GUÍA PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN

NOVIEMBRE DE 2021

Este documento ha sido elaborado por la Unidad de Normatividad y Regulación de la ASEA. Las actualizaciones por revisión serán publicadas en la página electrónica: https://www.gob.mx/asea/acciones-y-programas/l3

INDICE

INTRODUCCIÓN 3
1. OBJETIVO 4
2. ALCANCE 4
3. DEFINICIONES Y SIGLAS 5
4. ESTRUCTURACIÓN DEL REPORTE DEL ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN 8
4.1. DATOS DEL PROYECTO 8
4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 8
4.3. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE DESARROLLAR EL ACP 8
4.4. ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) CONSIDERADOS PARA EL ACP 9
4.5. DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE CADA ESCENARIO DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) 9
4.6. DESCRIPCIÓN DE LAS CPIS CON LAS QUE SE CUENTA PARA LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) 10
4.7. FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) 12
4.7.1. FRECUENCIA DEL EVENTO INICIADOR 12
4.7.2. PROBABILIDAD DE EVENTOS O CONDICIONES HABILITADORAS DEL EVENTO INICIADOR 13
4.7.3. PROBABILIDAD DE FALLA EN DEMANDA DE LAS CPIS 13
4.7.4. RESULTADOS DE FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) 14
4.8. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE CPIS ADICIONALES 15
4.9. NIVEL DE INTEGRIDAD DE LA SEGURIDAD REQUERIDO PARA UNA FUNCIÓN INSTRUMENTADA DE SEGURIDAD 16
4.10. REDUCCIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) MEDIANTE LA CONSIDERACIÓN DE LAS CPIS ADICIONALES IDENTIFICADAS 16
4.11. RECOMENDACIONES 17
4.12. CONCLUSIONES 17
4.13. RESUMEN EJECUTIVO 18
4.14. ANEXOS DEL REPORTE ACP 19
ANEXO I. REGISTROS DE LAS SESIONES DEL ANÁLISIS: LISTA DE ASISTENCIA, MINUTAS, ACTAS DE CIERRE 19
ANEXO II. REGISTROS DE LA COMPETENCIA Y EXPERIENCIA DEL EXPERTO QUE COORDINÓ EL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO ACP 19
ANEXO III. REGISTROS DE LA COMPETENCIA Y EXPERIENCIA DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO ACP 20
5. BIBLIOGRAFÍA 21
ANEXO "A" DE LA GUÍA ACP 23
A.1. ASPECTOS CRÍTICOS QUE EL REGULADO CONSIDERARÁ EN EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA ACP 23
A.2. VALOR DE REFERENCIA DE CRITERIO DE RIESGO TOLERABLE 27
A.3. FLUJOGRAMA ESTRUCTURACIÓN DE REPORTE ACP 28
A.4. HOJA DE TRABAJO DEL ACP 29

INTRODUCCIÓN

La Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA), ha emitido Normas Oficiales Mexicanas, Disposiciones Administrativas de Carácter General y Guías en donde se menciona el Análisis de Capas de Protección (ACP, comúnmente denominado LoPA por sus siglas en inglés; *Layers of Protection Analysis*) como una herramienta semi-cuantitativa de Análisis de Riesgo que le permite a los Regulados demostrar que las Capas de Protección Independientes son suficientes para alcanzar un nivel de Riesgo Tolerable.

Los Regulados utilizarán como insumo para el ACP los resultados obtenidos del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH), del Estudio de Riesgo (ER) o del Estudio de Riesgo Ambiental (ERA), según corresponda; seleccionando el Par causa-Consecuencia de cada uno de los Escenarios de Riesgo categorizados como No tolerables o en la región ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*, por sus siglas en inglés), los cuales se derivan de la etapa de Análisis y Evaluación de Riesgos y/o los que resulten de interés particular para el Regulado. Para permitir la trazabilidad de los Escenarios de Riesgo es necesario que exista consistencia con los resultados determinados en el ARSH, ER o ERA.

Esta Guía para la estructuración del ACP será utilizada como referencia en caso de que los Regulados necesiten desarrollar un ACP para Proyectos nuevos o en operación, en los que se requiera reducir las distancias de seguridad para elementos internos y/o externos (del entorno) cuando así se permita en las Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones Administrativas de Carácter General aplicables; así como, para verificar la existencia suficiente de Capas de Protección Independientes (CPIs).

La finalidad del ACP es buscar una forma de reducir la frecuencia de una Consecuencia de interés (normalmente, una Consecuencia no deseada y previamente identificada) y determinar las Capas de Protección Independientes que se requieren en el proceso para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) para alcanzar un nivel de Riesgo Tolerable.

Las capas de protección que se pueden emplear para prevenir o minimizar los efectos de los Escenarios de Riesgo estarán dentro de la siguiente clasificación:

1. Diseño inherentemente seguro;
2. Sistema de Control Básico del Proceso;
3. Alarmas críticas del proceso con intervención del operador;
4. Sistemas Instrumentados de Seguridad (por ejemplo, bloqueos y sistemas de paro de acción automática);
5. Protección Activa (por ejemplo, dispositivos de alivio de presión);

→ Capas de Prevención

6. Protección Pasiva (por ejemplo, diques, muros contra incendio, sistemas de drenajes, recubrimientos, aislamiento ignífugo);
7. Plan de Atención a Emergencias Interno, y
8. Plan de Atención a Emergencias Externo.

} Protocolo de Respuesta a Emergencias

→ Capas de Mitigación

Para alcanzar el nivel de Riesgo Tolerable para un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), de acuerdo con los principios para la gestión del Riesgo; los Riesgos deben tratarse de manera prioritaria evaluando la posibilidad de evitarlos eliminando la fuente del Riesgo a través de la mejora del diseño del proceso y la especificación de materiales y/o equipos, es decir, dando preferencia al tipo de CPI correspondiente al Diseño inherentemente seguro, de no ser posible lo anterior, se evaluará la implementación de las CPIs de tipo preventivo, con el fin de disminuir la probabilidad de que se dé el Evento iniciador, esto a través del uso de controles, alarmas y/o Funciones Instrumentadas de Seguridad (FIS) y finalmente en orden de prioridades se evaluará minimizar las Consecuencias a través de la implementación de las CPIs de mitigación tempranas y efectivas.

Un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) requiere una o varias Capas de Protección Independientes dependiendo de la complejidad del proceso y la severidad (potencial) de la Consecuencia asociada.

La parte central del ACP es el análisis de las características de las capas de protección con las que cuenta un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que se evalúa para determinar su acreditación como Capas de Protección Independientes, analizar cómo actúan estas CPIs de forma individual y los efectos combinados de varias capas, así como su efectividad en la reducción de la frecuencia o Consecuencia de un Evento iniciador tomando como referencia un valor de Criterio de Riesgo Tolerable.

En el Anexo A, se incluyen algunos criterios que los Regulados podrán tomar en cuenta durante el desarrollo del ACP y un flujograma para la estructuración del reporte.

Para generar la información requerida para integrar el reporte del ACP objeto de la presente Guía, los Regulados se apegarán a la metodología ACP que se encuentra ampliamente descrita en fuentes de información reconocidas.

La presente Guía fue elaborada conforme a las mejores prácticas nacionales e internacionales con el fin de dar a conocer a los Regulados los aspectos que la ASEA considera más relevantes respecto al contenido y estructura esperados del reporte del ACP.

1. OBJETIVO

La presente Guía tiene por objeto orientar a los Regulados sobre el contenido mínimo a incluir para la estructuración del ACP para Proyectos que sean competencia de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos.

2. ALCANCE

Esta Guía podrá ser utilizada como referencia por los Regulados para integrar el reporte del ACP que requieran realizar derivado de la necesidad de analizar, verificar e implementar las CPIs en los Escenarios de Riesgo categorizados como No Tolerables y de la región ALARP seleccionados del ARSH, ER, ERA y/o los de interés particular planteados para el ACP, con el fin de demostrar que las Capas de Protección Independientes son suficientes para alcanzar el nivel de Riesgo Tolerable referido en la Tabla 20 del Anexo A.2 de la presente Guía para cada uno de los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia), o bien, para identificar la necesidad de implementar Capas de Protección Independientes adicionales para alcanzar dicho valor de Criterio de Riesgo Tolerable.

La Guía incluye las consideraciones generales para que los Regulados integren el ACP y desarrollen el reporte correspondiente.

3. DEFINICIONES Y SIGLAS

Para efectos de la aplicación e interpretación de la presente *Guía para la estructuración del Análisis de Capas de Protección*, se estará a los conceptos y definiciones, en singular o plural, previstas en la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, la Ley de Hidrocarburos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), el Reglamento Interior de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, el Reglamento de la Ley de Hidrocarburos, el Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos, el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental, así como las Normas Oficiales Mexicanas y Disposiciones Administrativas de Carácter General competencia de la Agencia y a los siguientes conceptos y definiciones.

I. Alarma: Medios audibles y/o visibles que indican el mal funcionamiento de un equipo, la desviación de un proceso o una condición anormal en la Instalación que requiere una respuesta oportuna.

II. Análisis de Capas de Protección (ACP): Herramienta semi-cuantitativa de análisis y evaluación de riesgos que permite determinar si se requieren implementar Capas de Protección Independientes de seguridad en los escenarios de mayor riesgo identificados en el Análisis de Riesgos, comúnmente denominado LOPA por sus siglas en inglés Layers Of Protection Analysis.

III. Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos (ARSH): Documento que integra la identificación de peligros, evaluación y análisis de riesgos de procesos, con el fin de determinar metodológica, sistemática y consistentemente los escenarios de riesgo generados por un Proyecto y/o Instalación, así como la existencia de dispositivos, sistemas de seguridad, salvaguardas y barreras apropiadas y suficientes para reducir la probabilidad y/o consecuencias de los escenarios de riesgo identificados; incluye el análisis de las interacciones de riesgo y vulnerabilidades hacia el personal, población, medio ambiente, instalaciones y producción, así como las recomendaciones o medidas de prevención, control, mitigación y/o compensación para la reducción de riesgos a un nivel tolerable.

IV. Capa de Protección Independiente (CPI): Sistema, dispositivo o acción, que cumple con las características de efectividad, independencia y ser auditable.

V. Consecuencia: Resultado real o potencial de un evento no deseado, medido por sus efectos en las personas, instalaciones y el medio ambiente.

VI. Criterio de Riesgo Tolerable: Es el valor utilizado como base para la toma de decisiones y su justificación sobre el Riesgo que se acepta en un contexto dado basado en los valores actuales de la sociedad.

VII. Diseño inherentemente seguro: Capa de Protección Independiente que corresponde al diseño del proceso, a la especificación de materiales y/o de equipos, en los que se incluyen características enfocadas a reducir la frecuencia de ocurrencia del Evento iniciador y/o minimizar la magnitud de las Consecuencias que se puedan dar al materializarse un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

VIII. Escenario de Riesgo: Determinación de un evento hipotético derivado de la aplicación de la metodología de identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, en el cual se considera la

probabilidad de ocurrencia y severidad de las Consecuencias y, posteriormente, determinar las zonas potencialmente afectadas mediante la aplicación de modelos matemáticos para la simulación de Consecuencias.

IX. Evento iniciador: Es la falla del equipo o dispositivo, falla del sistema, evento externo, acción incorrecta o inacción que inicia una secuencia de eventos que, si no son interrumpidos por una operación exitosa de las Capas de Protección Independientes, resultarán en una o varias Consecuencias indeseadas. En el Análisis de Capas de Protección se analizan de manera separada cada Par causa-Consecuencia.

X. Función Instrumentada de Seguridad (FIS): Es una combinación de sensores, solucionador lógico y elementos finales con un Nivel de Integridad de Seguridad específico que detecta una condición fuera de límites normales y que lleva al proceso a un estado funcionalmente seguro sin intervención humana.

XI. Grupo Multidisciplinario ACP: Grupo de expertos y/o especialistas que aportan conocimientos y experiencias para el desarrollo del Análisis de Capas de Protección.

XII. Nivel de Integridad de Seguridad (NIS): Es un criterio de desempeño para una Función Instrumentada de Seguridad definido por la probabilidad de que una Función Instrumentada de Seguridad falle al realizar su función en demanda. Existen los Niveles 1, 2, 3 y 4 que corresponden al valor absoluto del exponente de la Probabilidad de Falla en Demanda para la Función Instrumentada de Seguridad expresada en notación científica.

XIII. Par causa-Consecuencia: Es la correspondencia entre un Evento iniciador y una Consecuencia para formar el Escenario de Riesgo que se evalúa en el Análisis de Capas de Protección.

XIV. Plan de Atención a Emergencias Externo (PAEE): Documento de aplicación local, regional o nacional que se integra al PRE, en el que se establecen las acciones que los Regulados deberán realizar para alertar, comunicar, responder, mitigar y/o controlar una Emergencia que se presente al exterior de una Instalación.

XV. Plan de Atención a Emergencias Interno (PAEI): Documento que se integra al PRE, en el que se establecen las acciones que los Regulados deberán ejecutar de forma inmediata para alertar, comunicar, responder mitigar y/o controlar una Emergencia que se presente al interior de una Instalación.

XVI. Probabilidad de Falla en Demanda (PFD): Es el cálculo de la posibilidad que una Capa de Protección Independiente no pueda realizar la función específica bajo demanda para la cual fue diseñada.

XVII. Protección Activa: Se refiere a la Capa de Protección Independiente que requiere una acción o un cambio de un estado a otro en respuesta a un cambio en las propiedades medibles del proceso (temperatura o presión) o a una señal de otra fuente (como un botón o un interruptor).

XVIII. Protección Pasiva: Capa de Protección Independiente que no requiere una acción o un cambio de estado al cumplir su función para reducir el Riesgo. Esta capa cumple con su intención de diseño si su proceso o diseño mecánico es correcto y si está construida, instalada y con mantenimiento correcto.

XIX. Protocolo de Respuesta a Emergencias (PRE): Documento que integra los planes, procedimientos y actividades que deberán ejecutar los Regulados para alertar, comunicar, responder, mitigar y/o controlar una Emergencia.

XX. Proyecto: Actividad del Sector Hidrocarburos que se desarrolla o se pretende desarrollar en una o varias Instalaciones, y que se encuentra vinculada a un permiso o autorización emitido por la Secretaría de Energía o la Comisión Reguladora de Energía o bien, a un Plan de Exploración o de Desarrollo para la Extracción, aprobados por la Comisión Nacional de Hidrocarburos.

XXI. Riesgo: Es la probabilidad de ocurrencia de un evento indeseable medido en términos de sus Consecuencias en las personas, instalaciones, medio ambiente o la comunidad.

XXII. Salvaguarda: Dispositivo, sistema, procedimiento, programa o acción, entre otros, destinados a interrumpir la cadena de eventos que siguen a un Evento iniciador o a mitigar la Consecuencia del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) materializado.

XXIII. Sistema de Control Básico del Proceso (SCBP): Conjunto de elementos que responden a señales de entrada del proceso, de sus equipos asociados, de otros sistemas programables y/o de un operador y genera señales de salida causando que el proceso y sus equipos asociados operen dentro de sus límites normales. No desempeña ninguna Función Instrumentada de Seguridad por lo que no tiene un NIS asociado.

XXIV. Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS): Conjunto de elementos de Seguridad que tiene implementadas una combinación de sensores (elementos primarios), resolvedores lógicos y elementos finales de control que ejecutan una o más Funciones Instrumentadas de Seguridad con un NIS asociado.

Para efectos de la aplicación e interpretación de la presente Guía, se usarán las siglas siguientes:

SIGLAS EN ESPAÑOL	SIGNIFICADO	SIGLAS EN INGLÉS	SIGNIFICADO
ACP	Análisis de Capas de Protección	LoPA	*Layers of Protection Analysis*
SCBP	Sistema de Control Básico del Proceso	BPCS	*Basic Process Control System*
CPI	Capa de Protección Independiente	IPL	*Independent Protection Layer*
FIS	Función Instrumentada de Seguridad	SIF	*Safety Instrumented Function*
FRR	Factor de Reducción del Riesgo	RRF	*Risk Reduction Factor*
NIS	Nivel de Integridad de Seguridad	SIL	*Safety Integrity Level*
PFD	Probabilidad de Falla en Demanda	PFD	*Probability of Failure on Demand*
SIS	Sistema Instrumentado de Seguridad	SIS	*Safety Instrumented System*

ALARP *As Low As Reasonably Practicable*
ARSH Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos
ASEA Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos
ERA Estudio de Riesgo Ambiental
ER Estudio de Riesgo
PLC *Programmable Logic Controller*
SPPE Sistema de Paro por Emergencia

4. ESTRUCTURACIÓN DEL REPORTE DEL ANÁLISIS DE CAPAS DE PROTECCIÓN

En este apartado se encuentran descritas las consideraciones generales para la integración del Reporte del ACP, los puntos de mayor interés para la conformación de éste, además de tablas ejemplo para la documentación de la información desarrollada por el Grupo Multidisciplinario ACP.

Para desarrollar las actividades del Análisis de Capas de Protección en Proyectos del Sector Hidrocarburos se recomienda a los Regulados que tanto el coordinador como los integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP, sean personal competente.

4.1. DATOS DEL PROYECTO

Los Regulados incluirán en el Reporte de ACP, los siguientes datos:

a) Nombre del Proyecto;
b) Fecha de elaboración del ACP;
c) Clave Única de Registro de Regulados (CURR), cuando aplique, y
d) Ubicación del Proyecto.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los Regulados describirán de manera detallada el proceso e incluirán las variables de operación de cada uno de los equipos y líneas que conforman el Proyecto. Dicha descripción solo se integrará si el ACP no forma parte de otro documento en donde ya se contenga dicha descripción, por ejemplo, una sección dentro del Análisis de Riesgo.

4.3. JUSTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE DESARROLLAR EL ACP

Los Regulados describirán las necesidades que motivaron el desarrollo del ACP, las cuales pueden ser:

a) En cumplimiento a condicionantes que se establecen a los Regulados en los resolutivos de Autorización en materias de Impacto y Riesgo Ambiental dentro del Estudio de Riesgo (ER) referido en el artículo 30 de la LGEEPA, para demostrar que los Escenarios de Riesgo categorizados como No Tolerables y de la región ALARP de interés particular cuentan con las CPIs requeridas para reducir el nivel de Riesgo a un Nivel Tolerable;

b) Como una opción para que los Regulados identifiquen los requerimientos de CPIs adicionales para reducir el nivel de Riesgo de los Escenarios de Riesgo categorizados como No Tolerables identificados en el ARSH y/o ERA, referidos en el artículo 147 de la LGEEPA y en las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades del Sector Hidrocarburos que se indican (DACG SASISOPA Industrial) y el Análisis de Riesgo solicitado en las Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad

Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades de Expendio al Público de Gas Natural, Distribución y Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo y de Petrolíferos (DACG SASISOPA Comercial) respectivamente;

c) En los casos en los que se requiera y se permita en términos de lo dispuesto en la Regulación específica aplicable, reducir las distancias de seguridad a elementos internos y externos (del entorno) del Proyecto y que para tal efecto se haga necesario un ACP para identificar la necesidad de CPIs adicionales y/o demostrar que las CPIs consideradas (en el caso de Proyectos que se encuentren en la etapa de Diseño) o existentes (en el caso de Proyectos que se encuentren en operación) son suficientes para alcanzar el valor de Criterio de Riesgo Tolerable, y

d) Para estructurar el ACP de aquellos Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que resulten de interés particular para el Regulado.

4.4. ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) CONSIDERADOS PARA EL ACP

Los Regulados enlistarán los Escenarios de Riesgo considerados para el ACP indicando el Par causa-Consecuencia de cada uno de ellos.

En la Tabla 1 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán dicha información.

Tabla 1. Descripción de los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) seleccionados para el ACP.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Nodo o Sistema***	**Evento iniciador (causa)**	**Consecuencia (Descripción)**	**Categoría de la Consecuencia****
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina.*	*3. Almacenamiento de gasolina.*	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta*	*Derrame, deflagración e incendio de gasolina.*	*Catastrófico*

*Cuando aplique
**En función de los resultados obtenidos en ERA/ER/ARSH de acuerdo con la matriz de jerarquización de Consecuencias empleada en su caso. Ejemplo: Catastrófico/Crítico/Marginal/Insignificante.

4.5. DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DE CADA ESCENARIO DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA)

Los Regulados describirán la secuencia de eventos para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), desde el Evento iniciador hasta la materialización de la Consecuencia.

En la Tabla 2 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán la información de los pasos de la secuencia del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Tabla 2. Secuencia de eventos para los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Secuencia de eventos**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina.*	*1. Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta.* *2. Incremento de nivel y sobrellenado del tanque TV-04.* *3. Derrame de gasolina dentro del dique de contención* *4. Derrame fuera de control, sobrepasando la capacidad del dique de contención.* *5. Los vapores generados por el combustible derramado encuentran una fuente de ignición.* *6. Deflagración e incendio alcanzando el contenido del dique de contención y el tanque TV-04*

4.6. DESCRIPCIÓN DE LAS CPIS CON LAS QUE SE CUENTA PARA LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA)

Los Regulados describirán las CPIs con las que se cuenta para evitar que se materialice la Consecuencia en cada uno de los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) seleccionados en el numeral 4.4.

Se incluirá información que justifique que las capas de protección cumplen con las características de una CPI como es requerido por la metodología (especificidad, independencia, efectividad y auditabilidad).

En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán la información de las CPIs para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Tabla 3. Capas de protección por Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Tipo de CPI**	**Descripción de la CPI**	**Características de especificidad***	**Características de efectividad****	**Características de Independencia*****	**Información auditable que demuestra la efectividad de la CPI**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*Diseño inheren-temente seguro*	*En el Diseño de los equipos no se cuenta con características especiales que pudieran evitar el Evento iniciador*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*
		Sistema de Control Básico del Proceso (SCBP)	*En el control de nivel con que se cuenta se encuentra la causa del Evento iniciador por lo que no se puede considerar CPI. No se cuenta con ningún otro lazo de control que además sea independiente del lazo de control de nivel que falla*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)	Tipo de CPI	Descripción de la CPI	Características de especificidad*	Características de efectividad**	Características de Independencia***	Información auditable que demuestra la efectividad de la CPI
		Alarmas críticas con interven-ción del operador	*Alarma por muy alto nivel en Tanque TV-04*	*La Alarma se activa a muy alto nivel del tanque avisando al operador aplique el procedimiento de operación por sobrellenado del tanque previniendo el derrame*	*La Alarma es audible y visible para el operador quien supervisa la actividad del llenado de los tanques en todo momento, lo cual le da oportunidad de cerrar de manera manual la válvula de alimentación al tanque*	*La Alarma no depende del lazo de control que presenta la falla. También es independiente de la falla de la otra CPI presentada (Dique)*	*Su instalación y Diseño cumple con estándares de calidad reconocidos. Se realizan pruebas de funcionalidad a la Alarma cada 6 meses Se realiza mantenimiento de la Alarma cada 6 meses*
		Funciones Instrumentadas de Seguridad-SPPE	*No se cuenta con Funciones Instrumentadas independientes al SCBP para detectar y detener el Evento iniciador*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*
		Protección Activa	*No se cuenta con ninguna capa de este tipo que aplique al Escenario de Riesgo*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*
		Protección Pasiva	*Dique de contención de derrames. Contiene el producto derramado por el sobrellenado*	*El Diseño del dique tiene la capacidad de contener derrames del tanque TV-04*	*Cuenta con capacidad para contener el 110 % de la capacidad total del tanque TV-04*	*El funcionamiento del dique es independiente al del funcionamiento del lazo de control que falla y de otros sistemas tales como el SCBP, el SPPE o sistema de Alarmas.*	*Cada año se revisa la integridad del dique de contención y se realiza el mantenimiento preventivo*
		Otras CPIs	*No se tienen*	*N/A*	*N/A*	*N/A*	*N/A*

* Propiedad de la CPI para prevenir, controlar o mitigar, de manera exclusiva, el evento o cadena de eventos y la Consecuencia no deseada del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que está siendo analizado.

** Que cumple con su función de diseño cuando es requerida, con la capacidad para detectar la causa del escenario y tomar la acción correctiva en el tiempo disponible para prevenir la Consecuencia no deseada.

***No le afecta la ocurrencia o Consecuencia del Evento iniciador y la falla de cualquier componente de otra CPI para el mismo Escenario de Riesgo.

Con respecto a la descripción de las CPIs, los Regulados incluirán la clave de identificación (TAG) de los lazos de control, de instrumentación, válvulas, equipos, etcétera, que constituyan cada una de las CPIs y la secuencia de su funcionamiento, así como referenciarán (si el ACP se realiza en complemento a un documento que ya los contenga) los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) en los que se puedan visualizar la instrumentación y equipos que son parte de las CPIs.

En el caso de que la capa de protección corresponda a alguna acción o acciones del operador, describirán las acciones específicas y los registros de entrenamiento y del tiempo de respuesta del operador, el cual será el adecuado para evitar que el evento continúe hasta la materialización de la Consecuencia.

Con respecto a la Auditabilidad de la efectividad de la CPI se sustentará con información respecto a su Diseño, instalación, pruebas de funcionalidad y mantenimiento u otros aspectos que aseguren su efectividad cuando sean requeridas, que estén considerados en las etapas que apliquen (Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento).

4.7. FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA)

Los Regulados integrarán en los apartados 4.7.1 a 4.7.4 los valores de Frecuencia del Evento iniciador, de Probabilidad de eventos o condiciones habilitadoras del Evento iniciador y de la Probabilidad de Falla en Demanda de las CPIs, utilizados para la obtención de la Frecuencia de la Consecuencia mitigada de cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

4.7.1. FRECUENCIA DEL EVENTO INICIADOR

Los Regulados integrarán la información para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) respecto a la Frecuencia del Evento iniciador. En cada caso sustentarán los valores empleados para la frecuencia del Evento iniciador indicando las fuentes bibliográficas y los criterios utilizados en la selección y uso de estos.

En la Tabla 4 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán la información de los datos de Frecuencia del Evento iniciador.

Tabla 4. Frecuencia del Evento iniciador para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Evento iniciador**	**Frecuencia del Evento iniciador (por año) ***	**Fuente bibliográfica de obtención del valor de Frecuencia del Evento iniciador**	**Criterio de selección y empleo del valor de Frecuencia del Evento iniciador**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04*	*1×10^{-1}*	*Table 5.1, Chapter 5, Layer of Protection Analysis, AIChE*	*Debido a la falta de datos históricos de tasas de falla del lazo de control de nivel del TV-04, se utilizan los datos recomendados por el AIChE.*

*En su caso podrá emplear el valor obtenido del Evento iniciador en el Análisis cuantitativo de frecuencias, tal como el obtenido en árboles de fallas, árboles de eventos u otros, cuando se cuente con este en el ER/ARSH/ERA.

4.7.2. PROBABILIDAD DE EVENTOS O CONDICIONES HABILITADORAS DEL EVENTO INICIADOR

En caso de que se identifique que se requiere de un evento o condición habilitadora para que el Evento iniciador ocurra, la cual tiene que ser específica para el evento analizado, los Regulados integrarán información referente a la probabilidad de dichos eventos o condiciones. Así mismo, en cada caso sustentarán los valores empleados indicando las fuentes bibliográficas y los criterios utilizados para la selección y uso de estos.

Adicionalmente los Regulados describirán cómo interactúa el Evento iniciador con el evento o condición habilitadora, usando, por ejemplo, un árbol de eventos.
En la Tabla 5 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán la información de los datos de Probabilidad de eventos o condiciones habilitadoras.

Tabla 5. Probabilidad de eventos o condiciones habilitadoras del Evento iniciador.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Evento iniciador**	**Evento o condición habilitadora del Evento Iniciador**	**Probabilidad del evento o condición habilitadora del Evento iniciador**	**Fuente bibliográfica de probabilidad del evento o condición habilitadora del Evento iniciador**	**Criterio de selección y empleo del valor de probabilidad del evento o condición habilitadora del Evento iniciador**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04*	*No existe evento o condición habilitadora del Evento iniciador*	*N/A*	*N/A*	*N/A*

4.7.3. PROBABILIDAD DE FALLA EN DEMANDA DE LAS CPIS

Los Regulados integrarán información de los valores de la PFD para las CPIs de cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia). En cada caso, sustentarán los valores empleados de la PFD, indicando las fuentes bibliográficas y los criterios utilizados para la selección y uso de estos.

En la Tabla 6 se presenta un ejemplo de la forma en qué los Regulados integrarán la información de los datos de la PFD.

Tabla 6. PFD de cada CPI.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**CPI**	**PFD**	**Fuente bibliográfica del valor de la PFD**	**Criterio de selección y empleo del valor de la PFD**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04*	*Alarmas críticas con intervención del operador*	*1×10^{-1}*	*Table 6.5, Chapter 6, Layer of Protection Analysis, AIChE*	*Debido a la falta de datos históricos de la PFD de Alarmas, se utilizan los datos recomendados por el AIChE*

	manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina	*Dique de contención de derrames*	*1×10^{-2}*	*Table 6.3, Chapter 6, Layer of Protection Analysis, AIChE*	*Debido a la falta de datos históricos de la PFD para diques de contención, se utilizan los datos recomendados por el AIChE*

4.7.4. RESULTADOS DE FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA)

Los Regulados integrarán los resultados de la estimación de la Frecuencia de la Consecuencia mitigada para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), en la Hoja de Trabajo del ACP que se presenta como ejemplo en la Tabla 7, esto en función de la frecuencia del Evento iniciador, la probabilidad de los eventos/condiciones habilitadoras (cuando aplique) y la suma de la PFD de todas las CPIs.

Tabla 7. Hoja de Trabajo del ACP para un Escenario de Riesgo[1].

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave: *AC-04*	**TAG. del equipo:** *TV-04*	**Título del Escenario de Riesgo:** *Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04*	
Fecha: *20/05/2021*	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Probabilidad**	**Frecuencia (por año)**
Consecuencia Descripción/Categoría	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina. Catastrófico*		
Criterio de Riesgo Tolerable (categoría o frecuencia)	*Tolerable**		*1×10^{-6}*
Evento iniciador (típicamente una frecuencia)	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04*		*1×10^{-1}*
Eventos o condiciones habilitadoras	*N/A*	*N/A*	
Modificadores Condicionales (En caso de aplicar)	Probabilidad de ignición:	*N/A*	
	Probabilidad de presencia de personal en el área afectada:	*N/A*	
	Probabilidad de fatalidades:	*N/A*	
	Otros:	*N/A*	
Frecuencia de la Consecuencia sin mitigar			*1×10^{-1}*
Capas de Protección Independientes (CPIs)			
Alarmas críticas con intervención del operador	*Alarma con intervención del operador*	*1×10^{-1}*	

Protección Pasiva	*Dique de contención*	*1×10^{-2}*	
PFD Total para las CPIs		*1×10^{-3}*	
Frecuencia de la Consecuencia mitigada:			*1×10^{-4}*
¿Cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable? (Si/No): *No*			
Acciones Requeridas para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable			
Notas:			
Referencias (ligas al ARSH, fuentes de datos de tasa de fallas, DTI's, etc.):			
Coordinador e integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP:			

(1) Los campos sombreados en gris no requieren ser llenados.
*Valor de referencia de Criterio de Riesgo Tolerable (Tabla 20 de la presente Guía)

4.8. IDENTIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE CPIS ADICIONALES

A manera de resumen los Regulados integrarán en una tabla los resultados de Frecuencia de la Consecuencia mitigada de todos los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) y su comparación contra el Criterio de Riesgo Tolerable (frecuencia) establecido en el Anexo A de la presente Guía, identificando aquellos Escenarios de Riesgo que no cumplen con dicho Criterio. En la Tabla 8 se presenta como ejemplo la manera en que se integrará dicha información.

Tabla 8. Identificación de Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que requieren CPIs adicionales.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Frecuencia de la Consecuencia mitigada**	**Criterio de Riesgo Tolerable (frecuencia)**	**¿Cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable?**	**Frecuencia de la Consecuencia para mitigar con las CPIs adicionales para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina.*	*1×10^{-4}*	*1×10^{-6}*	*No*	*1×10^{-2}*

Para los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) en los que se identifique que no se cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable (frecuencia), los Regulados describirán las CPIs que implementarán para alcanzar el Criterio de Riesgo Tolerable. En la Tabla 9 se presenta como ejemplo la manera en que se integra dicha información.

Tabla 9. CPIs adicionales.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave del escenario que no cumplió con el Criterio de Riesgo Tolerable	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**CPIs adicionales para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable**	**PFD de la CPI**	**FRR**	**Descripción breve del evento que previene**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*Implementar una FIS con NIS 2*	*1×10^{-2}*	*100*	*Previene el sobre nivel del tanque TV-04*

Es necesario que los Regulados evalúen la conveniencia de implementar CPIs para mejorar el Diseño inherentemente seguro, CPIs de control o CPIs de alarmas con acción del operador antes de establecer la necesidad de implementar FIS adicionales; por lo que se sugiere priorizar la implementación de CPIs de prevención y control sobre las CPIs de mitigación, atendiendo los principios de gestión del Riesgo.

4.9. NIVEL DE INTEGRIDAD DE LA SEGURIDAD REQUERIDO PARA UNA FUNCIÓN INSTRUMENTADA DE SEGURIDAD

En caso de que se haya determinado adicionar una o varias FIS implementadas en un SIS, los Regulados enlistarán los datos del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) y del NIS requerido para la FIS. En la Tabla 10 se presenta como ejemplo la manera en que se integrará dicha información.

Tabla 10. NIS requerido para la FIS a implementar en cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia).

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Descripción de la Función Instrumentada de Seguridad**	**Frecuencia de la Consecuencia para mitigar con las CPIs adicionales para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable**	**NIS Requerido**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*FIS con un NIS 2 que manda a cierre la válvula de alimentación del tanque TV-04 cuando detecte muy alto nivel*	*1×10^{-2}*	*2*

4.10. REDUCCIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA CONSECUENCIA MITIGADA DE ESCENARIOS DE RIESGO (PAR CAUSA-CONSECUENCIA) MEDIANTE LA CONSIDERACIÓN DE LAS CPIS ADICIONALES IDENTIFICADAS

Para el caso de los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que se identificaron en la sección 4.8 que no cumplen con el valor de Criterio de Riesgo Tolerable de referencia y para los cuales se proponen las CPIs adicionales a implementar, los Regulados integrarán la información que se presenta en las secciones 4.6, 4.7.1,

4.7.2, 4.7.3 y 4.7.4 para la estimación del nuevo valor de Frecuencia de la Consecuencia mitigada del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) incluyendo ahora las CPIs adicionales.

La inclusión de las CPIs adicionales demostrará que para todos los Escenarios de Riesgo se obtiene un valor de Frecuencia de la Consecuencia mitigada del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) igual o superior al del valor del Criterio de Riesgo Tolerable de referencia.

Los Regulados integrarán los resultados de la estimación de la Frecuencia de la Consecuencia mitigada del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) incluyendo las CPIs adicionales en la Hoja de Trabajo del ACP.

4.11. RECOMENDACIONES

Los Regulados describirán en este apartado, para las CPIs adicionales identificadas para cada Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), los requerimientos de equipos, lazos de control, FIS con su respectivo NIS requerido en el proceso e indicarán la acción o posición de los elementos finales, secuencias de intervención del operador, elementos del Sistema de detección y alarma de gas y de supresión de fuego automatizado, entre otros elementos necesarios para su implementación.

Se sugiere que los Regulados desarrollen un programa de seguimiento para la implementación de las CPIs adicionales identificadas, dicho programa podrá incluir lo señalado en la Tabla 11.

Tabla 11. Recomendaciones ACP para cada uno de los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) analizados.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	**Descripción del Escenario de Riesgo**	**Recomendación del ACP**	**Área Responsable del Regulado**	**Fecha de inicio de la implementación**	**Etapa en la que se encuentra la implementación**	**Fecha en que se concluye la etapa**	**Fecha en que se concluye la implementación**
AC-04	*Falla del lazo de control de nivel del tanque TV-04 manteniendo la válvula de alimentación en posición abierta ocasionando derrame, deflagración e incendio de gasolina*	*Instalar una FIS con un NIS 2 que manda a cierre la válvula de alimentación del tanque TV-04 cuando detecte muy alto nivel*	*Operación/ mantenimiento*	*Junio-2021*	*Especificación y Diseño*	*Octubre-2021*	*Junio-2022*

4.12. CONCLUSIONES

Los Regulados describirán en este apartado las conclusiones derivadas del ACP, tomando en cuenta las CPIs que se implementarán para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable señalando aspectos generales del proceso que seguirán para su implementación en el Proyecto.

4.13. RESUMEN EJECUTIVO

Los Regulados elaborarán un resumen en el que integren:

a. La justificación de la necesidad para elaborar el ACP;

b. Descripción de los Escenarios de Riesgo (Par causa–Consecuencia) seleccionados para el ACP

Tabla 12. Escenarios de Riesgo (Par causa–Consecuencia) seleccionados.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo	Nodo o Sistema	Evento iniciador (causa)	Consecuencia (Descripción)	Categoría de la Consecuencia

c. CPIs actuales por Escenario de Riesgo (Par causa–Consecuencia);

Tabla 13. CPIs actuales.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo	Tipo de CPI	Descripción de la CPI

d. Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que requieren CPIs adicionales;

Tabla 14. Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que no cumplen con el Criterio de Riesgo Tolerable.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Consecuencia mitigada	Criterio de Riesgo tolerable (frecuencia)	¿Cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable?	Frecuencia de Consecuencia sin mitigar respecto al criterio tolerable

e. CPIs Adicionales para Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que no cumplen con el Criterio de Riesgo Tolerable;

Tabla 15. CPIs adicionales.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave del escenario que no cumplió con el Criterio de Riesgo Tolerable	Descripción del Escenario de Riesgo	CPIs adicionales para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable	Descripción breve del evento que previene

f. Frecuencia de la Consecuencia mitigada considerando las CPIs adicionales propuestas;

Tabla 16. Frecuencia de la Consecuencia mitigada con las CPIs adicionales.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo	Frecuencia de la Consecuencia mitigada	Criterio de Riesgo Tolerable (frecuencia)	¿Cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable?

g. Recomendaciones; y

Tabla 17. Resumen de las recomendaciones.

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave	Descripción del Escenario de Riesgo	Recomendación del ACP	Área Responsable del Regulado	Fecha de inicio de la implementación	Fecha fin de la implementación

h. Conclusiones.

4.14. ANEXOS DEL REPORTE ACP

Los Regulados podrán presentar, además de los Anexos I, II y III, los anexos adicionales que consideren pertinentes debidamente numerados e identificados con la información que utilicen y generen en el desarrollo del ACP conforme a lo requerido en la estructuración del ACP (que por volumen o practicidad convenga al Regulado), la información anexada deberá estar vinculada y referenciada en los apartados correspondientes del reporte del ACP.

ANEXO I. REGISTROS DE LAS SESIONES DEL ANÁLISIS: LISTA DE ASISTENCIA, MINUTAS, ACTAS DE CIERRE

Los Regulados incluirán los registros que se generen en las sesiones de trabajo para el desarrollo del ACP como listas de asistencia incluyendo información de la especialidad o área de experiencia de cada participante, minutas, actas de cierre, entre otros, como evidencia de las sesiones de trabajo realizadas con el Grupo Multidisciplinario ACP.

Para desarrollar las actividades del Análisis de Capas de Protección en Proyectos del Sector Hidrocarburos se recomienda a los Regulados que tanto el coordinador como los integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP, sea personal competente e integre las evidencias que se señalan en el ANEXO II y III.

ANEXO II. REGISTROS DE LA COMPETENCIA Y EXPERIENCIA DEL EXPERTO QUE COORDINÓ EL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO ACP

Los Regulados podrán adjuntar los documentos (constancias, reconocimientos o distinciones de cursos, talleres, seminarios, diplomados, conferencias, etcétera) que avalen la competencia, experiencia, capacitación, entre otros, del coordinador del Grupo Multidisciplinario ACP.

Se sugiere a los Regulados que tomen como referencia el siguiente listado sobre los documentos con los que podrá contar el coordinador del Grupo Multidisciplinario ACP, que acreditan su capacitación y experiencia.

a. Certificación en Seguridad Funcional otorgada por un organismo nacional, internacional y/o Diplomado en Seguridad Funcional o en técnicas de Análisis de Riesgos semi-cuantitativas;
b. Constancias de cursos de capacitación y/o actualización en Análisis de Riesgos y metodología ACP;
c. Constancias de cursos de capacitación y/o actualización en procesos industriales del Sector Hidrocarburos;
d. Documentos que acrediten su experiencia coordinando Grupos Multidisciplinarios para el desarrollo de ACP para instalaciones del Sector Hidrocarburos;
e. Documentos que acrediten su participación en proyectos de ACP y/o de procesos industriales, para instalaciones del Sector Hidrocarburos;
f. Otros que acrediten su competencia y experiencia como constancias, reconocimientos o distinciones de impartición de cursos, talleres, seminarios, diplomados, conferencias, etc. en Análisis de Riesgos (incluyendo ACP), Seguridad Funcional y/o de procesos industriales del Sector Hidrocarburos y/o reconocimientos recibidos por instituciones, organizaciones o empresas, por su labor o desempeño destacado en el ámbito de actividades relacionadas con ACP y/o procesos industriales del Sector Hidrocarburos.

Incluir un listado de la capacitación, experiencia y competencias con las que cuenta el coordinador y que podrá integrar en la tabla siguiente:

Tabla 18. Documentos con los que cuenta el coordinador del Grupo Multidisciplinario ACP

Categoría	Evidencia adjunta	¿De qué institución se recibió? / ¿Para qué empresa/ institución/organización se laboró? / ¿Para qué proyecto se laboró?, etcétera	Fecha de inicio	Fecha de término
Capacitación				
Experiencia				
Otros				

ANEXO III. REGISTROS DE LA COMPETENCIA Y EXPERIENCIA DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO MULTIDISCIPLINARIO ACP

Los Regulados podrán adjuntar los documentos (constancias, reconocimientos o distinciones de cursos, talleres, seminarios, diplomados, conferencias, etcétera) que avalen la competencia, experiencia, capacitación, entre otros, de cada uno de los integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP.

Se sugiere a los Regulados que tomen como referencia el siguiente listado sobre los documentos con los que podrán contar los integrantes del ACP, que acreditan su capacitación y experiencia.

a. Área de experiencia bajo la cual participa en el Grupo Multidisciplinario ACP, debiendo corresponder a alguna de las siguientes: Analista ACP, instrumentación de instalaciones del Sector Hidrocarburos, procesos del Sector Hidrocarburos, entre otras;
b. Constancias de cursos de capacitación y/o actualización en Análisis de Riesgos incluyendo ACP;

c. Constancias de cursos de capacitación y/o actualización en procesos industriales del Sector Hidrocarburos;
d. Documentos que acrediten su participación en ACP para el Sector Hidrocarburos;
e. Documentos que acrediten su participación en proyectos o actividades en instalaciones del Sector Hidrocarburos (pudiendo estar entre otras, dentro de las siguientes disciplinas: Civil, mecánico, procesos, sistemas, instrumentación, eléctrico, tuberías, etc.);
f. Otros que acrediten su competencia y experiencia, en el área manifestada como Constancias, reconocimientos o distinciones de impartición de cursos, talleres, seminarios, diplomados, conferencias, etc. en Análisis de Riesgos (incluyendo ACP), Seguridad Funcional y/o de procesos industriales del Sector Hidrocarburos y/o reconocimientos recibidos por instituciones, organizaciones o empresas, por su labor o desempeño destacado en el ámbito de actividades relacionadas con ACP y/o procesos industriales del Sector Hidrocarburos.

Incluir un listado de las evidencias de la capacitación, experiencia y competencias con las que cuenta cada uno de los integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP y que podrá integrar en la tabla siguiente:

Tabla 19. Documentos con los que cuentan los integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP

Categoría	Evidencia adjunta	¿De qué institución se recibió? / ¿Para qué empresa/ institución/organización se laboró? / ¿Para qué proyecto se laboró?, etcétera	Fecha de inicio	Fecha de término
Capacitación				
Experiencia				
Otros				

5. BIBLIOGRAFÍA

Las siguientes referencias bibliográficas fueron utilizadas para el desarrollo de la presente Guía:

1. PEMEX, *Lineamientos para realizar Análisis de Riesgos de Proceso, Análisis de Riesgos de Ductos y Análisis de Riesgos de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, clave COMERI 144*, México, 2010, p. 29.

2. NRF-045-PEMEX-2010, Seguridad Funcional – Sistemas Instrumentados de Seguridad para los Procesos del Sector Industrial.

3. PEMEX, *Guía Técnica de Confiabilidad Operacional para la Mejor Práctica: Funciones Protectoras Instrumentadas, clave 800-16700-DCO-SCM-GT-008*, México, 2012, p. 49.

4. De Los Santos Jonathan, Esparza Alejandro, *Seguridad Funcional. Incluyendo Ciberseguridad y Administración de Alarmas*, exida.com LLC, 2013, p. 247.

5. Center for Chemical Process Safety, *Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layer of Protection Analysis*, American Institute of Chemical Engineers, New Jersey, United States of America: Wiley, 2014, p. 105.

6. Center for Chemical Process Safety, *Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis*, American Institute of Chemical Engineers, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, United States of America, 2015, p. 384.

7. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Hazard Evaluation Procedures*, 3ª. ed., John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2008, p. 536.

8. Dowel, Arthur M., "Layer of Protection Analysis and inherently safer Processes", *Process Safety Progress*, Houston TX, Vol. 18, No. 4, 1999, p. 214-220.

9. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. *Guidelines for Initiating Events and Independent Protection Layers in Layer of Protection Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, United States of America, 2015, p. 348.

10. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. *Guidelines for Enabling Conditions and Conditional Modifiers in Layer of Protection Analyisis*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2014, p. 136.

11. Dowel, Arthur M. (coord.), *Layers of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment*, Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. New York, United States of America, 2001, p. 250.

12. Center for Chemical Process Safety, American Institute of Chemical Engineers. *Guidelines for Engineering Design for Process Safety*, 2ª. edición, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, United States of America, 2012, p. 391.

13. Mannan Sam, *Lees' Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control*, 3ª. edición, volumen 1, Elsevier Butterworth-Heinemann, United States of America, 2005, p.41.

14. Center for Chemical Process Safety, *Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tables*, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989, p. 303.

15. Crowl Daniel A. & Louvar Joseph F., *Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications*, 4ª. edición, Prentice Hall, 2019, p. 656.

16. EuReDatA, *Reliability Data Collection and Use in Risk and Availability Assessment: Proceedings of the 5th EuReDatA Conference, Heidelberg, Germany, April 9-11, 1986*, Springer-Verlag Berlín, Heidelberg, 1986, p. 720.

17. Health & Safety Executive, *Reducing risks, protecting people. HSE's decisión-making process*, 2001, https://www.hse.gov.uk/risk/theory/r2p2.pdf.

18. Health & Safety Executive, *Guidance on ALARP Decisions in COMAH*, 2002, https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/permissioning/spc_perm_37/#Legal-Background

19. Health & Safety Executive, *ALARP suite of guidence*, 2012, https://www.hse.gov.uk/managing/theory/alarpglance.htm.

20. International Electrotechnical Commission. IEC 61511-1:2003, *Functional safety - Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 1: Framework, definitions, system, hardware and application programming requirements*, 2003, Geneva, Switzerland.

21. International Electrotechnical Commission. IEC 61511-3:2003, *Functional safety - Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector - Part 3: Guidance for the determination of the required Safety Integrity Levels*, 2003, Geneva, Switzerland.

22. International Electrotechnical Commission, IEC 61508-1:2010, *Functional safety of Electrical/Electronic/Programmable electronic safety-related systems - Part 1: General requirements, segunda edición*, 2010.

23. International Electrotechnical Commission. IEC 61508-5:2010, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems - Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels*, segunda edición, 2010.

24. ANSI/ISA-84.00.01-2004, Part 3 (IEC 61511-3 Mod): *Functional Safety: Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector*, 2004.

25. Gruhn, Paul, *Safety Instrumented Systems: Design, Analysis, and Justification*, 2ª. edición, ISA, The Instrumentation, Systems, and Automation Society, United States of America, 2006, p. 306.

26. Marszal, Edward M, *Safety Integrity Level Selection: Systematic Methods Including Layer of Protection Analysis,* Instrument Society of America, United States of America, 2002, p. 248.

ANEXO "A" DE LA GUÍA ACP

A.1. ASPECTOS CRÍTICOS QUE EL REGULADO CONSIDERARÁ EN EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA ACP

1. Los Regulados se asegurarán de que cada Escenario de Riesgo seleccionado como un Par causa-Consecuencia analice únicamente un solo Evento iniciador y una Consecuencia. En caso de que la Consecuencia tenga varios Eventos iniciadores o un Evento iniciador pueda generar varias Consecuencias, entonces se analizará cada Par causa-Consecuencia por separado en diferentes Escenarios de Riesgo (Par causa-consecuencia).

2. Es necesario asegurarse de no considerar como Eventos iniciadores a las causas raíz (las razones más básicas por las cuales un incidente ocurre), las cuales pueden ser, entre otras, la capacitación o certificación inadecuada del operador y las inspecciones o pruebas inadecuadas.

3. En el mismo sentido, la indisponibilidad de los dispositivos de protección como válvulas de seguridad o disparos por exceso de velocidad no deben considerarse Eventos iniciadores, ya que otros eventos deben iniciar el Escenario de Riesgo para que los dispositivos de protección se activen.

4. Los Eventos iniciadores para los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) ACP se ubicarán en alguno de estos tres tipos: eventos externos, fallas de equipo (de los sistemas de control y sistemas mecánicos) o errores humanos (de omisión o comisión).

5. Los Regulados se basarán en fuentes y criterios confiables para obtener el valor de la frecuencia del Evento iniciador, entre las que se encuentran:

   a. Datos recopilados de la industria como los contenidos en: Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CCPS, 2010), Offshore and Onshore Reliability Data, OREDA (DNV GL, 2015), entre otros;

   b. Datos históricos de fallas de la instalación donde se disponga de suficientes datos para que sean estadísticamente significativos, y

   c. Datos del proveedor.

6. La frecuencia del Evento iniciador considerará aspectos de fondo del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), tal como la frecuencia del modo de operación para el cual el evento es válido. Por ejemplo, diferenciar la frecuencia del Evento iniciador en un proceso que es continuo con respecto a uno que es por lotes.

7. Al considerar el uso de Modificadores Condicionales en los Escenarios de Riesgo (Par causa-Consecuencia) estos serán específicos, independientes y auditables para el Escenario de Riesgo que se está analizando, así mismo, se comprobará su relación con el Evento iniciador. La base de estos valores supuestos estará referenciada y cualquier modificación de los valores estándar estará justificada y descrita.

8. Debido a que no todas las Salvaguardas pueden acreditarse como CPIs, las capas de protección que se señalen como independientes demostrarán que cumplen con las características siguientes:

Específica: Propiedad de la CPI para prevenir, controlar o mitigar, de manera exclusiva, el evento o cadena de eventos y la Consecuencia no deseada del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) que está siendo analizado;

Independiente: La actuación de la capa de protección no es afectada por el Evento iniciador o por la falla de otras CPIs asociadas con el mismo Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), al no compartir componentes con dichas CPIs;

Efectiva: La CPI cumple con su función de diseño cuando es requerida, con la capacidad para detectar la causa del escenario y tomar la acción correctiva en el tiempo disponible para prevenir la Consecuencia no deseada;

Auditable: La capa de protección deberá estar diseñada para facilitar la validación periódica de sus funciones de protección. La capa debe ser puesta bajo demanda y pasar la prueba de confiabilidad. La efectividad de la CPI en términos de la prevención de la Consecuencia y la PFD debe poder validarse de alguna manera (mediante documentación, pruebas, revisiones etcétera)

9. Si se analiza como Evento iniciador una falla en la energía eléctrica y se determina que una o más salvaguardas dependen de una misma fuente de energía eléctrica, estas capas no pueden ser consideradas como CPIs debido a que no se estaría cumpliendo con la característica de independencia.

10. Si alguna salvaguarda comparte elemento primario, resolvedor lógico y/o elemento final de control con el lazo de control que constituye el Evento iniciador, dicha salvaguarda no puede ser considerada como CPI.

11. Si dos o más salvaguardas no comparten elemento primario, resolvedor lógico o elemento final de control con el lazo de control que constituye el Evento iniciador, pero sí comparten alguno de sus componentes: elemento primario, resolvedor lógico y/o elemento final de control, solo podrán ser consideradas en conjunto como una sola CPI.

12. En caso de que la intervención humana forme parte de una CPI, entonces para demostrar su auditabilidad se tendrá plenamente identificado al personal que realiza las funciones en la CPI y contar con procedimientos escritos en los cuales esté debidamente capacitado.

13. El Sistema de detección y alarma de gas y supresión de fuego automatizado, únicamente podrá ser considerado una CPI si acredita de manera apropiada las características de una CPI (ser específico, efectivo, independiente y auditable) y que dado su diseño y ubicación sea capaz de mantenerse íntegro y disponible durante la secuencia de eventos, así como de detectar y detener de manera oportuna y efectiva la cadena de Consecuencias en su etapa inicial, reduciendo así de manera significativa la gravedad de las Consecuencias del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia). Los documentos para demostrar su auditabilidad podrán incluir, entre otros, dependiendo de la etapa del proyecto, a la memoria de diseño de este sistema automatizado realizado bajo Códigos y Normas internacionales reconocidas, especificaciones y evidencias de fabricación que garanticen su confiabilidad de operación a prueba de falla en las condiciones a las cuales podría someterse por el Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), estudios que demuestren la efectividad del sistema en función a su cobertura, tal como el que se establece en la Guía *ISA TR84.00.07-2018 Guidance On The Evaluation Of Fire, Combustible Gas, And Toxic Gas System Effectiveness*, pruebas de funcionalidad y programas de mantenimiento específicos para el sistema acordes con códigos y Normas reconocidos y a especificaciones del fabricante, resultados satisfactorios de pruebas de funcionalidad y evidencias de mantenimiento. No debe compartir elementos tales como: alimentación eléctrica, unidad de energía ininterrumpible (UPS), tomas de proceso, controladores o PLC, canalizaciones y/o tuberías con otros sistemas tales como el SCBP, el SPPE o el sistema de alarmas, también debe ser independiente de la causa inicial.

14. El Sistema de detección y alarma de gas y supresión de fuego NO automático, por sus características, queda completamente descartado como una CPI.

15. Las Salvaguardas tales como: programas de entrenamiento y certificación, procedimientos, pruebas e inspección rutinaria, mantenimiento, señales, disponibilidad de información y comunicaciones, es decir, aquellas capas que no cumplen con las características de una Capa de Protección Independiente (específica, independiente, efectiva y auditable) no se considerarán CPIs.

16. Cuando existen en el proceso diversos dispositivos que corresponden al mismo tipo de CPI y se enlistan en el mismo campo; el valor global de la PFD que se establezca para dichos dispositivos en conjunto no deberá ser menor al valor de la PFD del dispositivo con la menor tasa de falla. Por ejemplo, si en el Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia) por sobrepresión se cuenta con CPIs de Protección activa que consiste en un Dispositivo de Ruptura, válvulas de seguridad, entre otros dispositivos mecánicos de alivio, todos estos se enlistarán en el mismo campo y el valor global de la PFD que se establezca para dichos dispositivos en conjunto no deberá ser menor al valor de la PFD del dispositivo con la menor tasa de falla.

Ejemplo:

Tipo de CPI	Descripción de la CPI	PFD
Protección Activa	Válvula de seguridad PSV-110, ubicada en tanque FA-110.	1×10^{-2}
	Válvula de seguridad PSV-210 en la salida del tanque FA-110.	1×10^{-2}
	PFD Total de la CPI	1×10^{-2}

17. Los datos de la PFD deben seleccionarse teniendo en cuenta una serie de criterios, entre otros, los siguientes:

    a. Deben ser consistentes con el diseño básico de la instalación y con el método para tomar decisiones basadas en Riesgo;

    b. Todas las PFD utilizadas deben ser de la misma ubicación en el rango de datos (por ejemplo, límite superior, límite inferior o punto medio), proporcionando un grado constante de conservadurismo para todo el proceso;

    c. Los datos de la PFD seleccionados deben ser representativos del Sector Hidrocarburos. Si hay datos históricos disponibles, sólo debe utilizarse si se dispone de datos suficientes a lo largo de un período de tiempo para ser estadísticamente significativos, y

    d. Si los datos generales de la industria son utilizados, deben ajustarse (generalmente teniendo en cuenta datos de la planta y opinión de expertos) para reflejar las condiciones y situaciones locales. Cuando dichos datos no estén directamente disponibles, se utilizará el juicio del experto para decidir qué datos de fuentes externas son más aplicables a la situación.

18. Para alcanzar el nivel de Riesgo tolerable para un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia), de acuerdo con los principios para la gestión del Riesgo, los Riesgos deben tratarse de manera prioritaria evaluando la posibilidad de evitarlos eliminando la fuente del Riesgo a través de la mejora del diseño del proceso y la especificación de materiales y/o equipos, es decir, dando preferencia al tipo de CPI correspondiente al Diseño inherentemente seguro, de no ser posible lo anterior, se evaluará la implementación de CPIs de tipo preventivo, con el fin de disminuir la probabilidad de que se dé el Evento iniciador, esto a través del uso de controles, alarmas y/o FIS y finalmente en orden de prioridades se evaluará minimizar las Consecuencias a través de la implementación de las CPIs de mitigación tempranas y efectivas.

19. Cuando se requiera implementar Funciones Instrumentadas de Seguridad en un SIS, este cumplirá con las características de una CPI (efectividad, independencia, especificidad y auditabilidad).

20. Una FIS cumple las siguientes características:

    a. Protege contra un peligro específico;

    b. Realiza una función de seguridad específica;

    c. Tiene un rango definido de la PFD relacionada con un NIS específico, y

    d. Es independiente de otros sistemas de protección o mitigación.

21. Una Capa de Protección Independiente debe proporcionar al menos una reducción del Riesgo en un factor de 10, es decir, PFD = 0.1.

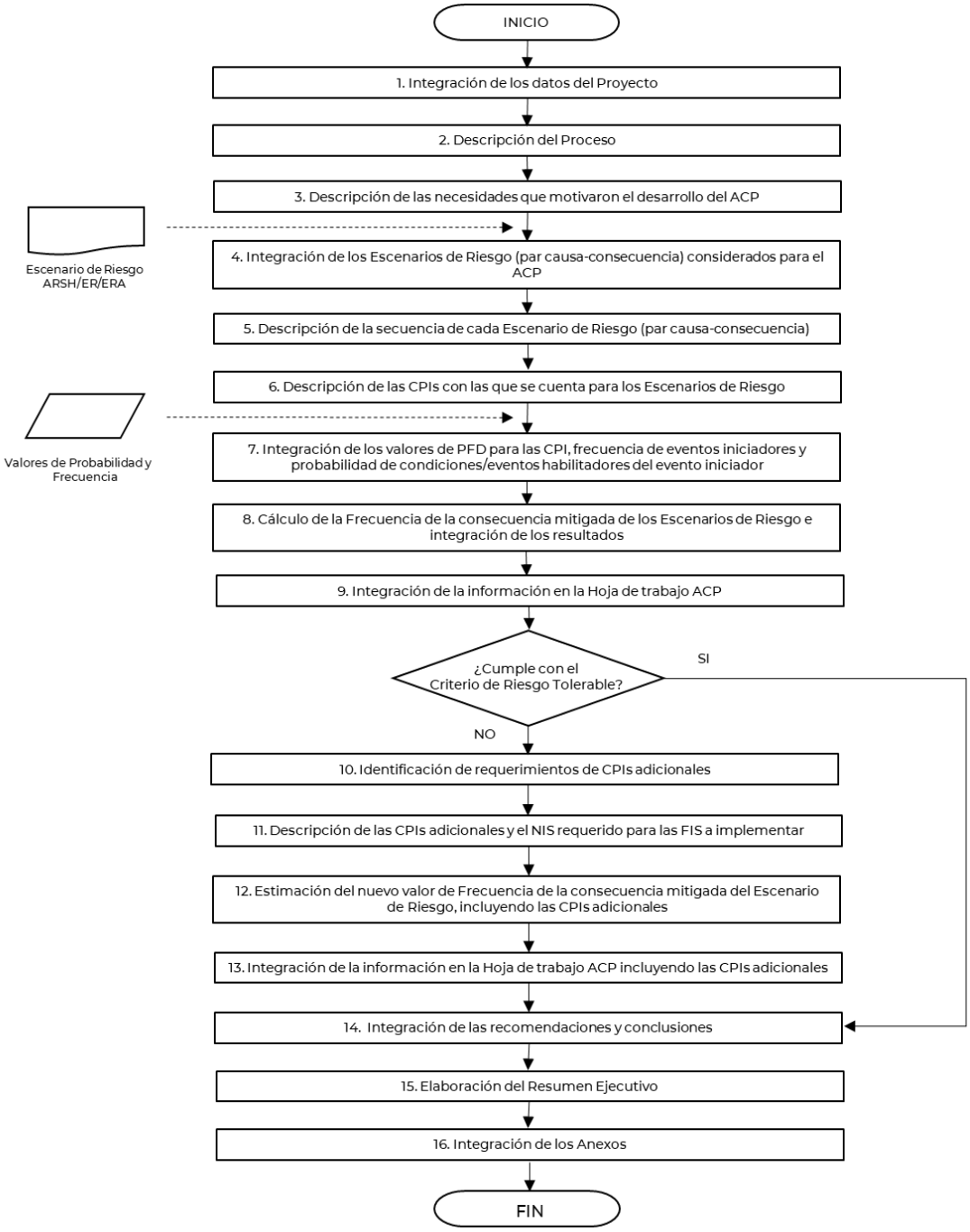
A.2. VALOR DE REFERENCIA DE CRITERIO DE RIESGO TOLERABLE

Derivado del análisis realizado por la ASEA, en el cual se consideraron las mejores prácticas nacionales y extranjeras (referidas en el apartado 5. Bibliografía con el número 3, 17, 18, 19 y 26), se determinó un valor de referencia de Criterio de Riesgo Tolerable que corresponde a la frecuencia de Riesgo (frecuencia a la cual un individuo está expuesto a un nivel sostenido de daño al materializarse la Consecuencia de un Escenario de Riesgo) expresada en términos de eventos por año para las actividades del Sector Hidrocarburos, la cual se presenta en la tabla siguiente:

Tabla 20. Valor de referencia de Criterio de Riesgo Tolerable.

ACTIVIDAD	RIESGO INTOLERABLE	ALARP	RIESGO TOLERABLE
Las que se refiere el artículo 3o. fracción XI, de la Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos.	$f \geq 1 \times 10^{-3}$ *f = 1 fatalidad entre 0 y 1,000 años*	$1 \times 10^{-3} < f > 1 \times 10^{-6}$ *f = 1 fatalidad entre 1,000 y 999,999 años*	$f \leq 1 \times 10^{-6}$ *f = 1 fatalidad en 1 millón de años*

A.3. FLUJOGRAMA ESTRUCTURACIÓN DE REPORTE ACP



A.4. HOJA DE TRABAJO DEL ACP

Tabla 21. Hoja de Trabajo del ACP para un Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)[2].

Clave del Escenario de Riesgo ERA/ER/ARSH u otra clave:	**TAG. del equipo:**	**Título del Escenario de Riesgo:**	
Fecha:	**Descripción del Escenario de Riesgo (Par causa-Consecuencia)**	**Probabilidad**	**Frecuencia (por año)**
Consecuencia Descripción/Categoría			
Criterio de Riesgo Tolerable (categoría o frecuencia)			
Evento iniciador (típicamente una frecuencia)			
Eventos o condiciones habilitadoras			
Modificadores Condicionales (En caso de aplicar)			
Frecuencia de la Consecuencia sin mitigar			
Capas de Protección Independientes (CPIs)			
PFD Total para las CPIs			
Frecuencia de la Consecuencia mitigada:			
¿Cumple con el Criterio de Riesgo Tolerable? (Si/No): *No*			
Acciones Requeridas para cumplir con el Criterio de Riesgo Tolerable			
Notas:			
Referencias (ligas al ARSH, fuentes de datos de tasa de fallas, DTIs, etc.):			
Coordinador e integrantes del Grupo Multidisciplinario ACP:			

(2) Los campos sombreados en gris no requieren ser llenados.