268 | 96.0636 | 390 | 390 | 711.371 | 0.5 | 492.664 | |
| | | | | | 1 | 441.465 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 25.743 | 95.9791 | 400 | 400 | 713.045 | 0.5 | 502.744 | |
| | | | | | 1 | 451.505 | |
| | | | | | 10 | 0 | |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 27.1593 | 95.8947 | 410 | 410 | 714.719 | 0.5 1 10 | 512.824 461.545 0 |
| 28.647 | 95.8708 | 420 | 420 | 713.977 | 0.5 1 10 | 522.789 471.527 0 |
| 30.1578 | 95.8665 | 430 | 430 | 712.456 | 0.5 1 10 | 532.716 481.491 0 |
| 31.6686 | 95.8622 | 440 | 440 | 710.936 | 0.5 1 10 | 542.643 491.454 0 |
| 33.8308 | 96.0288 | 450 | 450 | 710.601 | 0.5 1 10 | 552.627 501.446 0 |
| 36.2435 | 96.2612 | 460 | 460 | 710.723 | 0.5 1 10 | 562.632 511.449 0 |
| 38.5456 | 96.2305 | 470 | 470 | 709.204 | 0.5 1 10 | 572.559 521.412 0 |
| 40.8238 | 96.1428 | 480 | 480 | 707.33 | 0.5 1 10 | 582.469 531.367 0 |
| 44.7577 | 95.9982 | 490 | 490 | 705.175 | 0.5 1 10 | 592.365 541.315 0 |

Jet Fire

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.03

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.03

EI.03. Perdida de contención en ducto ascendente PP-EK-A en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.03 FUGA PEOR CASO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.03\FUGA PEOR CASO

EI.03. Perdida de contención en ducto ascendente PP-EK-A en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

Weather: Category 1.5/F

| | |
|--------------------------------|---|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | F stable - night with moderate clouds and light/moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | | |
|--------------------------|------------|-----|
| Jet fire method | Cone model | |
| Crosswind angle | 0 | deg |
| Rate modification factor | 3 | |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|---------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 311.043 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 143.97 | m |
| Frustum length | 78.2436 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 35.5459 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 45.2099 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |

Height of interest 0 m

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) [^] Probit N.s] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00450098 | -3.98458 | 313,157 | 295.74 | 310.262 | 113.113 | 408.853 | 288262 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0160749 | 0.360367 | 1,709,491 | 161.58 | 171.388 | 111.592 | 273.172 | 86999.8 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0401874 | 3.48789 | 5,800,162 | 101.939 | 108.55 | 108.267 | 210.206 | 34763.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.120562 | 7.23773 | 25,094,924 | 58.9177 | 56.8724 | 104.398 | 163.315 | 10526.8 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

Maximum distance 408.853 m
 Observer type radiation modelling flag Planar
 Observer direction Variable
 Height of interest 0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 11.0054 | 0.0257818 |
| 8.34393 | 13.0426 | 0.0858022 |
| 16.6879 | 15.7314 | 0.233524 |
| 25.0318 | 19.4058 | 0.495688 |
| 33.3757 | 24.6453 | 0.789589 |
| 41.7197 | 32.554 | 0.960367 |
| 50.0636 | 45.2465 | 0.998003 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 58.4075 | 70.9515 | 0.999995 |
| 66.7514 | 163.035 | 1 |
| 75.0954 | 262.092 | 1 |
| 83.4393 | 311.043 | 1 |
| 91.7832 | 311.043 | 1 |
| 100.127 | 241.367 | 1 |
| 108.471 | 165.133 | 1 |
| 116.815 | 125.58 | 1 |
| 125.159 | 100.535 | 1 |
| 133.503 | 82.2012 | 1 |
| 141.847 | 67.2187 | 0.999988 |
| 150.191 | 54.2508 | 0.999766 |
| 158.535 | 43.0595 | 0.996632 |
| 166.879 | 33.7724 | 0.969972 |
| 175.223 | 26.3974 | 0.850696 |
| 183.566 | 20.7265 | 0.584696 |
| 191.91 | 17.1365 | 0.331674 |
| 200.254 | 14.8174 | 0.175773 |
| 208.598 | 12.8434 | 0.0778625 |
| 216.942 | 11.1777 | 0.0291304 |
| 225.286 | 9.77147 | 0.00931987 |
| 233.63 | 8.59147 | 0.00261978 |
| 241.974 | 7.59371 | 0.000656164 |
| 250.318 | 6.74636 | 0.000148974 |
| 258.662 | 6.02321 | 3.11354E-05 |
| 267.006 | 5.40276 | 6.07085E-06 |
| 275.35 | 4.86777 | 1.11779E-06 |
| 283.694 | 4.40401 | 1.96284E-07 |
| 292.038 | 3.99999 | 3.31576E-08 |
| 300.382 | 3.64631 | 0 |
| 308.725 | 3.33529 | 0 |

| | | | |
|---------|--|---------|---|
| 317.069 | | 3.06056 | 0 |
| 325.413 | | 2.81691 | 0 |
| 333.757 | | 2.59996 | 0 |
| 342.101 | | 2.40608 | 0 |
| 350.445 | | 2.23219 | 0 |
| 358.789 | | 2.07571 | 0 |
| 367.133 | | 1.93447 | 0 |
| 375.477 | | 1.80658 | 0 |
| 383.821 | | 1.69047 | 0 |
| 392.165 | | 1.58477 | 0 |
| 400.509 | | 1.48829 | 0 |
| 408.853 | | 1.40002 | 0 |

Weather: Category 1.5 A/B

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 1.5 |
| Pasquill stability | A/B unstable - as with A only less sunny or more windy |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 311.043 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 143.97 | m |

| | | |
|---------------------------|----------|-----|
| Frustum length | 78.2436 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 35.5459 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 45.2099 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | | |
|--------------------|----------|---|
| Observer direction | Variable | |
| Exposure duration | 20 | s |
| Height of interest | 0 | m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) ^{^Probit N.s}] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00450098 | -3.98458 | 313,157 | 295.74 | 310.262 | 113.113 | 408.853 | 288262 |
| 5 | 0.000174704 | 0.0160749 | 0.360367 | 1,709,491 | 161.58 | 171.388 | 111.592 | 273.172 | 86999.8 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0401874 | 3.48789 | 5,800,162 | 101.939 | 108.55 | 108.267 | 210.206 | 34763.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.120562 | 7.23773 | 25,094,924 | 58.9177 | 56.8724 | 104.398 | 163.315 | 10526.8 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 408.853 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 11.0054 | 0.0257818 |
| 8.34393 | 13.0426 | 0.0858022 |
| 16.6879 | 15.7314 | 0.233524 |
| 25.0318 | 19.4058 | 0.495688 |
| 33.3757 | 24.6453 | 0.789589 |
| 41.7197 | 32.554 | 0.960367 |
| 50.0636 | 45.2465 | 0.998003 |
| 58.4075 | 70.9515 | 0.999995 |
| 66.7514 | 163.035 | 1 |
| 75.0954 | 262.092 | 1 |
| 83.4393 | 311.043 | 1 |
| 91.7832 | 311.043 | 1 |
| 100.127 | 241.367 | 1 |
| 108.471 | 165.133 | 1 |
| 116.815 | 125.58 | 1 |
| 125.159 | 100.535 | 1 |
| 133.503 | 82.2012 | 1 |
| 141.847 | 67.2187 | 0.999988 |
| 150.191 | 54.2508 | 0.999766 |
| 158.535 | 43.0595 | 0.996632 |
| 166.879 | 33.7724 | 0.969972 |
| 175.223 | 26.3974 | 0.850696 |
| 183.566 | 20.7265 | 0.584696 |
| 191.91 | 17.1365 | 0.331674 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 200.254 | 14.8174 | 0.175773 |
| 208.598 | 12.8434 | 0.0778625 |
| 216.942 | 11.1777 | 0.0291304 |
| 225.286 | 9.77147 | 0.00931987 |
| 233.63 | 8.59147 | 0.00261978 |
| 241.974 | 7.59371 | 0.000656164 |
| 250.318 | 6.74636 | 0.000148974 |
| 258.662 | 6.02321 | 3.11354E-05 |
| 267.006 | 5.40276 | 6.07085E-06 |
| 275.35 | 4.86777 | 1.11779E-06 |
| 283.694 | 4.40401 | 1.96284E-07 |
| 292.038 | 3.99999 | 3.31576E-08 |
| 300.382 | 3.64631 | 0 |
| 308.725 | 3.33529 | 0 |
| 317.069 | 3.06056 | 0 |
| 325.413 | 2.81691 | 0 |
| 333.757 | 2.59996 | 0 |
| 342.101 | 2.40608 | 0 |
| 350.445 | 2.23219 | 0 |
| 358.789 | 2.07571 | 0 |
| 367.133 | 1.93447 | 0 |
| 375.477 | 1.80658 | 0 |
| 383.821 | 1.69047 | 0 |
| 392.165 | 1.58477 | 0 |
| 400.509 | 1.48829 | 0 |
| 408.853 | 1.40002 | 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | |
|--------------------------------|--|
| Wind speed [m/s] | 4.76 |
| Pasquill stability | B/C moderately unstable - moderate sun and moderate wind |
| Atmospheric temperature [degC] | 28.56 |
| Relative humidity [fraction] | 0.8751 |
| Solar radiation flux [kW/m2] | 0.5 |

Jet fire model results

INPUT DATA

Scenario

| | | |
|-------------------------------|---|-----|
| Elevation | 1 | m |
| Release angle from horizontal | 0 | deg |

Jet Fire Parameters

| | |
|--------------------------|------------|
| Jet fire method | Cone model |
| Crosswind angle | 0 deg |
| Rate modification factor | 3 |

Calculated inputs

| | | |
|--|----------------|----------|
| Mass flow rate | 427.462 | kg/s |
| Temperature after atmospheric expansion | -109.447 | degC |
| Liquid fraction | 0 | fraction |
| Velocity after atmospheric expansion (input) | 615.139 | m/s |
| Rainout fraction time averaged | 0 | fraction |

OUTPUT DATA

| | | |
|------------------------|----------|----------|
| Flame emissive power | 320.348 | kW/m2 |
| Fraction of emissivity | 0.168795 | fraction |
| Jet velocity | 615.139 | m/s |
| Flame length | 150.513 | m |

| | | |
|---------------------------|----------|-----|
| Frustum length | 79.9925 | m |
| Frustum base width | 27.8735 | m |
| Frustum tip width | 33.0833 | m |
| Frustum lift-off distance | 77.7074 | m |
| Flame length in still air | 205.623 | m |
| Hole to flame angle | 34.7313 | deg |
| Expanded diameter | 0.762799 | m |
| Plane angular rotation | 0 | deg |

Flame on ground impingement with partial truncation

Radiation Intensity Ellipse Results

INPUT DATA

For ellipses 'observer direction' refers to whether inclination is 'fixed' or 'variable'. Orientation is always variable.

| | |
|--------------------|----------|
| Observer direction | Variable |
| Exposure duration | 20 s |
| Height of interest | 0 m |

OUTPUT DATA

Radiation intensity

| Incident radiation [kW/m ²] | Lethality [%] | View factor | Probit | Dose [(W/m ²) ^{^Probit N.s}] | Ellipse half-length [m] | Ellipse half-width [m] | Ellipse centre downwind distance [m] | Effect downwind distance [m] | Ellipse area [m ²] |
|---|---------------|-------------|----------|--|-------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 1.4 | 0 | 0.00437025 | -3.98458 | 313,157 | 281.729 | 311.777 | 120.512 | 402.241 | 275946 |
| 5 | 0.000174704 | 0.015608 | 0.360367 | 1,709,491 | 156.769 | 172.796 | 118.632 | 275.401 | 85102.7 |
| 12.5 | 6.52536 | 0.0390201 | 3.48789 | 5,800,162 | 102.489 | 110.532 | 115.277 | 217.766 | 35589.1 |
| 37.5 | 98.7381 | 0.11706 | 7.23773 | 25,094,924 | 60.6298 | 59.4343 | 108.169 | 168.799 | 11320.7 |

Radiation v Distance Results

INPUT DATA

| | | |
|------------------|---------|---|
| Maximum distance | 402.241 | m |
|------------------|---------|---|

Observer type radiation
modelling flag

Planar

Observer direction

Variable

Height of interest

0 m

OUTPUT DATA

| Downwind distance [m] | Maximum incident radiation [kW/m ²] | Lethality level [fraction] |
|-----------------------|---|----------------------------|
| 0 | 9.48468 | 0.0070573 |
| 8.209 | 11.2676 | 0.0309937 |
| 16.418 | 13.6348 | 0.112089 |
| 24.627 | 16.8911 | 0.314008 |
| 32.836 | 21.5693 | 0.636819 |
| 41.045 | 28.711 | 0.907611 |
| 49.254 | 40.58 | 0.993915 |
| 57.463 | 72.0277 | 0.999996 |
| 65.672 | 148.338 | 1 |
| 73.881 | 254.255 | 1 |
| 82.09 | 320.348 | 1 |
| 90.299 | 320.348 | 1 |
| 98.508 | 320.348 | 1 |
| 106.717 | 242.267 | 1 |
| 114.926 | 175.42 | 1 |
| 123.135 | 140.043 | 1 |
| 131.344 | 115.422 | 1 |
| 139.553 | 96.1028 | 1 |
| 147.762 | 77.4466 | 0.999999 |
| 155.971 | 60.1741 | 0.999941 |
| 164.18 | 44.8277 | 0.997793 |
| 172.389 | 32.565 | 0.960466 |
| 180.598 | 26.4573 | 0.852486 |
| 188.807 | 22.3909 | 0.683521 |

| | | |
|---------|---------|-------------|
| 197.016 | 18.8854 | 0.458744 |
| 205.225 | 15.9723 | 0.249706 |
| 213.434 | 13.5741 | 0.109213 |
| 221.643 | 11.6307 | 0.0393617 |
| 229.852 | 10.0375 | 0.0118807 |
| 238.061 | 8.72491 | 0.00307831 |
| 246.27 | 7.63634 | 0.000701187 |
| 254.479 | 6.72712 | 0.000143463 |
| 262.688 | 5.96209 | 2.6858E-05 |
| 270.897 | 5.31397 | 4.67729E-06 |
| 279.106 | 4.76104 | 7.67874E-07 |
| 287.315 | 4.28624 | 1.20207E-07 |
| 295.524 | 3.87602 | 1.81153E-08 |
| 303.733 | 3.51959 | 0 |
| 311.942 | 3.2082 | 0 |
| 320.151 | 2.93478 | 0 |
| 328.36 | 2.69355 | 0 |
| 336.569 | 2.47979 | 0 |
| 344.778 | 2.28957 | 0 |
| 352.987 | 2.11964 | 0 |
| 361.196 | 1.96727 | 0 |
| 369.405 | 1.83018 | 0 |
| 377.614 | 1.70644 | 0 |
| 385.823 | 1.59439 | 0 |
| 394.032 | 1.49265 | 0 |
| 402.241 | 1.4 | 0 |

Explosion Report

Workspace: GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.

Study: DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A

Equipment Item: EI.03

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.03

EI.03. Perdida de contención en ducto ascendente PP-EK-A en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

| Material | GAS COMBUSTIBLE | |
|----------|-----------------|---|
| East | 0 | m |
| North | 0 | m |

Scenario (Leak) : EI.03 FUGA PEOR CASO

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX.\DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A\EI.03\EI.03 FUGA PEOR CASO

EI.03. Perdida de contención en ducto ascendente PP-EK-A en línea 8" GC 3100 C D60T1-1, con ruptura total debido a golpe por embarcación, con fuga de gas combustible con generación de nube flamable con riesgo de incendio y explosión con daño al personal, instalación y medio ambiente.

Weather: Category 1.5/F

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|---|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 | % |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressur es (input) [psi] | Distance to specified overpressur es [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------|--|
| 0.69744 | 38.9524 | 10 | 10 | 160.131 | 0.5 | 72.4515 |
| | | | | | 1 | 41.3065 |
| | | | | | 10 | 0 |

| | | | | | | |
|----------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 0.69744 | 38.9524 | 20 | 20 | 160.131 | 0.5 1 10 | 82.4515 51.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 30 | 30 | 160.131 | 0.5 1 10 | 92.4515 61.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 40 | 40 | 160.131 | 0.5 1 10 | 102.451 71.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 50 | 50 | 160.131 | 0.5 1 10 | 112.451 81.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 60 | 60 | 160.131 | 0.5 1 10 | 122.451 91.3065 0 |
| 0.69744 | 38.9524 | 70 | 70 | 160.131 | 0.5 1 10 | 132.451 101.307 0 |
| 0.994649 | 45.0172 | 80 | 80 | 238.348 | 0.5 1 10 | 151.305 115.745 0 |
| 1.29219 | 51.0888 | 90 | 90 | 316.653 | 0.5 1 10 | 168.387 129.295 0 |
| 1.58973 | 57.1604 | 100 | 100 | 394.958 | 0.5 1 10 | 184.379 142.299 0 |
| 1.89128 | 63.2155 | 110 | 110 | 473.219 | 0.5 1 10 | 199.62 154.926 0 |
| 2.38876 | 68.469 | 120 | 120 | 549.363 | 0.5 1 10 | 214.19 167.217 0 |
| 2.88624 | 73.7224 | 130 | 130 | 625.508 | 0.5 1 10 | 228.355 179.305 0 |
| 3.38372 | 78.9759 | 140 | 140 | 701.652 | 0.5 1 10 | 242.194 191.229 0 |
| 3.8812 | 84.2293 | 150 | 150 | 777.797 | 0.5 1 10 | 255.764 203.019 0 |
| 4.64092 | 87.7244 | 160 | 160 | 823.608 | 0.5 1 10 | 267.801 214.04 0 |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 5.40582 | 91.1848 | 170 | 170 | 868.82 | 0.5 1 10 | 279.739 225.011 0 |
| 6.17072 | 94.6452 | 180 | 180 | 914.032 | 0.5 1 10 | 291.61 235.95 0 |
| 6.93562 | 98.1055 | 190 | 190 | 959.244 | 0.5 1 10 | 303.421 246.857 0 |
| 7.91787 | 100.034 | 200 | 200 | 983.874 | 0.5 1 10 | 314.384 257.34 0 |
| 9.09983 | 100.556 | 210 | 210 | 989.589 | 0.5 1 10 | 324.605 267.451 0 |
| 10.2818 | 101.078 | 220 | 220 | 995.305 | 0.5 1 10 | 334.825 277.561 0 |
| 11.4638 | 101.6 | 230 | 230 | 1001.02 | 0.5 1 10 | 345.044 287.671 0 |
| 12.6457 | 102.121 | 240 | 240 | 1006.74 | 0.5 1 10 | 355.263 297.781 0 |
| 14.2516 | 102.291 | 250 | 250 | 1009.19 | 0.5 1 10 | 365.356 307.827 0 |
| 16.1147 | 102.247 | 260 | 260 | 1009.65 | 0.5 1 10 | 375.374 317.836 0 |
| 17.9777 | 102.204 | 270 | 270 | 1010.12 | 0.5 1 10 | 385.392 327.845 0 |
| 19.8408 | 102.16 | 280 | 280 | 1010.58 | 0.5 1 10 | 395.41 337.854 0 |
| 21.7038 | 102.116 | 290 | 290 | 1011.05 | 0.5 1 10 | 405.427 347.863 0 |
| 23.8224 | 102.137 | 300 | 300 | 1011.32 | 0.5 1 10 | 415.437 357.868 0 |
| 26.4215 | 102.28 | 310 | 310 | 1011.2 | 0.5 1 10 | 425.433 367.866 0 |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 29.3406 | 102.274 | 320 | 320 | 1009.61 | 0.5 1 10 | 435.373 377.836 0 |
| 32.5674 | 102.21 | 330 | 330 | 1007.42 | 0.5 1 10 | 445.289 387.794 0 |
| 36.3395 | 102.467 | 340 | 340 | 1008.37 | 0.5 1 10 | 455.325 397.812 0 |
| 40.4921 | 102.297 | 350 | 350 | 1005.9 | 0.5 1 10 | 465.231 407.764 0 |
| 45.3819 | 102.401 | 360 | 360 | 1006.94 | 0.5 1 10 | 475.271 417.784 0 |

Weather: Category 1.5 A/B

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 0.69744 | 41.0943 | 10 | 10 | 171.675 | 0.5 1 10 | 73.9175 42.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 20 | 20 | 171.675 | 0.5 1 10 | 83.9175 52.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 30 | 30 | 171.675 | 0.5 1 10 | 93.9175 62.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 40 | 40 | 171.675 | 0.5 1 10 | 103.918 72.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 50 | 50 | 171.675 | 0.5 1 10 | 113.918 82.0414 0 |
| 0.69744 | 41.0943 | 60 | 60 | 171.675 | 0.5 1 10 | 123.918 92.0414 0 |
| 0.879092 | 44.3168 | 70 | 70 | 206.688 | 0.5 1 10 | 137.997 104.086 0 |
| 1.17098 | 49.4949 | 80 | 80 | 262.949 | 0.5 1 10 | 153.679 116.935 0 |
| 1.46286 | 54.673 | 90 | 90 | 319.21 | 0.5 1 10 | 168.598 129.401 0 |
| 1.75475 | 59.851 | 100 | 100 | 375.471 | 0.5 | 182.968 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|--|-----|---------|
| | | | | | | 1 | 141.591 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.15149 | 64.7763 | 110 | 110 | 430.784 | | 0.5 | 196.857 |
| | | | | | | 1 | 153.541 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.62849 | 69.5081 | 120 | 120 | 485.37 | | 0.5 | 210.381 |
| | | | | | | 1 | 165.307 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.10549 | 74.2399 | 130 | 130 | 539.957 | | 0.5 | 223.649 |
| | | | | | | 1 | 176.946 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.58249 | 78.9717 | 140 | 140 | 594.544 | | 0.5 | 236.704 |
| | | | | | | 1 | 188.477 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.12961 | 82.9378 | 150 | 150 | 638.964 | | 0.5 | 249.055 |
| | | | | | | 1 | 199.656 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.80492 | 85.504 | 160 | 160 | 664.796 | | 0.5 | 260.372 |
| | | | | | | 1 | 210.316 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.48023 | 88.0703 | 170 | 170 | 690.628 | | 0.5 | 271.656 |
| | | | | | | 1 | 220.959 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.15555 | 90.6365 | 180 | 180 | 716.461 | | 0.5 | 282.908 |
| | | | | | | 1 | 231.587 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.83086 | 93.2027 | 190 | 190 | 742.293 | | 0.5 | 294.13 |
| | | | | | | 1 | 242.2 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 7.59867 | 95.0252 | 200 | 200 | 760.534 | | 0.5 | 304.976 |
| | | | | | | 1 | 252.624 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 8.57974 | 95.1325 | 210 | 210 | 761.268 | | 0.5 | 315.01 |
| | | | | | | 1 | 262.641 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.56081 | 95.2398 | 220 | 220 | 762.002 | | 0.5 | 325.044 |
| | | | | | | 1 | 272.658 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 10.5419 | 95.3471 | 230 | 230 | 762.736 | | 0.5 | 335.077 |
| | | | | | | 1 | 282.675 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 11.523 | 95.4544 | 240 | 240 | 763.47 | | 0.5 | 345.111 |
| | | | | | | 1 | 292.691 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 12.504 | 95.5617 | 250 | 250 | 764.204 | | 0.5 | 355.145 |
| | | | | | | 1 | 302.708 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|-----|---------|---|
| | | | | | | 10 | 0 |
| 13.6456 | 95.6309 | 260 | 260 | 764.518 | 0.5 | 365.159 | |
| | | | | | 1 | 312.716 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 15.0272 | 95.6433 | 270 | 270 | 764.205 | 0.5 | 375.145 | |
| | | | | | 1 | 322.708 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 16.4088 | 95.6556 | 280 | 280 | 763.891 | 0.5 | 385.13 | |
| | | | | | 1 | 332.701 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 17.7904 | 95.668 | 290 | 290 | 763.577 | 0.5 | 395.116 | |
| | | | | | 1 | 342.694 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 19.172 | 95.6803 | 300 | 300 | 763.263 | 0.5 | 405.102 | |
| | | | | | 1 | 352.687 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 20.5536 | 95.6926 | 310 | 310 | 762.949 | 0.5 | 415.087 | |
| | | | | | 1 | 362.679 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 21.9353 | 95.705 | 320 | 320 | 762.635 | 0.5 | 425.073 | |
| | | | | | 1 | 372.672 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 23.4547 | 95.7 | 330 | 330 | 762.283 | 0.5 | 435.057 | |
| | | | | | 1 | 382.664 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 25.3167 | 95.6522 | 340 | 340 | 761.837 | 0.5 | 445.036 | |
| | | | | | 1 | 392.654 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 27.1786 | 95.6044 | 350 | 350 | 761.39 | 0.5 | 455.016 | |
| | | | | | 1 | 402.644 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 29.3684 | 95.7024 | 360 | 360 | 762.983 | 0.5 | 465.089 | |
| | | | | | 1 | 412.68 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 31.6277 | 95.8314 | 370 | 370 | 765.009 | 0.5 | 475.182 | |
| | | | | | 1 | 422.727 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 33.8672 | 95.659 | 380 | 380 | 765.304 | 0.5 | 485.195 | |
| | | | | | 1 | 432.734 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 36.1017 | 95.4094 | 390 | 390 | 765.157 | 0.5 | 495.188 | |
| | | | | | 1 | 442.73 | |
| | | | | | 10 | 0 | |
| 39.0412 | 95.5025 | 400 | 400 | 767.525 | 0.5 | 505.297 | |
| | | | | | 1 | 452.785 | |
| | | | | | 10 | 0 | |

| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 42.3527 | 95.6154 | 410 | 410 | 769.485 | 0.5 1 10 | 515.386 462.829 0 |
| 45.9516 | 97.616 | 420 | 420 | 746.142 | 0.5 1 10 | 524.31 472.29 0 |
| 49.7501 | 178.22 | 430 | 430 | 227.418 | 0.5 1 10 | 500.198 465.19 0 |
| 54.7616 | 302.205 | 440 | 440 | 62.686 | 0.5 1 10 | 485.685 462.902 0 |

Weather: Category 4.76 B/C

| | | |
|---------------------------------|----------------------------|--|
| Explosion location criterion | Cloud front (LFL fraction) | |
| Explosion height criterion | Centreline height | |
| Explosion method | Multi-Energy: User-defined | |
| Unconfined explosion efficiency | 100 % | |
| Unconfined explosion strength | 2 | |

The results presented are for the source which produces the largest overpressures

| Time of explosion [s] | Distance to centre of mass [m] | Distance to explosion centre [m] | Distance to ignition point [m] | Flammable mass [kg] | Overpressures (input) [psi] | Distance to specified overpressures [m] |
|-----------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| 0.69744 | 41.4143 | 10 | 10 | 167.447 | 0.5 1 10 | 73.3885 41.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 20 | 20 | 167.447 | 0.5 1 10 | 83.3885 51.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 30 | 30 | 167.447 | 0.5 1 10 | 93.3885 61.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 40 | 40 | 167.447 | 0.5 1 10 | 103.389 71.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 50 | 50 | 167.447 | 0.5 1 10 | 113.389 81.7762 0 |
| 0.69744 | 41.4143 | 60 | 60 | 167.447 | 0.5 1 10 | 123.389 91.7762 0 |
| 0.844673 | 44.2955 | 70 | 70 | 196.874 | 0.5 1 10 | 136.903 103.538 0 |
| 1.11882 | 49.6604 | 80 | 80 | 251.667 | 0.5 1 10 | 152.609 116.399 0 |
| 1.39297 | 55.0252 | 90 | 90 | 306.46 | 0.5 1 10 | 167.537 128.869 0 |
| 1.66712 | 60.3901 | 100 | 100 | 361.253 | 0.5 | 181.907 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|--|-----|---------|
| | | | | | | 1 | 141.06 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 1.96967 | 65.4864 | 110 | 110 | 413.414 | | 0.5 | 195.673 |
| | | | | | | 1 | 152.948 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.37365 | 69.6236 | 120 | 120 | 456.174 | | 0.5 | 208.531 |
| | | | | | | 1 | 164.38 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 2.77762 | 73.7608 | 130 | 130 | 498.933 | | 0.5 | 221.215 |
| | | | | | | 1 | 175.725 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.1816 | 77.898 | 140 | 140 | 541.693 | | 0.5 | 233.749 |
| | | | | | | 1 | 186.996 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 3.58558 | 82.0353 | 150 | 150 | 584.452 | | 0.5 | 246.154 |
| | | | | | | 1 | 198.201 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.03148 | 85.6024 | 160 | 160 | 620.552 | | 0.5 | 258.094 |
| | | | | | | 1 | 209.174 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 4.60703 | 87.4065 | 170 | 170 | 636.056 | | 0.5 | 268.905 |
| | | | | | | 1 | 219.58 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.18259 | 89.2106 | 180 | 180 | 651.561 | | 0.5 | 279.702 |
| | | | | | | 1 | 229.98 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 5.75814 | 91.0148 | 190 | 190 | 667.066 | | 0.5 | 290.486 |
| | | | | | | 1 | 240.373 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.33369 | 92.8189 | 200 | 200 | 682.57 | | 0.5 | 301.259 |
| | | | | | | 1 | 250.76 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 6.90924 | 94.623 | 210 | 210 | 698.075 | | 0.5 | 312.02 |
| | | | | | | 1 | 261.142 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 7.54646 | 95.8649 | 220 | 220 | 708.733 | | 0.5 | 322.537 |
| | | | | | | 1 | 271.401 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 8.31606 | 95.8996 | 230 | 230 | 708.985 | | 0.5 | 332.549 |
| | | | | | | 1 | 281.407 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.08566 | 95.9343 | 240 | 240 | 709.238 | | 0.5 | 342.561 |
| | | | | | | 1 | 291.413 |
| | | | | | | 10 | 0 |
| 9.85526 | 95.969 | 250 | 250 | 709.49 | | 0.5 | 352.573 |
| | | | | | | 1 | 301.419 |

| | | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|-----|---------|---------|
| | | | | | | 10 | 0 |
| 10.6249 | 96.0037 | 260 | 260 | 709.743 | 0.5 | 362.585 | 311.425 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 11.3945 | 96.0384 | 270 | 270 | 709.995 | 0.5 | 372.597 | 321.431 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 12.1641 | 96.0731 | 280 | 280 | 710.248 | 0.5 | 382.61 | 331.437 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 12.9337 | 96.1078 | 290 | 290 | 710.5 | 0.5 | 392.622 | 341.444 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 13.979 | 96.1179 | 300 | 300 | 710.476 | 0.5 | 402.621 | 351.443 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 15.0957 | 96.1216 | 310 | 310 | 710.38 | 0.5 | 412.616 | 361.441 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 16.2124 | 96.1253 | 320 | 320 | 710.284 | 0.5 | 422.611 | 371.438 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 17.3291 | 96.1289 | 330 | 330 | 710.188 | 0.5 | 432.607 | 381.436 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 18.4458 | 96.1326 | 340 | 340 | 710.092 | 0.5 | 442.602 | 391.434 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 19.5625 | 96.1363 | 350 | 350 | 709.996 | 0.5 | 452.597 | 401.431 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 20.6792 | 96.14 | 360 | 360 | 709.9 | 0.5 | 462.593 | 411.429 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 21.7959 | 96.1437 | 370 | 370 | 709.805 | 0.5 | 472.588 | 421.427 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 22.9126 | 96.1474 | 380 | 380 | 709.709 | 0.5 | 482.584 | 431.424 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 24.3268 | 96.0636 | 390 | 390 | 711.371 | 0.5 | 492.664 | 441.465 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |
| 25.743 | 95.9791 | 400 | 400 | 713.045 | 0.5 | 502.744 | 451.505 |
| | | | | | 1 | | 0 |
| | | | | | 10 | | |

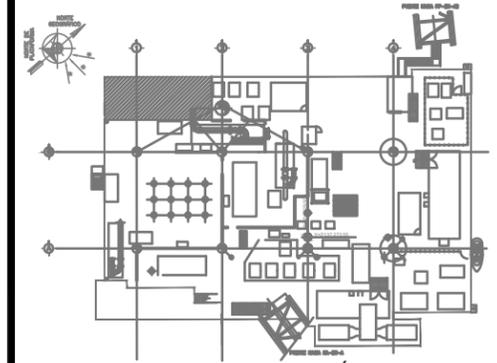
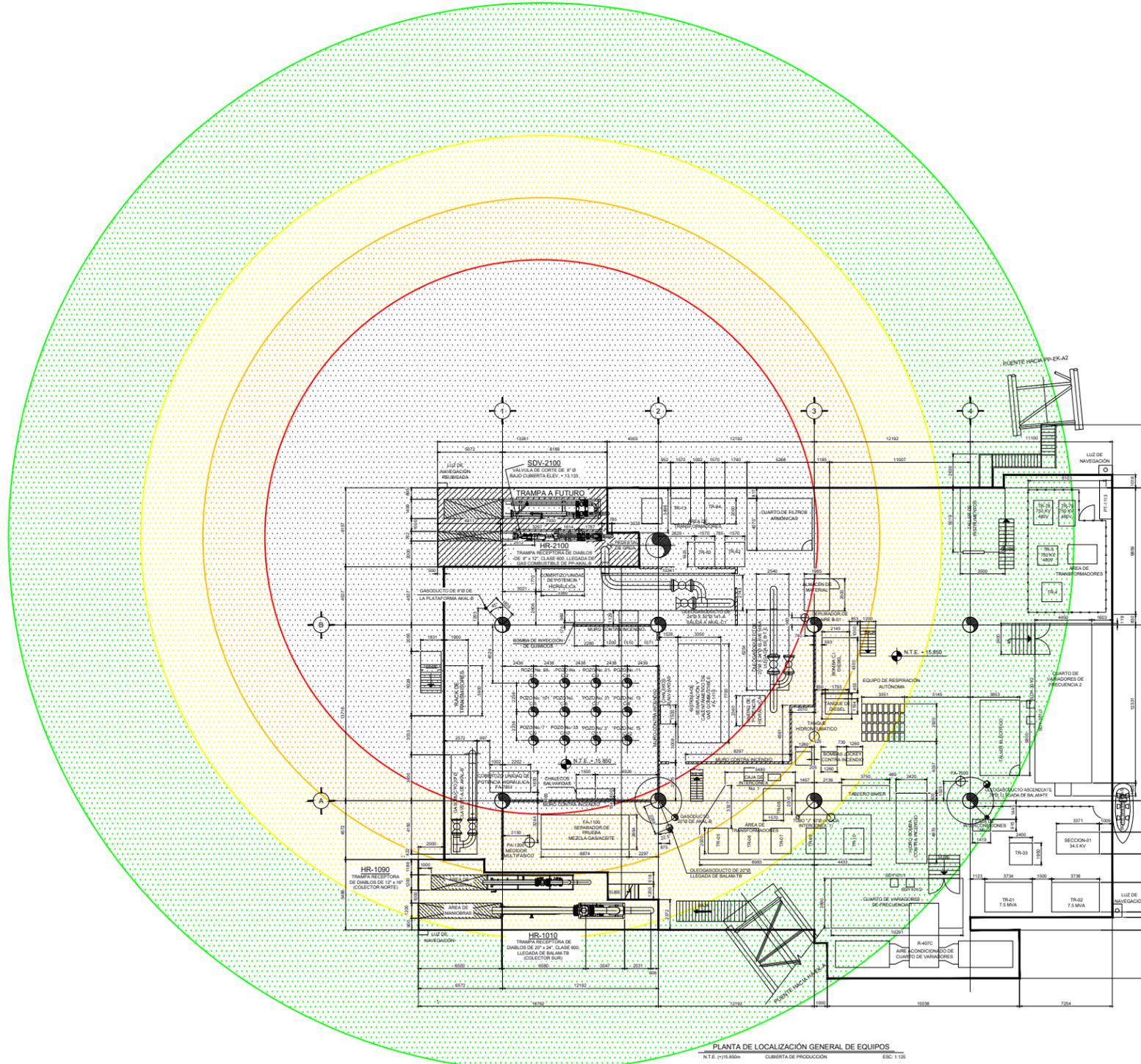
| | | | | | | |
|---------|---------|-----|-----|---------|----------------|-------------------------|
| 27.1593 | 95.8947 | 410 | 410 | 714.719 | 0.5 1 10 | 512.824 461.545 0 |
| 28.647 | 95.8708 | 420 | 420 | 713.977 | 0.5 1 10 | 522.789 471.527 0 |
| 30.1578 | 95.8665 | 430 | 430 | 712.456 | 0.5 1 10 | 532.716 481.491 0 |
| 31.6686 | 95.8622 | 440 | 440 | 710.936 | 0.5 1 10 | 542.643 491.454 0 |
| 33.8308 | 96.0288 | 450 | 450 | 710.601 | 0.5 1 10 | 552.627 501.446 0 |
| 36.2435 | 96.2612 | 460 | 460 | 710.723 | 0.5 1 10 | 562.632 511.449 0 |
| 38.5456 | 96.2305 | 470 | 470 | 709.204 | 0.5 1 10 | 572.559 521.412 0 |
| 40.8238 | 96.1428 | 480 | 480 | 707.33 | 0.5 1 10 | 582.469 531.367 0 |
| 44.7577 | 95.9982 | 490 | 490 | 705.175 | 0.5 1 10 | 592.365 541.315 0 |



**ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B**



DIAGRAMAS DE PÉTALOS



EK-A/PERFORACIÓN
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Daño a cableado eléctrico (12.5 Kw/m²)
- Daño a Equipos (37.5 Kw/m²)

| | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| ESCENARIOS: E1.01 | PLANO 1 | FECHA: JULIO DEL 2022 |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|

SOBREPRESIÓN EN PUNTO DE INTERCONEXIÓN EN PP_AKAL_B EN LA LÍNEA 4" GC_3101_C_D60T1 DEBIDO AL CIERRE DE SDV_2100 POR ERROR OPERATIVO, CON FUGA DE GAS EN UNIONES BRIDADAS Y/O ACCESORIOS CON POSIBLE INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN, DAÑO A LA INSTALACIÓN (PRODUCCIÓN E INTEGRIDAD) Y PRODUCCIÓN DIFERIDA.

RADIACIÓN TÉRMICA

| | |
|---|----------------|
| DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²) | 21.60 m |
| DAÑO A CABLEADO ELÉCTRICO 12.5 (Kw/m ²) | 26.46 m |
| ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²) | 31.30 m |
| ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²) | 41.63 m |



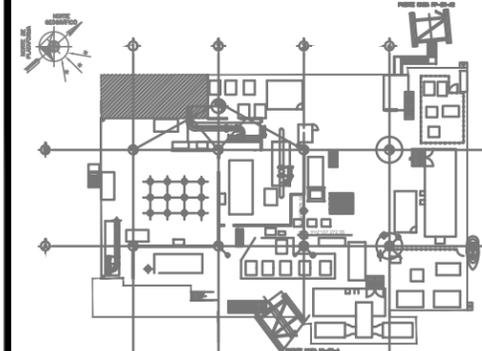
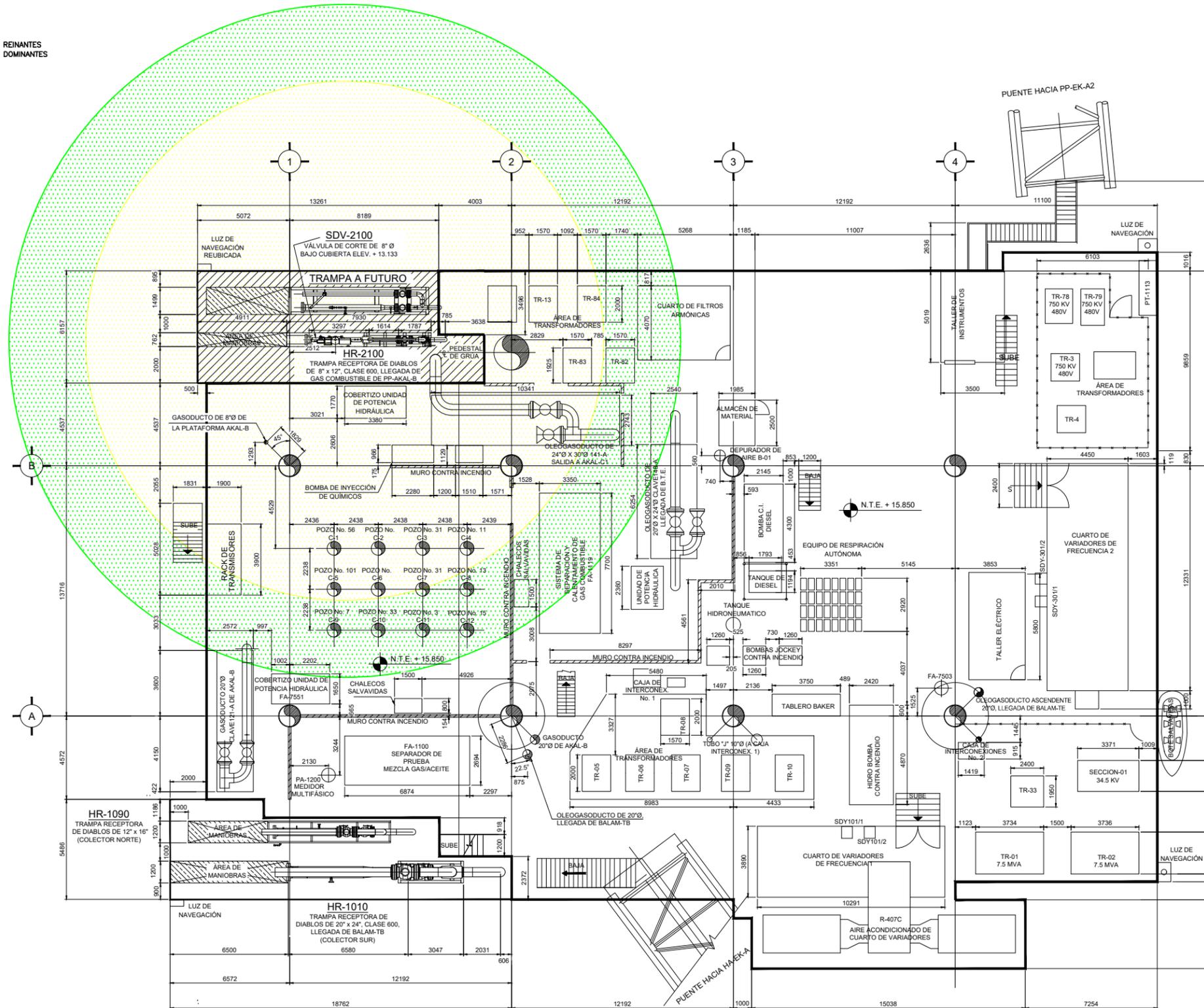
EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

RADIACIÓN (JET FIRE)

EK-A/PERFORACIÓN

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|---------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|---|--|-----------------|------------|---|-----------------------------|--|--------------|----------|--------|
| APC JUL/2022 FECHA | EXPLORACION Y PRODUCCION SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ESTRATÉGICOS GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISIÓN DE DUCTOS MARINOS | EPESA GRUPO SACMAG ELEGUCION CONFIABLE HSC OFFSHORE S. de B. L. de C.V. | | DIBUJO | J.A.B.P. | "INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO" "GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A." | DIAGRAMAS DE PÉTALOS | No. DE CONTRATO: 640852805 LUGAR: SONDA DE CAMPECHE | REVISIÓN | J.A.B.P. | REV. 0 |
| | | | | REVISIÓN | G.C.Z. | | | | | | |
| | | | | VERIFICACIÓN | Y.I.R.G. | | | | | | |
| | | | | VALIDACIÓN | | | | | | | |
| | | | | FECHA: JUL/2022 | ESC: 1:125 | | | | ACOT. EN: mm | | |



EK-A/PERFORACIÓN
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

| | |
|---------------------------------------|-------------------------|
| ■ | SOBREPRESIÓN (0.5 PSI) |
| ■ | SOBREPRESIÓN (1.0 PSI) |
| ■ | SOBREPRESIÓN (10.0 PSI) |

ESCENARIOS: EI.01 **PLANO 2** **FECHA:** JULIO DEL 2022

SOBREPRESIÓN EN PUNTO DE INTERCONEXIÓN EN PP_AKAL_B EN LA LÍNEA 4" GC_3101_C_D80T1 DEBIDO AL CIERRE DE SDV_2100 POR ERROR OPERATIVO, CON FUGA DE GAS EN UNIONES BRIDADAS Y/O ACCESORIOS CON POSIBLE INCENDIO Y/O EXPLOSIÓN, DAÑO A LA INSTALACIÓN (PRODUCCIÓN E INTEGRIDAD) Y PRODUCCIÓN DIFERIDA.

SOBREPRESIÓN

| DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN | SOBREPRESIÓN (PSI) 0.5 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSI) 1.0 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSI) 10.0 RESULTADOS EN (m) |
|-------------------------------|--|--|---|
| 10.0 | 18.45 | 14.23 | 0.00 |



EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

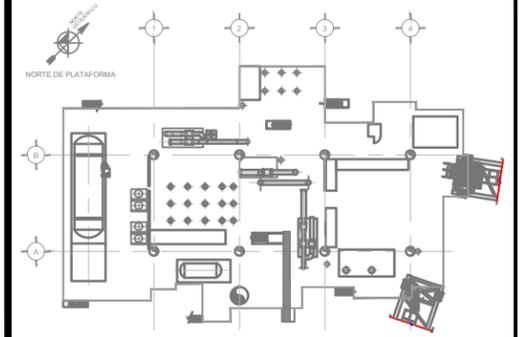
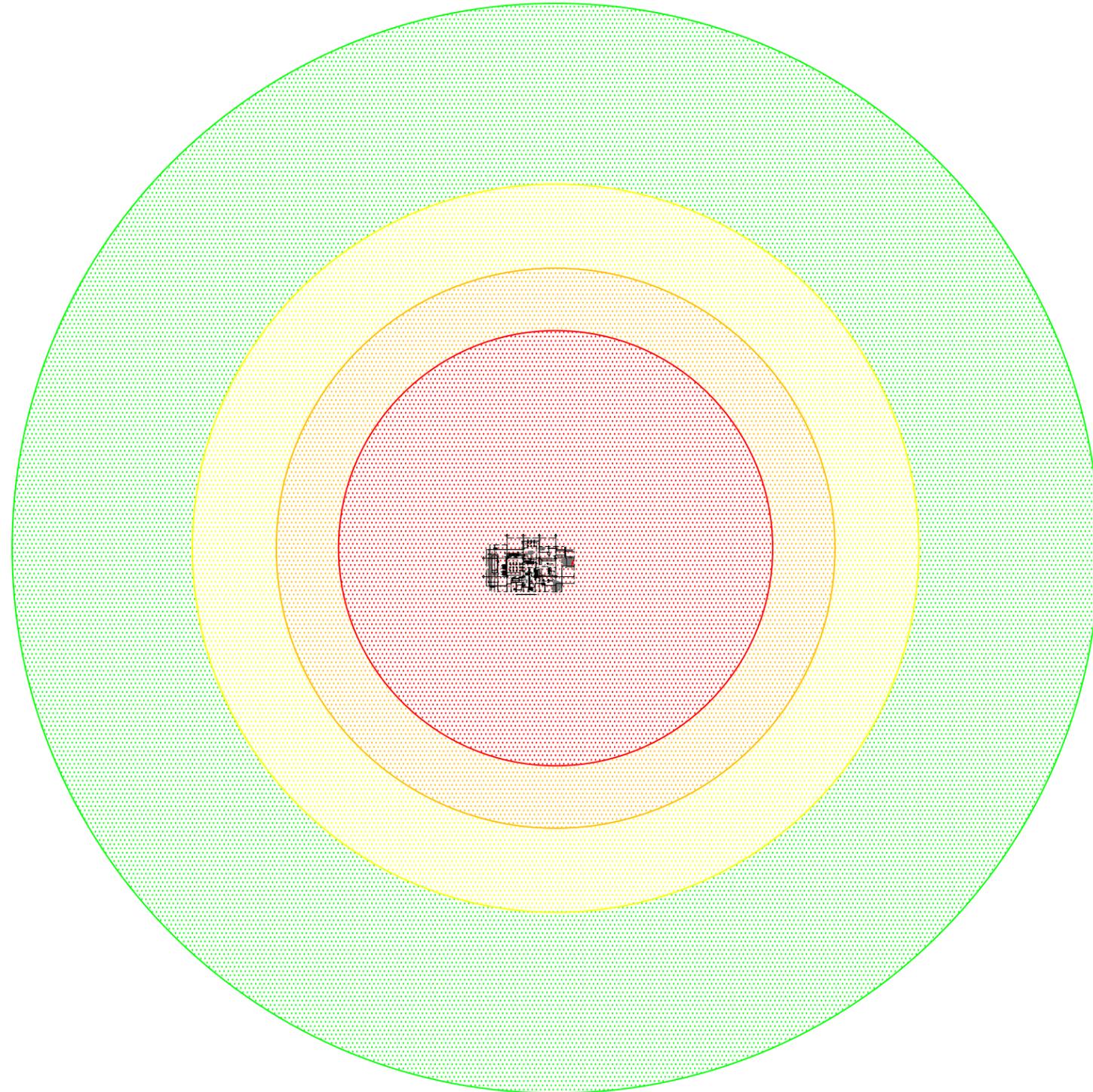
SOBREPRESIÓN

EK-A/PERFORACIÓN

PLANTA DE LOCALIZACIÓN GENERAL DE EQUIPOS
N.T.E. (+)15.850m CUBIERTA DE PRODUCCIÓN ESC: 1:125

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vs. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | |
|--|----------|--------------------------------------|--|
| | DIBUJO | J.A.B.P. | "INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO" "GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A." DIAGRAMAS DE PÉTALOS |
| | ELABORO | J.A.B.P. | |
| | REVISÓ | G.C.Z. | |
| | VERIFICÓ | Y.I.R.G. | |
| VALIDO | | | No. DE CONTRATO: 640852805 LUGAR: SONDA DE CAMPECHE |
| DIB. ELAB. EN: CDMX FECHA: JUL/2022 ESC: 1:125 ACOT. EN: mm | | REV. 0 DP-E1-SOB-AKAL-B-E-002 | |



AKAL-B/PERFORACIÓN

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Daño a cableado eléctrico (12.5 Kw/m²)
- Daño a Equipos (37.5 Kw/m²)

| | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| ESCENARIOS: E1.02 | PLANO 1 | FECHA: JULIO DEL 2022 |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|

PERDIDA DE CONTENCIÓN EN DUCTO ASCENDENTE PP-AKAL-B EN LÍNEA 8" _GC_3169_C_D60T1-1, CON RUPTURA TOTAL DEBIDO A GOLPE POR EMBARCACIÓN, CON FUGA DE GAS COMBUSTIBLE CON GENERACIÓN DE NUBE FLAMABLE CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, INSTALACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

RADIACIÓN TÉRMICA

| | |
|---|-----------------|
| DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²) | 163.31 m |
| DAÑO A CABLEADO ELÉCTRICO 12.5 (Kw/m ²) | 210.20 m |
| ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²) | 273.17 m |
| ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²) | 408.85 m |



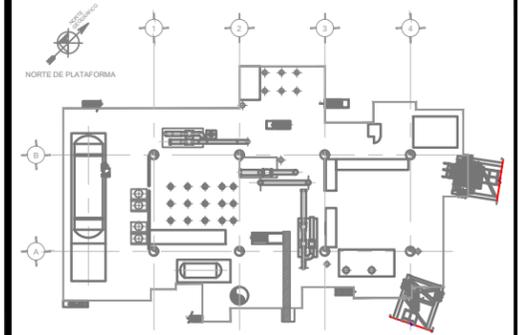
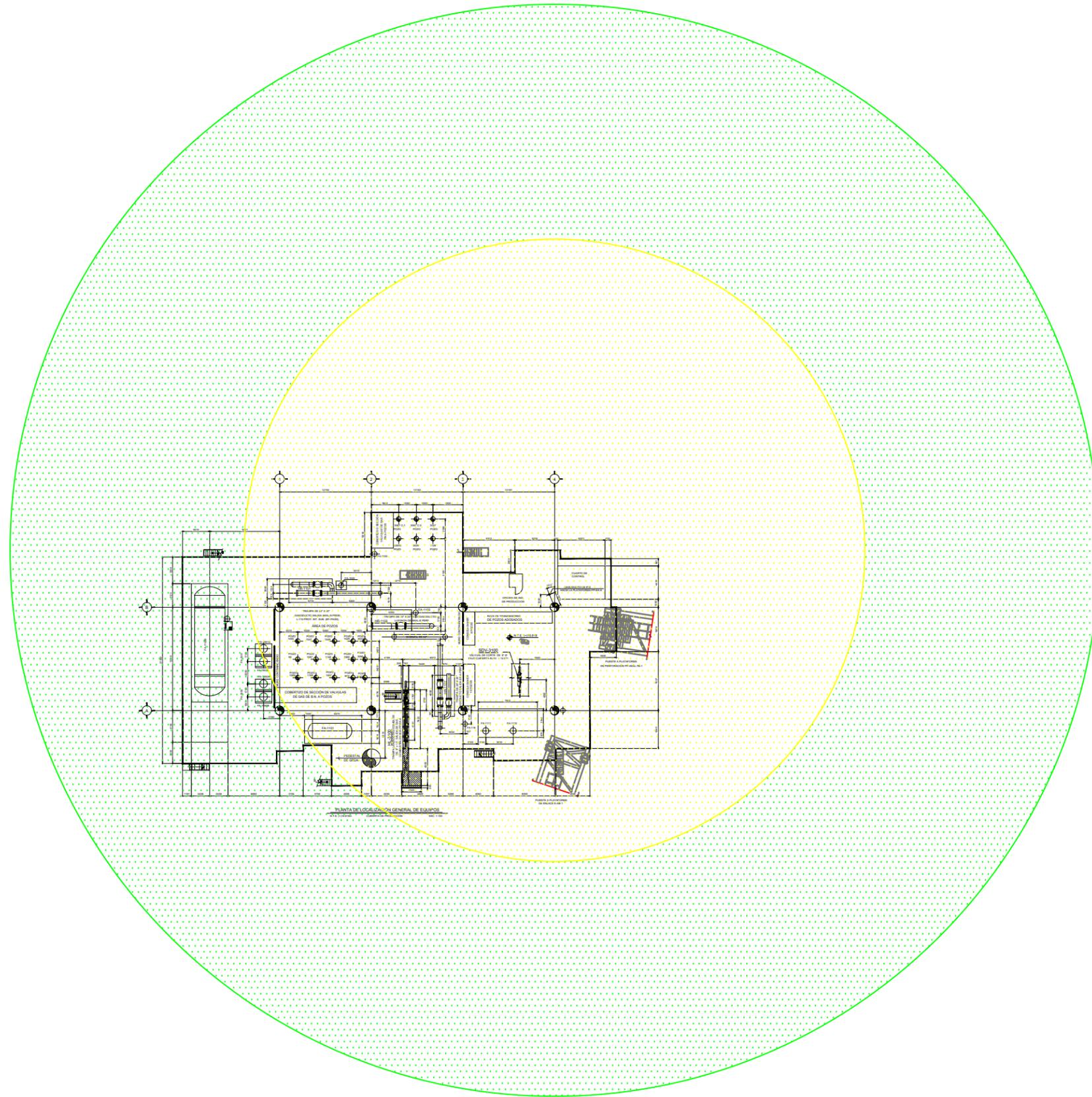
EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

RADIACIÓN (JET FIRE)

AKAL-B/PERFORACIÓN

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|---------------------|--------------------|--|---|--|---|-----------------------------|--|-------------------------------|
| APC JUL/2022 FECHA | EXPLORACION Y PRODUCCION SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ESTRATÉGICOS GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISIÓN DE DUCTOS MARINOS | GRUPO SACMAG | GRUPO EPESA | Arendal EJECUCIÓN CONFIABLE <small>HSC OFFSHORE S. de R. L. de C.V.</small> | DIBUJO ELABORO REVISO VERIFICÓ VALIDÓ | J.A.B.P. J.A.B.P. G.C.Z. Y.I.R.G. | *INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK- BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO* *GASODUCTO DE 8"Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.* | DIAGRAMAS DE PÉTALOS | No. DE CONTRATO: 640852805 LUGAR: SONDA DE CAMPECHE | REV. |
| | | | | | | | | | | 0 |
| | | | | | | | | | | DP-E2-JET-AKAL-B-E-001 |
| | | | | | | | | | | |



AKAL-B/PERFORACIÓN

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (0.5 PSII)
- SOBREPRESIÓN (1.0 PSII)
- SOBREPRESIÓN (10.0 PSII)

| | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| ESCENARIOS: EI.02 | PLANO 2 | FECHA: JULIO DEL 2022 |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|

PERDIDA DE CONTENCIÓN EN DUCTO ASCENDENTE PP-AKAL-B EN LÍNEA 8" ØC_3100_C_D60T1-1, CON RUPTURA TOTAL DEBIDO A GOLPE POR EMBARACACIÓN, CON FUGA DE GAS COMBUSTIBLE CON GENERACIÓN DE NUBE FLAMABLE CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, INSTALACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

SOBREPRESIÓN

| DISTANCIA O PUNTO DE IGNICION | SOBREPRESIÓN (PSII) 0.5 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSII) 1.0 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSII) 10.0 RESULTADOS EN (m) |
|-------------------------------|---|---|--|
| 10.0 | 72.45 | 41.30 | 0.00 |



EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

SOBREPRESIÓN

AKAL-B/PERFORACIÓN

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCION | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

APC
JUL/2022
FECHA

EXPLORACION Y PRODUCCION
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ESTRATÉGICOS
GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA
GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISIÓN DE DUCTOS MARINOS

DIB. ELAB. EN: CDMX

FECHA: JUL/2022

ESC: 1:100 ACOT. EN: mm

REV. 0

DIBUJO: J.A.B.P.

ELABORO: J.A.B.P.

REVISO: G.C.Z.

VERIFICÓ: Y.I.R.G.

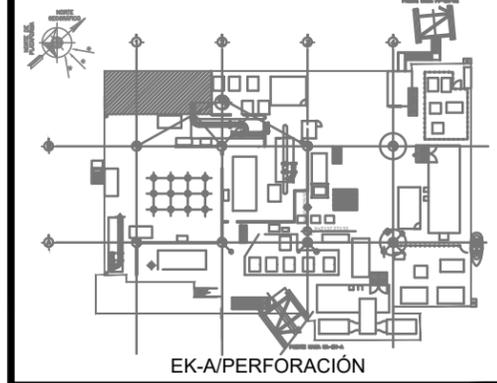
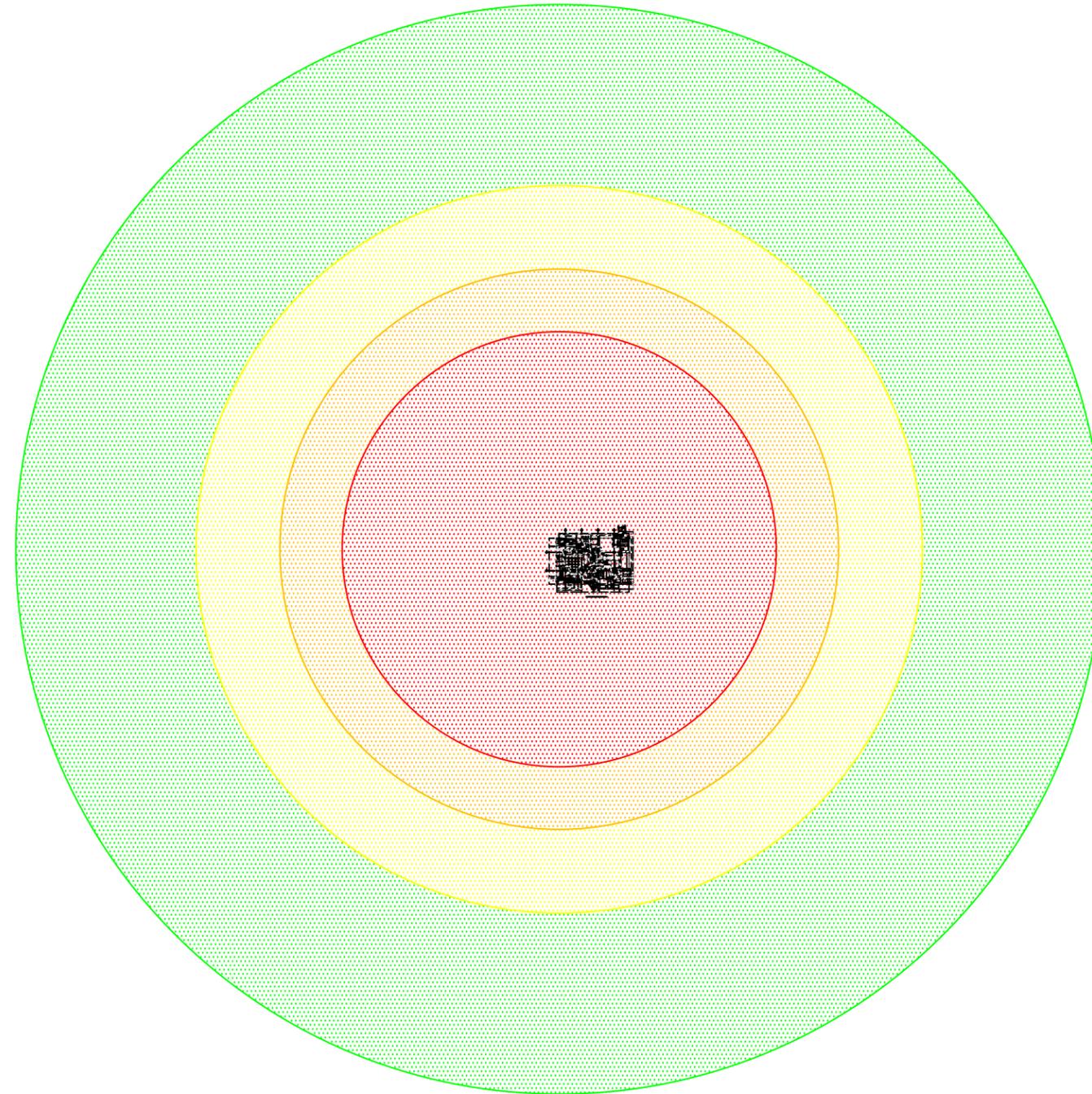
VALIDÓ:

"INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO"

"GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A."

DIAGRAMAS DE PÉTALOS

| | |
|----------------------------|-------------------------------|
| Nº. DE CONTRATO: 640852805 | DP-E2-SOB-AKAL-B-E-001 |
| LUGAR: SONDA DE CAMPECHE | |



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Daño a cableado eléctrico (12.5 Kw/m²)
- Daño a Equipos (37.5 Kw/m²)

| | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| ESCENARIOS: E1.03 | PLANO 1 | FECHA: JULIO DEL 2022 |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|

PERDIDA DE CONTENCIÓN EN DUCTO ASCENDENTE PP-EK-A EN LÍNEA 8" GC_3100_C_D80T1-1, CON RUPTURA TOTAL DEBIDO A GOLPE POR EMBARCACIÓN, CON FUGA DE GAS COMBUSTIBLE CON GENERACIÓN DE NUBE FLAMABLE CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, INSTALACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

RADIACIÓN TÉRMICA

| | |
|---|-----------------|
| DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²) | 163.31 m |
| DAÑO A CABLEADO ELÉCTRICO 12.5 (Kw/m ²) | 210.20 m |
| ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²) | 273.17 m |
| ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²) | 408.85 m |



EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

RADIACIÓN (JET FIRE)

EK-A/PERFORACIÓN

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

APC
JUL/2022
FECHA

EXPLORACION Y PRODUCCION

SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ESTRATÉGICOS
GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA
GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISIÓN DE DUCTOS MARINOS

DIB. ELAB. EN: CDMX

FECHA: JUL/2022

ESC: 1:125

ACOT. EN: mm

REV. 0

DIBUJO: J.A.B.P.

ELABORO: J.A.B.P.

REVISO: G.C.Z.

VERIFICÓ: Y.I.R.G.

VALIDÓ:

INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK- BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO

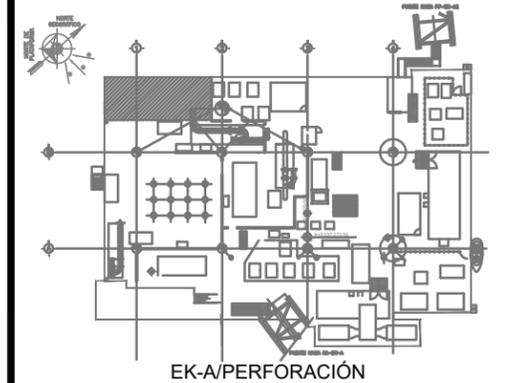
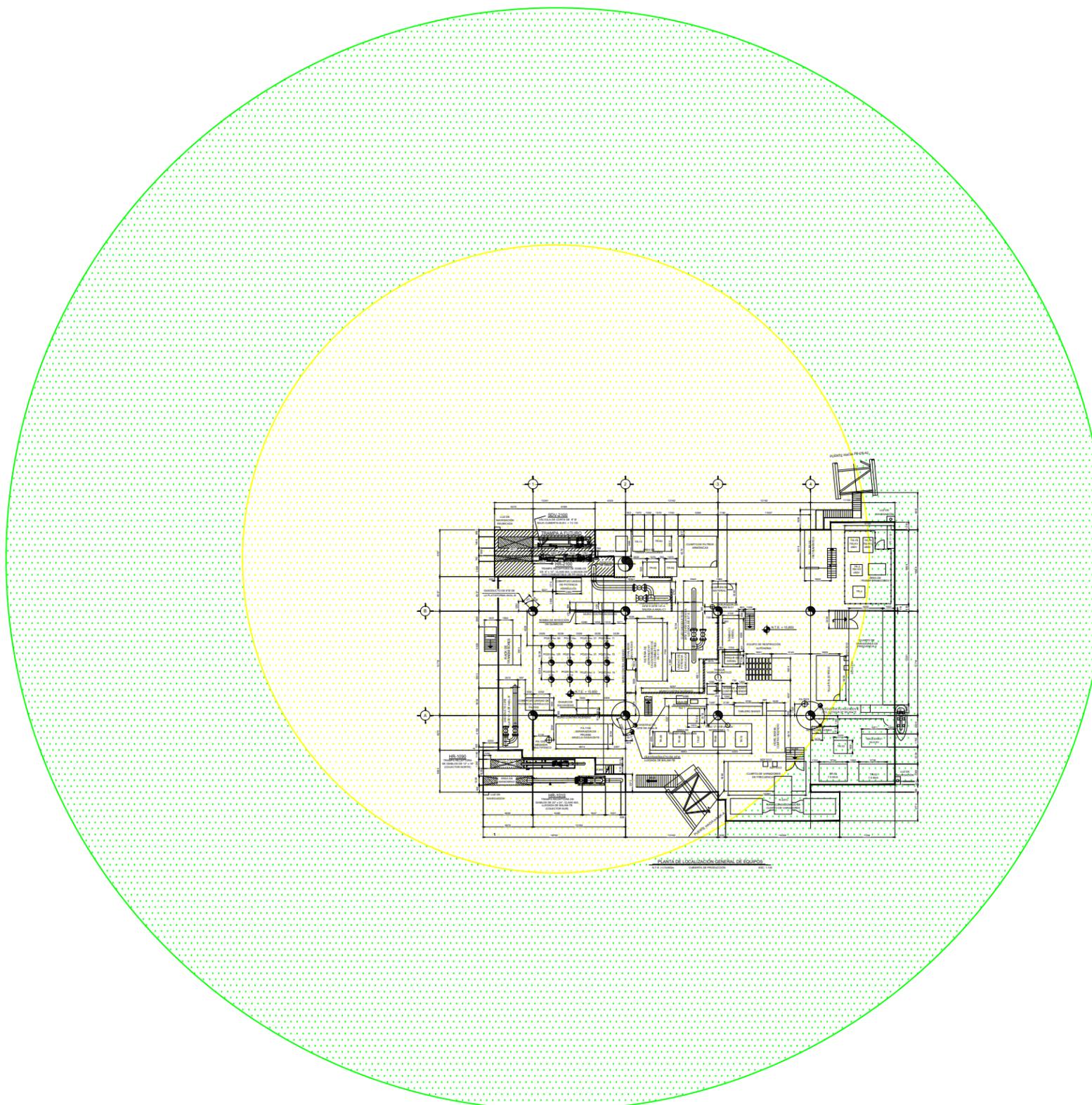
"GASODUCTO DE 8"Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A."

DIAGRAMAS DE PÉTALOS

Nº. DE CONTRATO: 640852805

LUGAR: SONDA DE CAMPECHE

DP-E3-JET-AKAL-B-E-002



EK-A/PERFORACIÓN

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

GASODUCTO DE 8" Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (0.5 PSII)
- SOBREPRESIÓN (1.0 PSII)
- SOBREPRESIÓN (10.0 PSII)

| | | |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|
| ESCENARIOS: EI.03 | PLANO 2 | FECHA: JULIO DEL 2022 |
|-----------------------------|----------------|---------------------------------|

PERDIDA DE CONTENCIÓN EN DUCTO ASCENDENTE PP-EK-A EN LÍNEA 8" GC_3100_C_D00T1-1, CON RUPTURA TOTAL DEBIDO A GOLPE POR EMBARCACIÓN, CON FUGA DE GAS COMBUSTIBLE CON GENERACIÓN DE NUBE FLAMABLE CON RIESGO DE INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, INSTALACIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

SOBREPRESIÓN

| DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN | SOBREPRESIÓN (PSII) 0.5 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSII) 1.0 RESULTADOS EN (m) | SOBREPRESIÓN (PSII) 10.0 RESULTADOS EN (m) |
|-------------------------------|---|---|--|
| 10.0 | 72.45 | 41.30 | 0.00 |



EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS

SOBREPRESIÓN

EK-A/PERFORACIÓN

| FECHA | REVISIONES DESCRIPCIÓN | FECHA | POR | Vo. Bo. | NUM. | DIBUJOS DE REFERENCIA |
|-------|------------------------|-------|-----|---------|------|-----------------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

APC
JUL/2022
FECHA

EXPLORACION Y PRODUCCION
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN ESTRATÉGICOS
GERENCIA DE SUPERVISIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ESTRATÉGICA
GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE SUPERVISIÓN DE DUCTOS MARINOS

EPESA
GRUPO SACMAG

Arendal
EJECUCIÓN CONFIABLE
HSC OFFSHORE S. de B. L. de C.V.

ProcMina

FECHA: JUL/2022

ESC: 1:125

ACOT. EN: mm

LUGAR: SONDA DE CAMPECHE

| | | |
|-------------------------------|----------|---|
| DIBUJO | J.A.B.P. | *INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK- BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO* *GASODUCTO DE 8"Ø X 8.2 KM APROX. DE LA PLATAFORMA AKAL-B/PERFORACIÓN (PP-AB-1) HACIA LA PLATAFORMA EK-A.* |
| ELABORO | J.A.B.P. | |
| REVISO | G.C.Z. | |
| VERIFICÓ | Y.I.R.G. | |
| VALIDÓ | | |
| DIAGRAMAS DE PÉTALOS | | No. DE CONTRATO: 640852805 LUGAR: SONDA DE CAMPECHE |
| DP-E3-SOB-AKAL-B-E-002 | | REV. 0 |



ANÁLISIS DE RIESGOS DE PROCESOS DE LA
INSTALACIÓN DE GASODUCTO DE LA PLATAFORMA DE
PERFORACIÓN-A HACIA LA PLATAFORMA-B



CALCULO COSTO-BENEFICIO

Memorias de Cálculo de los Análisis Costo Beneficio.

El Análisis Costo-Beneficio es una técnica utilizada para evaluar la procedencia de recomendaciones emitidas en los análisis de riesgos, comparando la magnitud del riesgo con los costos para su implantación y la disminución del riesgo analizado.

Las recomendaciones a las que se les realizarán un análisis costo beneficio, bajo el alcance de la Guía Técnica para Análisis Costo-Beneficio, de Recomendaciones Emitidas en los Análisis de Riesgo GO-SS-TC-0002-2020 son aquellas relacionadas con riesgos que de acuerdo a los criterios de frecuencia y consecuencia referidos en las Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso, se hayan clasificado y ubicado en la zona ALARP y que el GMAER considere que se requiere el análisis costo beneficio correspondiente, con objeto de determinar la conveniencia de su implantación.

Método para el Análisis Costo Beneficio

Determinar la Magnitud de Riesgo relacionado a la recomendación definido como:

$$MR = F \times C \times E$$

Dónde:

MR: Magnitud del Riesgo.

F: Frecuencia de ocurrencia del riesgo.

C: Consecuencia sobre el personal, la población, el medio ambiente, las instalaciones, la producción, los bienes de terceros y de la nación.

E: Exposición del Riesgo.

El factor de justificación para evaluar la aplicación de una recomendación se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$FJ = \frac{MR}{CR \times RR}$$

Dónde:

FJ: Factor de Justificación

MR: Magnitud del Riesgo

CR: Costo de la recomendación

RR: Reducción del Riesgo

El valor de la categoría por la exposición al riesgo (E), debe ser seleccionado de la Tabla 1. Corresponde al tiempo durante el cual, se considera que el riesgo está presente y puede ocurrir.

Tabla 1. Categorías por exposición al riesgo

| Categoría por la exposición al riesgo (E) | Tipo | Descripción de la frecuencia de ocurrencia |
|---|---------------------|---|
| 6 | Continuamente | De forma continua o bien, muchas veces al día. |
| 5 | Frecuentemente | Aproximadamente una vez al día. |
| 4 | Ocasionalmente | De una vez por semana a una vez por mes. |
| 3 | Irregularmente | De una vez al mes, a una vez al año. |
| 2 | Raramente | Se sabe que ya ha ocurrido. |
| 1 | Remotamente posible | No se sabe que haya ocurrido, pero se considera remotamente posible |

El costo de la recomendación (CR), corresponde a la inversión que debe ser hecha para su implantación. Debe tomar su valor, de acuerdo con los valores mostrados en la Tabla 1

Tabla 2. Categorías por el costo de la recomendación

Valor por el Costo de la Recomendación (CR) (Millones de USD)

Tabla 2. Categorías por el costo de la recomendación.

| Valor por el Costo de la Recomendación (CR) | (Millones de USD) |
|---|-----------------------|
| 36 | Mayor a 0.250 |
| 25 | De 0.200 a 0.250 |
| 16 | De 0.150 a 0.200 |
| 9 | De 0.100 a 0.150 |
| 4 | Mayor a 0.050 a 0.100 |
| 1 | Menor a 0.050 |

La reducción del riesgo (RR) representa que tanto se considera disminuirá el riesgo, con la implantación de la recomendación propuesta. Los valores para la reducción del riesgo a ser utilizadas en el cálculo del factor de justificación, se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Valor de reducción de riesgo.

| Valor por la Reducción del Riesgo (RR) | Descripción |
|--|---|
| 1 | El riesgo se elimina totalmente |
| 2 | El riesgo es reducido en un 80% |
| 3 | El riesgo es reducido entre un 60% y un 80% |
| 4 | El riesgo es reducido entre un 40% y un 60% |
| 5 | El riesgo es reducido entre un 20% y un 40% |
| 6 | Ligera reducción del Riesgo, menor a 20% |

Desarrollo del Análisis Costo Beneficio.

Costo de la Recomendación.

Debido a la ausencia de un costo real para la implementación de la recomendación resultante del Análisis Hazop, se ha tomado como referencia los datos proporcionados en la siguiente dirección: <http://www.pc-education.mcmaster.ca/Instrumentation/ControlEquipmentCost.htm> y se ha tomado como valor aproximado de 1 (Menor de 50,000 USD) de la escala dada en la Guía Técnica para Análisis Costo-Beneficio, de Recomendaciones Emitidas en los Análisis de Riesgo GO-SS-TC-0002-2020.

Reducción del Riesgo.

Basada en la Opinión de expertos altamente calificados, se estima que el riesgo se reduzca entre 60 a 80% con la aplicación de recomendaciones que impliquen la implementación de algún tipo de control, alarma, sensor, etc., y de 40 a 60% de reducción de riesgo por la implementación de recomendaciones que involucren algún procedimiento de operación y/o mantenimiento.

Magnitud de Riesgo (MR).

La magnitud de riesgo resultante de la jerarquización dada al evento durante el Análisis HazOp, equivale, por ejemplo, a lo siguiente:

Recomendación 1:

$$MR = F \times C \times E$$

$$MR = 3 \times 4 \times 3 = 36$$

Por lo que:

$$FJ = \frac{MR}{CR \times RR} = \frac{36}{(1 \times 4)} = 9$$

Una vez obtenido el Factor de Justificación, se observa que $FJ > 1$ por lo tanto para este ejemplo, la recomendación APC-B5-002-2022, de acuerdo al numeral 8.4.12 de la Guía Técnica para Análisis Costo-Beneficio, de Recomendaciones Emitidas en los Análisis de Riesgo GO-SS-TC-0002-2020 que dice que: "La inversión para la implantación de la recomendación del análisis de riesgos está justificada, si el Factor de Justificación resulta con un valor mayor a 1" podemos determinar que en este caso la recomendación No. APC-B5-002-2022 se justifica mediante el análisis costo Beneficio; sin embargo, lo anterior, deberá quedar a consideración de la MACT si serán atendidas o serán consideradas como áreas de oportunidad de acuerdo a lo establecido en la Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción GO-SS-TC-0002-2020.

Del análisis Hazop/ What if realizado por el grupo multidisciplinario de trabajo se emitieron 3 recomendaciones de las cuales 2 resultan con un riesgo ALARP (tipo C, o región amarilla), de las cuales se determinó el Costo - Beneficio obteniéndose los resultados mostrados en la Tabla siguiente.

ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO

"INGENIERÍA, PROCURA Y CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS MARINOS DEL CAMPO EK-BALAM, A INSTALARSE EN LA SONDA DE CAMPECHE, GOLFO DE MÉXICO"

7084-AKAL-B-ARP-I-500

ELABORÓ: B.A.G.E.

FECHA: OCT/2022

REV. No. 0

HOJA 4 DE 4

| Recomendaciones | CLAVE DE LA RECOMENDACIÓN | MAGNITUD DEL RIESGO MR | | | | COSTO DE LA RECOMENDACIÓN (MUSD) | REDUCCIÓN DEL RIESGO RR | VALOR DEL FACTOR DE JUSTIFICACIÓN FJ | RESULTADO: Si J>1 se Justifica |
|---|---------------------------|------------------------|---|------------|----|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| | | F | C | EXPOSICIÓN | MR | | | | |
| Configurar PAH/PAL en el PIT-4362A en el SDMC, para acción del operador. [Note: Verificar los puntos de ajuste de estas alarmas] | APC-B5-002-2022 | 3 | 4 | 3 | 36 | 1 | 4 | 9 | JUSTIFICADA |

Se obtiene que los dos casos en el que la inversión para la implantación de la recomendación del Análisis de Riesgos está justificada, de acuerdo con el procedimiento Costo-Beneficio; lo anterior de igual manera, deberá quedar a consideración de la MACT si serán atendidas o serán consideradas como áreas de oportunidad de acuerdo con lo establecido en la Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción GO-SS-TC-0002-2020.