

Propuesta de formulación de la inspección, al sistema de gestión de seguridad de procesos, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos, basado en la CCPS y SCRUM.

Diego Alexander Castro Rodríguez

Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Dirección y Gestión de Proyectos

Director

Camilo Alejandro Torres Peña

Magister en Educación

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Magister en Dirección y Gestión de Proyectos

2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi señor Dios todo poderoso y eterno, a mi mejor amigo Jesús quien siempre ha estado apoyándome en todas las decisiones de mi vida.

A mi hija Melina y a mi madre María Elina quienes son mi inspiración en mi carrera y en mi vida, a superar mis límites profesionales y personales.

Agradecimientos

Agradecimientos a mi tutor por sus asesorías, colaboración y dedicación con este trabajo.

A todo el equipo de docentes de la Maestría en Dirección y Gestión de Proyectos por contribuir a mi formación y a los jurados de este trabajo de grado por su contribución al mismo con su visión objetiva.

Agradezco a mi hija, a quien le quité de su tiempo para dedicarlo a este trabajo.

A mis padres y hermanos, quienes me hicieron la persona que soy.

Contenido

Introducción	16
1. Propuesta de Formulación de la Inspección, al Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos, para Compañías Asociadas al Transporte de Hidrocarburos por Ductos, Basado en la CCPS y SCRUM.....	18
1.1. Planteamiento del problema	18
1.1.1. Problemática	18
1.1.2. Problema	21
1.2. Justificación.....	22
1.2. Pregunta de Investigación	25
1.3. Objetivos	26
1.3.1. Objetivo general	26
1.3.2. Objetivos específicos.....	26
2. Marco referencial	26
2.1 Marco Teórico	26
2.2 Marco Conceptual	29
2.3. Marco legal.....	34
2.4. Marco Ambiental.....	36
3. Método	38
3.1. Herramienta.....	38
3.1.1 Sprint 1	40
3.1.1.1 Sprint Planning (Planificación del Sprint 1).....	40
3.1.1.1.1 Equipo Scrum (Scrum Team).....	41

3.1.1.1.2 Product Backlog del Sprint 1	41
3.1.1.1.3 Sprint Goal del Sprint 1	42
3.1.1.2. Desarrollo (Ejecución del Sprint) Sprint 1	42
3.1.1.2.1. Daily Scrum Sprint 1	42
3.1.1.2.2. Burndown Chart Sprint 2	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1.3 Sprint Review Sprint 1	46
3.1.1.4 Sprint Retrospective - Sprint 2	48
3.1.2. Sprint 2	50
3.1.2.1 Sprint Planning (Planificación del Sprint 2).....	50
3.1.2.1.1 Product Backlog del Sprint 2.....	50
3.1.2.1.2 Sprint Goal del Sprint 2	50
3.1.2.2. Desarrollo (Ejecución del Sprint) Sprint 2	50
3.1.2.2.1. Daily Scrum Sprint 2	50
3.1.2.2.2. Burndown Chart Sprint 2	53
3.1.2.3 Sprint Review Sprint 2	54
3.1.2.4 Sprint Retrospective - Sprint 2	55
3.2. Participantes	56
3.3 Procedimiento.....	57
3.3.1 Fase 1: Análisis estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos	57
3.3.2. Fase 2: Selección elementos seguridad de procesos para el instrumento de control...	57
3.3.3. Fase 3: Ponderación de los elementos seleccionados para la seguridad de proceso. ..	57
3.3.4. Fase 4: Elaboración de instrumento de control	57

3.3.5. Fase 5: Evaluación de instrumento de control.....	58
4. Resultados	58
4.1. Análisis estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos.....	58
4.1.1. Estructura inspección seguridad de procesos del Departamento de energía de estados unidos de américa	58
4.1.2. Estructura inspección seguridad de procesos para el sector de la producción de petróleo.	59
4.1.3 Estructura inspección seguridad de procesos para una refinería de crudo.	60
4.1.4. Análisis relación estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos.....	61
4.2. Selección elementos seguridad de procesos para el instrumento de control.....	62
4.3. Ponderación de los elementos seleccionados para la seguridad de proceso.	67
4.3.1. Análisis relación elementos más afectados con incidentes nivel 1 según la IOGP y las estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos..	69
4.3.2. Ponderación de los elementos de la CCPS afectados con incidentes nivel 1 según la IOGP.....	70
4.4. Propuesta del instrumento de control para la inspección de seguridad de proceso basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos.	73
4.4.1. Estructura del instrumento de control.....	73
4.4.2. Calificación del instrumento de control	80

4.5. Evaluación del instrumento de control, para la inspección de seguridad de proceso basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos por juicio de experto.	82
4.5.1 ANEXO 1: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.	83
4.5.2 ANEXO 2: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.	83
4.5.3 ANEXO 3: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia a nivel industrial.	83
4.5.4 ANEXO 4: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.	83
5. Discusión.....	84
6. Conclusiones	85
Referencias.....	89

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Incidentes de seguridad de procesos CENIT</i>	28
Tabla 2. <i>Product Backlog</i>	41
Tabla 3. <i>Daily Scrum Sprint 1</i>	42
Tabla 4. <i>Burndown Chart Sprint 1</i>	45
Tabla 6. <i>Sprint Review Sprint 1</i>	47
Tabla 7. <i>Valores totales por ítem de Product Backlog Sprint 1</i>	48
Tabla 8. <i>Sprint Retrospectivo Sprint 2</i>	49
Tabla 9. <i>Product Backlog</i>	50
Tabla 10. <i>Daily Scrum Sprint 2</i>	51
Tabla 11. <i>Burndown Chart Sprint 2</i>	53
Tabla 12. <i>Sprint Review Sprint 2</i>	54
Tabla 13. <i>Valores totales por ítem de Product Backlog Sprint 2</i>	54
Tabla 14. <i>Sprint Retrospectivo - Sprint 2</i>	55
Tabla 15. <i>Comparativa de elementos de CCPS, OSHAS y Decreto 1347 de 2021</i>	65
Tabla 16. <i>Relación de elementos de seguridad de procesos de la CCPS respecto a los incidentes nivel 1 de 2023 en el mundo</i>	69
Tabla 17. <i>Instrumento de control, para la inspección de seguridad de procesos basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos.</i>	73

Lista de figuras

Figura 1. <i>Listado de sustancias peligrosas asociadas a accidentes mayores aplicables a empresas de transporte de hidrocarburos.</i>	25
Figura 2. <i>Incidentes de seguridad de procesos OCENSA.</i>	29
Figura 3. <i>Sectores de la industria del petróleo y gas.</i>	30
Figura 4. <i>Las troncales y las 54 estaciones de transporte de hidrocarburos de CENIT.</i>	31
Figura 5. <i>Las troncales y estaciones de transporte de hidrocarburos de ODL.</i>	32
Figura 6. <i>Oleoducto y estaciones de transporte de hidrocarburos de OCENSA.</i>	33
Figura 7. <i>Derrames de hidrocarburo CENIT</i>	37
Figura 8. <i>Litigios relacionados con derrames CENIT.</i>	37
Figura 9. <i>Burndown Chart Sprint 1</i>	46
Figura 10. <i>Burndown Chart Sprint 2</i>	53
Figura 11. <i>Ejemplo de formulario de informe de auditoría de PSM, Departamento de energía de estados unidos de américa.</i>	59
Figura 12. <i>Listas de verificación propuestas para cada requisito para el sector de la producción de petróleo</i>	60
Figura 13. <i>Listas de chequeo gerencia de seguridad de procesos químicos en una refinería de crudo</i>	61
Figura 14. <i>Relación de elementos de seguridad de procesos de acuerdo a los tipos de listas de chequeo y/o verificaciones realizadas para la cadena de valor del petróleo y la energía.</i>	62
Figura 15. <i>Metodología seguridad de procesos basado en riesgos de la CCPS.</i>	63
Figura 16. <i>Metodología seguridad de procesos OSHA (estándar 29 CFR 1910.119)</i>	64
Figura 17. <i>Factores de causa de los eventos nivel 1 de seguridad de procesos– Tier 1 PSE</i>	68

Figura 18. <i>Selección de los elementos que tendrán mayor peso en el instrumento de control de acuerdo con los instrumentos de control realizadas para la cadena de valor del petróleo y la energía.</i>	70
Figura 19. <i>Ponderación elementos con mayor peso según la cantidad de incidentes nivel 1 a nivel mundial</i>	71
Figura 20. <i>Ponderación de los elementos totales de la CCPS cumpliendo con la Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021).</i>	72
Figura 21. <i>Modelo de escalera de Parker</i>	81
Figura 22. <i>Calificación Escala seguridad parker</i>	82
Figura 23. <i>Cantidad ítems instrumento de control por iteración.</i>	82
Figura 24. <i>Cantidad ítems instrumento de control ajustados por juicio de expertos.</i>	83

Resumen

El presente trabajo plantea la posibilidad de que un instrumento de control disminuya, a través de la verificación continua del sistema de gestión de seguridad de procesos, la generación de incidentes de seguridad de procesos, en las compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos, sobre la seguridad de procesos, de los 100 principales desastres en la industria de los hidrocarburos 6 pertenecen al sector del transporte y distribución que han representado pérdidas monetarias en estos 6 eventos por 1.819 millones de dólares (US \$ *million*), ejemplo de estos eventos de seguridad de procesos en nuestro entorno Colombiano lo podemos visualizar durante el mes de septiembre de 2024, en el CPF (Centro de Facilidades de Producción de hidrocarburos) de Cusiana, en el cual se presenta un incendio que no dejó muertos ni lesionados, el cual se generó durante una maniobra de limpieza del tanque al cual se le retiraban residuos de petróleo (borra) por lo que la estructura que tiene capacidad para albergar hasta 100 mil barriles de petróleo crudo estaba desocupada. (El nuevo Oriente, 2024). Estos incidentes exponen a este tipo de compañías que transportan fluidos altamente peligrosos, a afectaciones a la continuidad del negocio. Como metodología se planteó la adopción de las buenas practicas de la CCPS (*Center for Chemical Process Safety*), el cual permitirá obtener la evidencia de donde enfocar el OPEX y el CAPEX de las áreas de la operación y proyectos de transporte de hidrocarburos, para atender las probablemente las necesidades con mayor riesgo de generar accidentes mayores.

Palabras clave: accidentes mayores, seguridad de procesos, hidrocarburos, CCPS

Abstract

The present work raises the possibility that a control instrument reduces, through the continuous verification of the process safety management system, the generation of process safety incidents, in hydrocarbon pipeline transportation companies, on the process safety, of the 100 main disasters in the hydrocarbon industry, 6 belong to the transportation and distribution sector, which have represented monetary losses in these 6 events for 1,819 million dollars (US \$ million), an example of these process safety events. processes in our Colombian environment we can see it during the month of September 2024, in the CPF (Center for Hydrocarbon Production Facilities) of Cusiana, in which a fire occurred that left no deaths or injuries, which was generated during a cleaning maneuver of the tank from which oil residues (debris) were removed, so the structure that has the capacity to hold up to 100 thousand barrels of crude oil was unoccupied. (The new East, 2024). These incidents expose this type of companies that transport highly dangerous fluids to impacts on business continuity. As a methodology, the adoption of good practices from the CCPS (Center for Chemical Process Safety) was proposed, which will allow obtaining evidence of where to focus the OPEX and CAPEX of the areas of operation and hydrocarbon transportation projects, to address probably the needs with the highest risk of generating major accidents.

Keywords: major accidents, process safety, hydrocarbons, CCPS

Glosario

Accidentes mayores: todo acontecimiento repentino, como una emisión, un incendio o una explosión de gran magnitud, en el curso de una actividad en una instalación clasificada y que trascienda su perímetro, en el que estén implicadas una o varias sustancias químicas peligrosas y que exponga a los trabajadores, a la población, a los bienes, a la infraestructura o al ambiente a un peligro grave, inmediato o diferido. (Decreto 1347, 2021, p.1).

Instrumento de control: Un instrumento de control es cualquier recurso que contenga información valiosa para la organización. En el contexto de seguridad de procesos, puede incluir procedimientos, manuales, normativas y lecciones aprendidas documentadas en una plataforma accesible y fácil de actualizar (Nonaka & Takeuchi, 1995).

API 754: indicadores de desempeño de seguridad de procesos para las industrias de refinación y petroquímica. (*Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries*).

CAPEX: (Capital expenditure) son inversiones de capital que crean beneficios. Un CAPEX se ejecuta cuando un negocio invierte en la compra de un activo fijo o para añadir valor a un activo existente con una vida útil que se extiende más allá del año imponible. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales.

CCPS: el centro para la seguridad de procesos químicos (*Center for Chemical Process Safety*) fue establecido en 1985 por el instituto americano de ingenieros químicos (AIChE) con el propósito expreso de ayudar a la industria a evitar o mitigar accidentes químicos catastróficos.

Hidrocarburos: los hidrocarburos son un grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser

considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Pueden encontrarse de forma líquida natural (petróleo), líquida por condensación (condensados y líquidos del gas natural), gaseoso (gas natural) y sólido (en forma de hielo como son los hidratos de metano). (Secretaría de energía gobierno de México, 2015).

OIL&GAS: Se refiere a todas las actividades relacionadas con la exploración, extracción, producción, refinación, distribución y comercialización de petróleo y gas natural.

OPEX: "*Operational expenditures*", es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

OSHA 29 CFR 1910.119: norma de gestión de seguridad de procesos de productos químicos altamente peligrosos de la administración de salud y seguridad Ocupacional (*The Occupational Safety and Health Administration's (OSHA) Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals Standard CFR 1910.119*).

PHA: Análisis de riesgos de proceso (*Process hazard análisis*)

PMI: Instituto de Gestión de Proyectos (*Project Management Institute*)

PSE: Evento de seguridad de proceso (*Process safety event*)

RBPS: Seguridad de procesos basada en riesgos (*Risk Based Process Safety*)

Seguridad de procesos: conjunto de políticas, procedimientos y prácticas diseñadas para prevenir la materialización de potenciales riesgos catastróficos. (Industrialmindset, 2024). La seguridad de procesos se refiere a la aplicación sistemática de principios de gestión e ingeniería para prevenir accidentes catastróficos relacionados con sustancias peligrosas. Según el Center for Chemical Process Safety (CCPS, 2010), este enfoque implica la identificación de peligros, análisis de riesgos y la implementación de medidas de control.

Scrum: Es un marco de trabajo ágil que permite el desarrollo incremental y adaptable de proyectos complejos. Según Schwaber y Sutherland (2020), Scrum se basa en tres pilares: transparencia, inspección y adaptación. Su aplicación en la creación de un instrumento de control permite una evolución continua y la incorporación de mejoras constantes según la retroalimentación del equipo.

Introducción

Dentro de la industria de los hidrocarburos, es ideal el control e identificación asertiva de los procesos industriales con mayor riesgo aumenta la probabilidad de generar incidentes de seguridad de proceso o accidentes mayores.

Esta generación de incidentes de seguridad de procesos genera millones de dólares en pérdidas, solamente los 100 mayores incidentes de seguridad de procesos del sector de hidrocarburos y petroquímica, contabilizados desde 1974 a 2023, generaron pérdidas por 52.970 millones de dólares, de los cuales 1.819 millones de dólares corresponden 6 incidentes o accidentes mayores generados por compañías de distribución de hidrocarburos (Marsh, 2024, p 31).

En Colombia se tiene como uno de los mayores incidentes de seguridad de procesos como lo fue la explosión del poliducto ocurrida en Dosquebradas, Risaralda, de la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol). (El Pílon, 2011). El cual ocurrió el 23 de diciembre de 2011 y dejó alrededor de 400 personas damnificadas, 80 heridas y 33 muertas. (Revista Semana, 2012).

Pero aún luego de transcurrir más de trece años de esa tragedia, se siguen presentando incidentes como el más reciente, ocurrido el 12 de septiembre de 2024, es la conflagración que se desató a causa de una explosión accidental de uno de los tanques de almacenamiento de crudo que opera OCENSA en el CPF de Cusiana. (El nuevo Oriente, 2024).

Según los informes de gestión de desde 2021 a 2023 de las principales transportadoras de hidrocarburos de Colombia como lo son CENIT y OCENSA, se muestra presencia de incidentes año a año.

El formular un instrumento de control interno para la seguridad de procesos puede disminuir la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos o accidentes mayores al transporte de hidrocarburos por ductos en Colombia, con una aproximación mayor, lo cual impacta en las

consecuencias de personas, económicas, ambientales, reputacionales y legales de las organizaciones como CENIT, OCENSA, ODL por colocar algunos de los principales actores del transporte de hidrocarburos por ductos en Colombia.

1. Propuesta de Formulación de la Inspección, al Sistema de Gestión de Seguridad de Procesos, para Compañías Asociadas al Transporte de Hidrocarburos por Ductos, Basado en la CCPS y SCRUM.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Problemática

La generación de incidentes de seguridad de procesos genera millones de dólares en pérdidas, solamente los 100 mayores incidentes de seguridad de procesos del sector de hidrocarburos y petroquímica, contabilizados desde 1974 a 2023, generaron pérdidas por 52.970 millones de dólares, de los cuales 1.819 millones de dólares corresponden 6 incidentes o accidentes mayores generados por compañías de distribución de hidrocarburos (Marsh, 2024, p 31).

En 2002, en Raudhatain, Kuwait, ocurrió una explosión y un incendio consumieron el centro de recolección de petróleo, estación de refuerzo de gas y subestación eléctrica. Provocado por una fuga de un oleoducto enterrado en la estación de recolección, La explosión se propagó a una subestación eléctrica, provocando un incendio feroz. La rápida explosión y el incendio resultante. Dañó significativamente el centro de reunión y los alrededores. estación de refuerzo de gas. Diecinueve personas sufrieron heridas, en su mayoría caracterizadas como quemaduras de primer y segundo grado. Cuatro personas perdieron la vida. El fuego fue extinguido dos días después del incidente, las pérdidas totales fueron de 304 millones de dólares ajustados a 2023. (Marsh, 2024, p 79).

En 2005, en Hemel Hempstead, Hertfordshire, Reino Unido. Se estaba llenando un tanque de almacenamiento de gasolina desde una tubería en la terminal de combustible. Los sistemas y barreras de seguridad diseñados para evitar que el llenado excesivo fallaron, lo que provocó un derrame de gasolina de las ventilaciones en el techo del tanque. Esto liberó una sustancia pesada e

inflamable nube de vapor que se encendió. Esta explosión inicial desencadenó una serie de explosiones e incendios posteriores en toda la terminal. Los bomberos trabajaron durante varios días para extinguir por completo las llamas. Más de 40 personas resultaron heridas, daños sustanciales a las propiedades circundantes y a las empresas obligaron a unas 2.000 personas a verse desplazadas, las pérdidas totales fueron de 283 millones de dólares ajustados a 2023 (Marsh, 2024, p 79).

En los últimos años, varios accidentes graves han afectado a empresas responsables del transporte de hidrocarburos mediante oleoductos, generando cierres temporales, reestructuraciones y sanciones importantes. Uno de los casos más destacados fue el derrame de crudo en el oleoducto Line 6B de Enbridge en Michigan (2010), donde más de 3 millones de litros de crudo fueron liberados, obligando al cierre parcial y posterior reemplazo de la infraestructura (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2017). Asimismo, Colonial Pipeline sufrió un derrame en Alabama en 2016 y un ciberataque en 2021 que paralizó temporalmente sus operaciones, derivando en cierres y sanciones económicas (Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration [PHMSA], 2019; Cybersecurity and Infrastructure Security Agency [CISA], 2021). En Brasil, Petrobras enfrentó un derrame de 1.3 millones de litros de crudo en Río de Janeiro en el año 2000, lo que llevó al cierre y reacondicionamiento de secciones del oleoducto (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis [ANP], 2001). Por otro lado, Kinder Morgan, operadora original del oleoducto Trans Mountain en Canadá, sufrió varios incidentes menores entre 2005 y 2018, lo que, junto con presiones ambientales, resultó en la venta del proyecto al gobierno canadiense y la modernización de la infraestructura (Government of Canada, 2019). Finalmente, Pemex enfrentó la explosión del oleoducto en Tlahuelilpan, México, en 2019,

debido a una toma clandestina, ocasionando la muerte de más de 130 personas y obligando al cierre y reforzamiento de la vigilancia en sus ductos (Comisión Reguladora de Energía [CRE], 2020).

Uno de los mayores incidentes de seguridad de procesos en Colombia es la explosión del poliducto ocurrida en Dosquebradas, Risaralda, fue producto de un movimiento de tierra ocasionada por la lluvia, así lo aseguró la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol). (El Pílon, 2011). El 23 de diciembre de 2011 a las 4:30 de la madrugada, tres explosiones anunciaron el inicio de una tragedia que dejó alrededor de 400 personas damnificadas, 80 heridas y 33 muertas. (Revista Semana, 2012). “La rotura de la tubería fue generada por un movimiento de tierra (reptamiento) que produjo una excesiva tensión sobre la tubería, la cual generó una tracción que superó el límite de 42.000 PSI para las cuales está diseñado el tubo”. (El Pílon, 2011). “La procuradora judicial de Pereira, se adelantó una conciliación entre Ecopetrol y 138 Familias, por 18 acuerdos, aproximadamente por un valor de 6.400 millones de pesos para reparar el daño de las familias”. (El Espectador, 2012).

El tener instrumentos de control en seguridad de procesos habría podido disminuir la posibilidad de ocurrencia, de uno de los más recientes incidentes de seguridad de procesos en Colombia, ocurrido el 12 de septiembre de 2024, es la conflagración que se desató a causa de una explosión accidental de uno de los tanques de almacenamiento de crudo que opera OCENSA en el CPF de Cusiana, reportaron unidades de emergencia que atendieron la situación que se produjo pasado el mediodía. El hecho obligó al desalojo de la mayoría del personal de esta infraestructura petrolera ubicada a pocos kilómetros de Tauramena y desde donde se despacha la producción de gas y crudo de varios pozos petroleros en yacimientos de hidrocarburos de Cusiana y Cupiagua. La emergencia que por fortuna no dejó muertos ni lesionados, se generó durante una maniobra de limpieza del tanque al cual se le retiraban residuos de petróleo (borra) por lo que la estructura que

tiene capacidad para albergar hasta 100 mil barriles de petróleo crudo estaba desocupada. La explosión se atribuyó una acumulación de gases internos durante las tareas de mantenimiento y generaron gran impacto ambiental por volúmenes de denso humo y material particulado que se emitió a la atmósfera. Aunque de manera preventiva se dispuso de evacuación del personal interno del CPF, fuentes de ECOPETROL que opera esta infraestructura, reportaron que la misma no estuvo en riesgo inminente ni se produjo suspensión total de operaciones. (El nuevo Oriente, 2024).

1.1.2. Problema

La baja en el asertividad de control e identificación de los riesgos en procesos industriales con mayor impacto aumenta la probabilidad de generar incidentes de seguridad de proceso o accidentes mayores, que sobrepasen las fatalidades de 1 x 10000 personas, de una organización, que generaría un incumplimiento con la resolución 0559 de 2022 de la república de Colombia, dentro de las organizaciones de transporte de hidrocarburos.

La deficiencia en la identificación oportuna de peligros, que nos puedan ocasionar daños ambientales permanentes que puede impactar a las comunidades vecinas, las fuentes de agua, la fauna y la flora, que puede ocasionar la perdida de las licencias ambientales y multas.

La industria de los hidrocarburos ha enfrentado numerosos desastres debido a la falta de control operativo y de mantenimiento. Un caso emblemático es la explosión de la refinería de BP en Texas City en 2005, que causó 15 muertos y más de 200 heridos debido a fallos en los sistemas de control y supervisión de seguridad (Innova Ambiental, s.f.). De manera similar, el desastre de la plataforma Deepwater Horizon en el Golfo de México en 2010 expuso deficiencias graves en los procedimientos de inspección y mantenimiento de los equipos críticos, provocando uno de los peores derrames de petróleo de la historia (Inspenet, 2023). Asimismo, los derrames de petróleo

reportados en 2024 en Venezuela, atribuidos a fallos de mantenimiento y corrupción dentro de PDVSA, evidencian cómo la ausencia de controles eficaces puede tener consecuencias ambientales devastadoras (El País, 2024a). En España, la explosión de la refinería de Repsol en Puertollano en 2003 también mostró la falta de implementación de planes de riesgos adecuados, resultando en la muerte de nueve trabajadores (El País, 2004).

El identificar adecuadamente la falla en la confiabilidad e integridad de la infraestructura, no solamente reduce los paros de bombeo y actividades correctivas que impactan la continuidad de negocio y rentabilidad de las compañías de transporte de hidrocarburos, si no que disminuye las zonas grises de la gestión de los procesos industriales, en las cuales están ocultos los futuros incidentes que pueden llevar a la compañía a pérdida económica por pago de reparaciones de maquinaria, limpieza de derrames, multas e indemnizaciones.

1.2. Justificación

El formular un instrumento de control interno para la seguridad de procesos disminuirá debido a la detección temprana de falencias que provocan la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos o accidentes mayores al transporte de hidrocarburos por ductos en Colombia, , lo cual impacta en las consecuencias de personas, económicas, ambientales y legales de la organización, debido a la identificación de actividades y procesos que no cumplan con los estándares o lineamientos definidos nacional e internacionalmente.

Los instrumentos de control se han convertido en las principales herramientas de evaluación de cumplimiento, de condiciones, de comportamiento entre otros, cuyo principal objetivo es el de evaluar que se estén cumpliendo con prácticas seguras en la ejecución de las

tareas, para reducir en gran medida el riesgo (probabilidad) de materialización de eventos adversos como accidentes. (HSETools, 2023)

El lograr la aplicación de las herramientas de evaluación utilizadas en diferentes ámbitos, para atender los retos de la seguridad de procesos la cual, en la industria colombiana se empezó con la implementación de la seguridad de procesos con el decreto 1347 del 2021 del Ministerio del Trabajo de Colombia (Decreto 1347, 2021, p 1),

La seguridad de procesos en Colombia deberá cumplir mínimo con los contenidos de los 16 elementos del Decreto 1347 de 2021 del ministerio del trabajo, con lo cual con la utilización de los 20 elementos de la CCPS se abordan con creces los requerimientos mínimos, esto genera que se tenga una gestión clase mundial, minimizando aún más la posibilidad de incidentes si evalúan continuamente con auditorias y con la gestión de cierre de brechas encontradas con inspecciones.

Sistema de gestión de la seguridad para la prevención de accidentes mayores. El responsable de la instalación clasificada deberá implementar el Sistema de Gestión de Seguridad para la Prevención de Accidentes Mayores y articularlo con el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). El sistema de gestión de la seguridad para la prevención de accidentes mayores debe contar como mínimo con los siguientes elementos: Política de prevención de accidentes mayores, información de seguridad, identificación de peligros, análisis y evaluación de riesgos, participación de los trabajadores, procedimientos de operación, entrenamiento, evaluación de contratistas, revisión de seguridad pre-arranque, integridad mecánica, permisos de trabajo, gestión del cambio, preparación y respuesta ante emergencias, investigación de incidentes y accidentes mayores, indicadores de desempeño, auditorías de cumplimiento, revisión por la dirección.

Esta gestión de inspección de un sistema de gestión de seguridad de procesos, aplicable al transporte de hidrocarburos por ductos en Colombia, contribuye a facilitar la verificación del sistema de gestión de seguridad de procesos en el sector en cuestión y en consecuencia, se puede convertir en un referente efectivo para lograr la mejora continua de la gestión organizacional y el fortalecimiento de la organización en la gestión preventiva de los accidentes mayores.

La resolución 0559 de 2022 adopta los valores nacionales de riesgo máximo individual accidental para instalaciones fijas y en especial las instalaciones fijas clasificadas de acuerdo al Decreto 1347 de 2021 Programa de Prevención de Accidente Mayor (PPAM), el cual enumera el listado de sustancias peligrosas asociadas accidentes mayores. (Decreto 1347, 2021, p 17),

El Artículo 5 de la resolución 0559 de 2022 describe el Análisis y evaluación de riesgos accidentales establece como parte de los lineamientos y guías para el desarrollo del Sistema de Gestión de Seguridad para la Prevención de Accidentes Mayores, de manera tal, que se permita la sistematicidad, exhaustividad, auditabilidad, repetitividad y comparabilidad de los resultados.

Adicional el Artículo 6 de la misma resolución indica la transitoriedad en las instalaciones fijas clasificadas existentes que no cumplan con el valor de riesgo máximo individual accidental del uno por diez a la menos cuatro (1×10^{-4}) fatalidades/año, tendrán un plazo de cinco (5) años a partir de la definición del marco de referencia para la preparación y presentación de los análisis y evaluaciones del riesgo para alcanzarlo. (UNGRD, 2022)

Figura 1. Listado de sustancias peligrosas asociadas a accidentes mayores aplicables a empresas de transporte de hidrocarburos.

PELIGROS	Cantidades Umbral
	(toneladas)
PELIGROS PARA LA SALUD	
TOXICIDAD AGUDA – Categoría 1, todas las vías de exposición	20
TOXICIDAD AGUDA Categoría 2, todas las vías de exposición Categoría 3, vía de exposición por inhalación	200
TOXICIDAD ESPECÍFICA EN DETERMINADOS ÓRGANOS DIANA – EXPOSICIÓN ÚNICA Categoría 1	200
PELIGROS FÍSICOS	
EXPLOSIVOS Explosivos de las divisiones 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6 Sustancias o mezclas que tengan propiedades explosivas de acuerdo con el SGA y no pertenezcan a las clases de peligro «peróxidos orgánicos» o «sustancias o mezclas que reaccionan espontáneamente»	50
EXPLOSIVOS Explosivos de la división 1.4	200
GASES INFLAMABLES Gases inflamables de las categorías 1 o 2	50
AEROSOL INFLAMABLES Aerosoles «inflamables o extremadamente inflamables» de las categorías 1 o 2, que contengan gases inflamables de las categorías 1 o 2 o líquidos inflamables de la categoría 1	500 (neto)
AEROSOL INFLAMABLES Aerosoles «inflamables o extremadamente inflamables» de las categorías 1 o 2, que no contengan gases inflamables de las categorías 1 o 2 o líquidos inflamables de la categoría 1	50 000 (neto)
GASES COMBURENTES Gases comburentes de la categoría 1	200
LÍQUIDOS INFLAMABLES --- Líquidos inflamables de la categoría 1, o --- Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición u Otros líquidos con un punto de inflamación ≤ 60 °C, mantenidos a una temperatura superior a su punto de ebullición	50
LÍQUIDOS INFLAMABLES ---Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 cuando las condiciones particulares de proceso, por ejemplo, presión o temperatura elevadas, puedan crear peligros de accidentes mayores u Otros líquidos con un punto de inflamación ≤ 60 °C cuando las condiciones particulares de proceso, por ejemplo presión o temperatura elevadas, puedan crear peligros de accidentes mayores	200
LÍQUIDOS INFLAMABLES Líquidos inflamables de las categorías 2 o 3 no comprendidos en las categorías anteriores.	50 000
SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUE REACCIONAN ESPONTÁNEAMENTE Y PERÓXIDOS ORGÁNICOS Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente de los tipos A o B o peróxidos orgánicos de los tipos A o B	50

Nota: muestra el listado de sustancias peligrosas asociadas a accidentes mayores según anexo 3 del decreto del ministerio del trabajo 1072 de 2015. (Decreto 1347, 2021, p 17).

1.2. Pregunta de Investigación

¿Un instrumento de control podrá identificar factores que contribuyan a la generación de incidentes de seguridad de procesos, disminuyendo la posibilidad que se presenten incidentes de seguridad de procesos en compañías asociadas al transporte de hidrocarburos?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Propuesta de un instrumento de control, para una inspección al sistema de gestión de seguridad de procesos, a compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos basado en la CCPS y SCRUM.

1.3.2. Objetivos específicos

Ponderar los elementos aplicables de la CCPS para la seguridad de proceso, de las compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos, con históricos de incidentes de seguridad de proceso.

Formular un instrumento de control, de inspección de seguridad de procesos basado en los estándares de la CCPS, en compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos basado en SCRUM.

Evaluar el instrumento de control, con juicio de experto, para la aplicabilidad del instrumento de control en una compañía asociada al transporte de hidrocarburos por ductos.

2. Marco referencial

2.1 Marco Teórico

Una inspección implica una evaluación metódica, generalmente en equipo, del estado de implementación de uno o más elementos del sistema de gestión de seguridad de procesos con respecto a los requisitos establecidos, normalmente guiados por un protocolo escrito. Los datos se recopilan mediante la revisión de la documentación del programa y los registros de implementación, la observación directa de las condiciones y actividades, y entrevistas con

personas responsables de la implementación o supervisión de los elementos o que podrían verse afectadas por el sistema de gestión del sistema de gestión de seguridad de procesos. Los datos se analizan para evaluar el cumplimiento de los requisitos, y las conclusiones y recomendaciones se documentan en un informe escrito.

Las inspecciones pueden ser realizadas por un equipo de personal cualificado seleccionado de diversas fuentes, según el alcance, las necesidades y otros aspectos de la situación específica. Los miembros del equipo pueden seleccionarse entre el personal de la instalación auditada, de otras instalaciones de la empresa (por ejemplo, de otras instalaciones operativas o de funciones corporativas) o de una consultora externa. Como ingeniero novato, es poco probable que lleve a cabo una auditoría, pero podría participar en entrevistas y ser responsable de proporcionar información y documentación a un inspector. (Center for chemical process safety, 2016, pp 47-48)

Las preguntas incluidas en el protocolo de inspección del sistema de gestión de seguridad de procesos se han preparado como una herramienta maestra de auditoría que puede utilizarse para determinar si una organización cumple con los requisitos de la Norma del sistema de gestión de seguridad de procesos. Si bien muchas de las preguntas de inspección implican respuestas de sí o no, requieren conocimientos técnicos para su verificación. Además, algunas de las preguntas son de naturaleza más cualitativa. Por lo tanto, una inspección de cumplimiento de la norma debe ser realizada por una persona o equipo con conocimiento de los principios y prácticas de seguridad de procesos. Canadian Society for Chemical Engineering 2013, p 3)

Las auditorías pueden desempeñar un papel como indicador del rendimiento del sistema. En consecuencia, las auditorías deben ser capaces de identificar y comunicar eficazmente los problemas precursores para su resolución dentro de las organizaciones y/o amplificar las señales débiles; en última instancia, creando una "previsión de seguridad". La identificación e

interpretación de las señales "raramente llegan pre empacadas de forma clara e inequívoca", sino que deben "elaborarse y construirse activamente, relacionando la información sobre el rendimiento organizacional con las preocupaciones preexistentes".

Los desastres son eventos esencialmente organizados que requieren un largo período de incubación de brechas discrepantes en los patrones organizacionales, sociales y psicológicos, así como una negligencia prolongada o la desestimación de los posibles signos de peligro. Estos dos elementos permiten que los precursores de accidentes se acumulen sin ser detectados. Teóricamente, la inspección puede ayudar a las organizaciones a detectar precursores de accidentes, pero la inspección también puede proporcionar una falsa garantía de seguridad, aliviando inadvertidamente las preocupaciones subjetivas por problemas en los que aliviar la preocupación no estaba objetivamente justificado. Si bien ostensiblemente las inspecciones de seguridad pueden sensibilizar, o desensibilizar, a las organizaciones a las señales de peligro. (Hutchinson, Dekker, & Rae, 2023, p 442).

Las principales transportadoras de hidrocarburos líderes del sector midstream de Colombia como lo son CENIT, OCENSA, ODL, entre los cuales podemos ver la cantidad incidentes de seguridad de procesos o accidentes mayores de CENIT en los años: 2020, 2021, 2022 y 2023:

Tabla 1. *Incidentes de seguridad de procesos CENIT*

Cantidad Incidentes de seguridad de procesos o accidentes mayores	2020	2021	2022	2023.
<i>Nivel 1</i>	2	1	1	2
<i>Nivel 2</i>	5	2	3	3
<i>Nivel 3</i>	826	667	732	9

Nota: muestra la cantidad de incidentes en CENIT durante los últimos cuatro años. Tomado del Informe integrado de gestión sostenible 2023, (CENIT, 2023, p 186).

A corto plazo Cenit busca consolidar la implementación de gestión de Seguridad de Procesos dentro del marco del decreto 1347 del 2021, Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, para adoptar el Programa de Prevención de Accidentes Mayores – PPAM y a largo plazo ser referente en el segmento y Latinoamérica. (CENIT, 2023).

En Ocesa, la prevención es el eje fundamental de nuestras actividades. Durante el 2023, implementamos nuestro Modelo de Seguridad de Procesos Industriales, centrado en garantizar la máxima seguridad tanto en las operaciones como en el mantenimiento. Este modelo abarca el monitoreo constante de riesgos operativos y estrategias de operación y mantenimiento, bajo una perspectiva preventiva que evalúa no solo peligros e infraestructuras, sino también el desempeño de personas, facilidades y procesos, bajo los más altos estándares de calidad y seguridad. (OCENSA, 2023, p 108).

Figura 2. *Incidentes de seguridad de procesos OCENSA*

Indicador	Unidad	2021	2022	2023
Incidentes de seguridad de los procesos Nivel 1	#	0	0	0
Incidentes de seguridad de procesos Nivel 2	#	2	0	1
Incidentes notificables	#	2	0	1

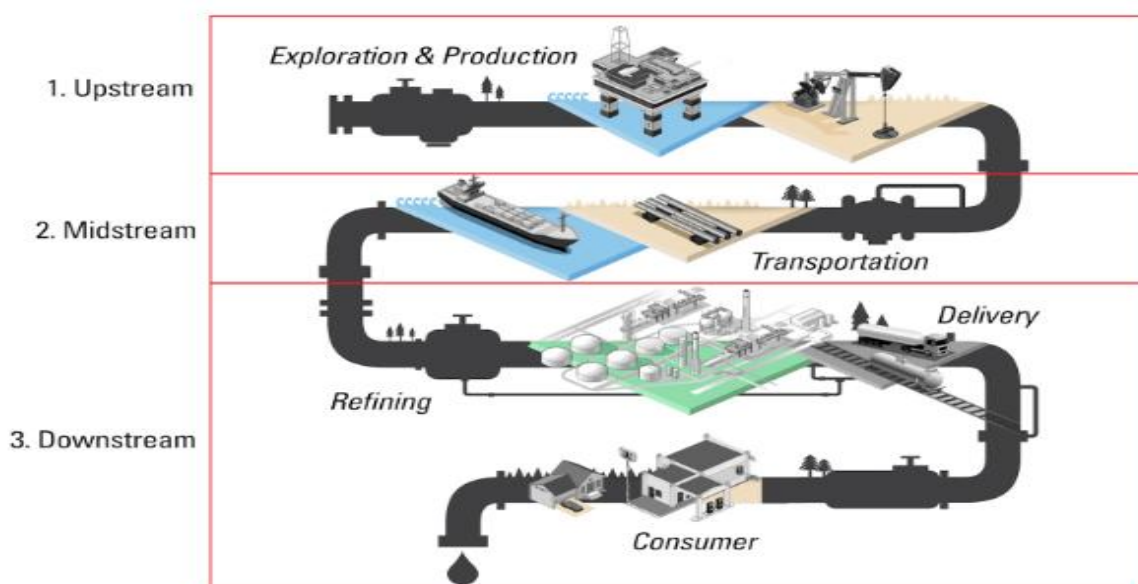
Nota: muestra la cantidad de incidentes en OCENSA durante los últimos cuatro años. Tomado del Informe integrado de gestión sostenible 2023 (OCENSA, 2023, p 110).

2.2 Marco Conceptual

Los tres sectores principales de la industria del petróleo y el gas son *Upstream*, *Midstream* y *Downstream*. (Kimray, 2024), el sector *Upstream*: las empresas que se dedican a la exploración y producción de petróleo crudo y gas natural encuentran y producen este producto. El *upstream* se conoce a veces como sector de exploración y producción, o E&P. Hoy en día, existen varias formas en que las empresas de E&P extraen artificialmente los recursos a la superficie. (Kimray, 2024).

Midstream: las empresas de *midstream* son el vínculo vital entre las áreas de producción de petróleo más alejadas y los centros de población donde se encuentran la mayoría de los consumidores. La industria de *midstream* procesa, almacena, comercializa y transporta materias primas como petróleo crudo, gas natural y líquidos de gas natural. (Kimray, 2024). *Downstream*: la industria *downstream* incluye refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, productos derivados del petróleo, puntos de venta minorista y empresas de distribución de gas natural. (Kimray, 2024).

Figura 3. Sectores de la industria del petróleo y gas



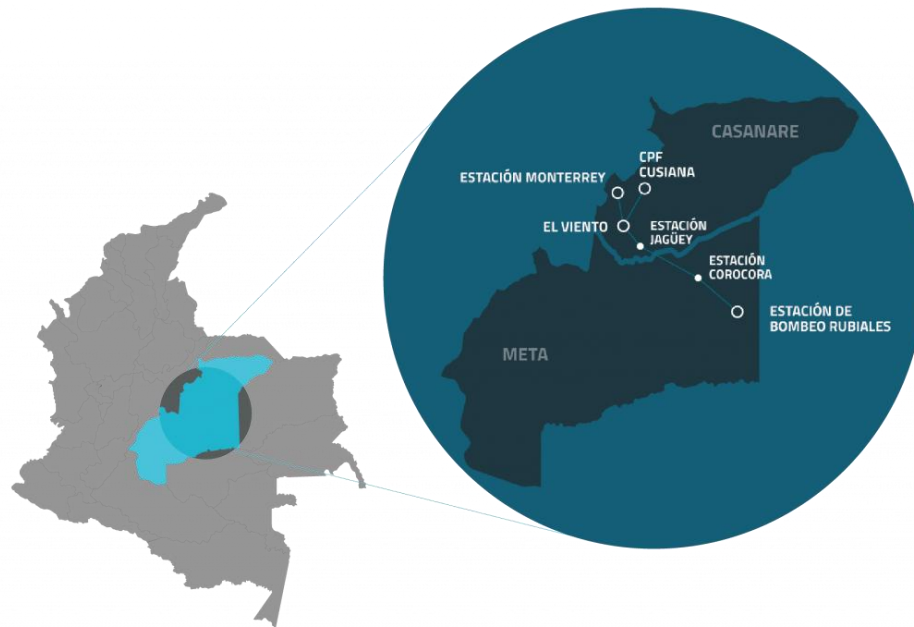
Nota: muestra los sectores que agrupan las distintas compañías de la industria del petróleo y gas. Tomado de (Kimray, 2024).

Cenit es la compañía filial de Grupo Ecopetrol, dedicada al transporte y la logística de hidrocarburos, que lidera el segmento *Midstream* en la cadena del petróleo de Colombia. Es la segunda empresa más grande por activos y se encuentra entre las 10 compañías más grandes por ingresos operacionales y utilidades del país. Cuenta con cerca de 9.000 kilómetros de oleoductos y poliductos por los que se transporta la mayoría del crudo y los refinados de Colombia. Tiene cuatro puertos, 51 estaciones y 7 cargaderos y descargaderos. (CENIT, 2024).

Figura 4. Las troncales y las 54 estaciones de transporte de hidrocarburos de CENIT

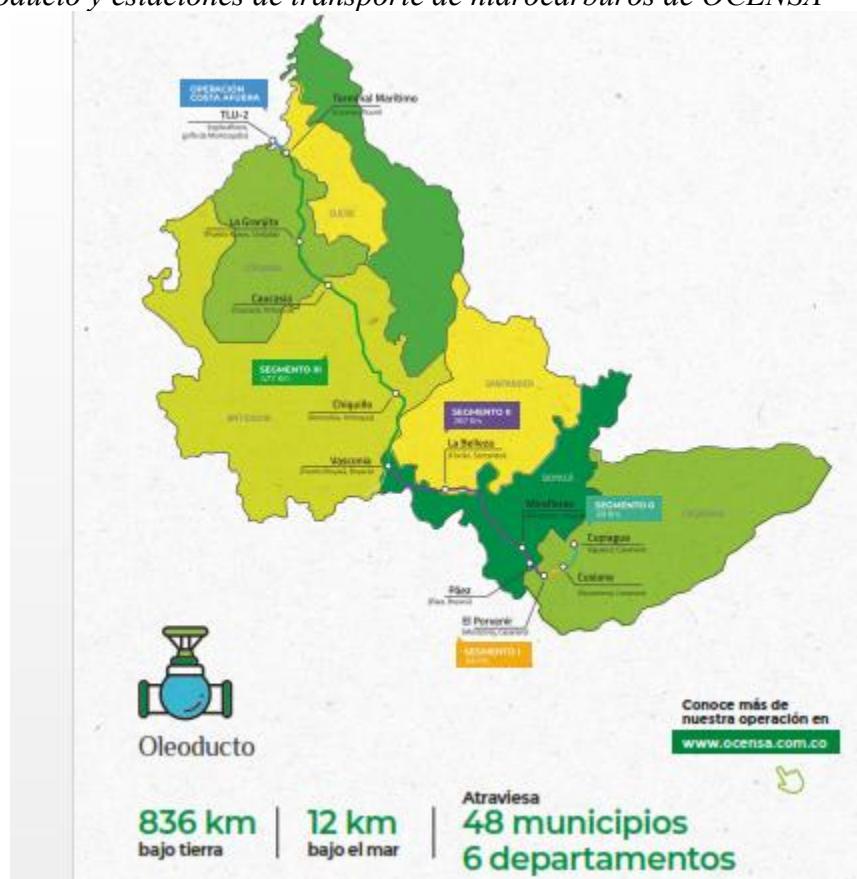
Nota: muestra las rutas de los oleoductos y poliductos de CENIT. Tomado de (CENIT, 2024).

El sistema ODL, que entró en operación en 2009, cuenta con un oleoducto principal de 235 kilómetros cuyo punto de partida es la Estación Rubiales (Puerto Gaitán, Meta) y se extiende hasta la Estación Monterrey, ubicada en Casanare. Esta última operada por Cenit. Adicionalmente, tiene 25 kilómetros correspondientes a la desviación que va desde El Viento hasta Cusiana, en Casanare, para un total de 260 kilómetros de extensión. Su capacidad efectiva de transporte es de 250.000 barriles de petróleo diarios, con una viscosidad de 1.350 Cstk.

Figura 5. *Las troncales y estaciones de transporte de hidrocarburos de ODL*

Nota: muestra las rutas de los oleoductos y poliductos de CENIT. Tomado de (ODL, 2024).

El sistema OCENSA cuenta con once estaciones –incluyendo nueve estaciones de bombeo, una estación reductora de presión y un terminal marítimo de exportación–, tanques para almacenar hasta cinco millones de barriles y una base para la coordinación de las actividades de mantenimiento. (OCENSA, 2023, p 8).

Figura 6. Oleoducto y estaciones de transporte de hidrocarburos de OCENSA

Nota: muestra las rutas de los oleoductos y poliductos de CENIT. Tomado de un documento público de OCENSA (OCENSA, 2023, p 8).

Los incidentes de seguridad de procesos se clasifican de la siguiente manera según la práctica recomendada API 754:

Un Evento de Seguridad de Procesos Nivel 1 (T-1 PSE) es una pérdida de contención primaria (LOPC) con la mayor consecuencia según lo definido en esta Práctica Recomendada. Un PSE T-1 es una liberación no planeada o no controlada de cualquier material, incluyendo materiales no tóxicos y no inflamables (Ejemplo vapor, condensado caliente, nitrógeno, CO2 comprimido o aire comprimido).

Un Evento de Seguridad de Nivel 2 (T-2 PSE) es una LOPC con consecuencia menor. Un PSE de Nivel 2 es una liberación no planeada o no controlada de cualquier material, incluyendo sustancias no tóxicas y no inflamables.

Un Evento de Seguridad de Nivel 3 es una desviación del parámetro que exceda el límite seguro de operación (SOL) aplicable a la fase de operación. Superar el SOL representa el punto más allá del cual finaliza el análisis de problemas y ocurre una acción predeterminada para que el proceso regrese a un estado seguro conocido. La acción predeterminada puede variar desde procedimientos operacionales ejecutados manualmente hasta un sistema instrumentado de seguridad totalmente automático.

2.3. Marco legal

Dentro del decreto 1347 del 2021 del Ministerio del Trabajo de Colombia (Función Pública, 2021), en el ARTÍCULO 2.2.4.12.1. tiene por objeto adoptar el Programa de Prevención de Accidentes Mayores (todo acontecimiento repentino, como una emisión, un incendio o una explosión de gran magnitud (OIT, 1993)) - PPAM, para contribuir a incrementar los niveles de seguridad de las instalaciones clasificadas, con el fin de proteger los trabajadores, la población, el ambiente y la infraestructura, mediante la gestión del riesgo. (Decreto 1347, 2021, p 3).

El Decreto 1347 del 2021 del Ministerio del Trabajo de Colombia aplica para la industria del transporte de hidrocarburos, que moviliza fluidos peligrosos que pueden presentar una alta consecuencia de daño, en caso de presentarse un accidente mayor, cuyo término es utilizado bajo la legislación colombiana, o incidente de seguridad de procesos el cual es un término utilizado en la normativa y asociaciones internacionales, el cual define un incidente de seguridad de procesos como la materialización de una pérdida de contención primaria no planificada o controlada, originando una emisión súbita en un determinado proceso y ubicación. Puede tener efectos catastróficos y resultar en múltiples heridos y fatalidades, daños económicos, al medio ambiente y

a la propiedad (ARL SURA, 2020), por la presencia de gases y líquidos con alto grado de ignición o toxicidad.

A nivel mundial existen varias metodologías de gestión de seguridad de procesos como son la CCPS y OSHA 29 CFR 1910.119; la CCPS la ofrece más de 100 títulos de libros hasta la fecha que brindan las últimas pautas para todos aquellos que producen, almacenan y manipulan materiales inflamables, explosivos y reactivos. (Aiche, 2024).

La CCPS (*Center for Chemical Process Safety*) es la primera organización a nivel mundial que generó una estructura de sistema de gestión de seguridad de procesos, la CCPS es una organización corporativa sin fines de lucro dentro de AIChE (*American Institute of Chemical Engineers*), con más de 200 miembros corporativos, entre los que se encuentran las compañías petroleras más grandes del mundo como Saudi Aramco, Repsol, Petrobras, Exxon Mobil, Chevron, BP, Shell y las colombianas Ecopetrol, Hocol y Ocesa. Esta organización identifica y aborda las necesidades de seguridad de procesos en las industrias química, farmacéutica y petrolera (AICHE, 2024) desde 1985, para evitar catástrofes como el desastre de Bhopal 1984 (BEACON, 2009), la explosión de *Deepwater Horizon* 2010 (Velasco, 2010), la explosión Oppau 1921 (FME, 2008), la explosión refinería Texas City 2005 (ICHEME, 2020), la explosión Refinería Tarragona 2020, (RTVE, 2020), la explosión Alfaques 1978 (GUIAR, 2024).

En una industria química brasileña, para evitar incidentes, se implementó un programa de seguridad basado en listas de chequeo para controlar accidentes laborales. La aplicación de estas listas permitió identificar y mitigar riesgos, reduciendo significativamente la tasa de incidentes en la planta. (Nogueira. F, 2015)

2.4. Marco Ambiental

Dentro de los incidentes Ambientales asociados con pérdida de contención en el sector Midstream, se encuentran la explosión del oleoducto en Qingdao, China, en 2013, provocó un derrame de aproximadamente 3,000 toneladas de petróleo en la bahía, generando una grave contaminación en el agua marina y afectando especies acuáticas y ecosistemas costeros. Además, la combustión del crudo liberó contaminantes atmosféricos tóxicos como benceno y dióxido de azufre, lo que agravó el impacto ambiental. En términos humanos, la explosión dejó un saldo de 62 fallecidos y más de 136 heridos, así como pérdidas económicas en la industria pesquera y turística local. La zona afectada requirió extensos procesos de descontaminación para mitigar los daños ecológicos y estructurales (Zhao, Wang, & Liu, 2014).

El derrame del oleoducto Keystone Pipeline en Dakota del Sur, EE.UU., tuvo dos eventos significativos en 2017 y 2019, con fugas de 9,700 barriles y 4,515 barriles de crudo, respectivamente. Estos derrames generaron una grave contaminación en acuíferos subterráneos y afectaron ecosistemas agrícolas y de humedales, causando una persistente degradación del suelo. En el aspecto humano, se identificaron riesgos por exposición a hidrocarburos volátiles, además del impacto económico en agricultores y ganaderos debido a la contaminación del suelo. Asimismo, las tareas de limpieza representaron costos elevados para las autoridades ambientales y operadores del oleoducto (U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration [PHMSA], 2020).

En Colombia, el derrame en el Oleoducto Transandino (OTA) en 2015 liberó aproximadamente 410,000 galones de crudo, contaminando la quebrada Pianulpí y el río Mira, lo que afectó gravemente los ecosistemas acuáticos y los manglares de la región. La contaminación de suelos agrícolas redujo significativamente la capacidad productiva local y generó pérdidas en

la pesca artesanal. En términos humanos, 160,000 personas se vieron afectadas por la contaminación del agua potable, lo que derivó en conflictos sociales y problemas de abastecimiento. La recuperación ambiental de la zona requirió medidas urgentes de mitigación para evitar daños permanentes en la biodiversidad y en la economía de las comunidades afectadas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], 2015).

Figura 7. Derrames de hidrocarburo CENIT

Cantidades derrames significativos	2020	2021	2022	2023
Número de derrames	13	10	296	381
Volumen de derrames (bbls)	43,13	0,36	4.815,5	16.379,94
Volumen de hidrocarburos derramados removidos del medio ambiente (bbls)	1,83	0,17	4.815,5	12.000

Nota: muestra la cantidad de derrames de hidrocarburo en CENIT durante los últimos cuatro años. Tomado del Informe integrado de gestión sostenible 2023, (CENIT, 2023, p 191).

Figura 8. Litigios relacionados con derrames CENIT

Litigios significativos con comunidades locales y pueblos indígenas	Accionante	Hechos	Pretensión
Litigio 1	Resguardos AWA y otros	Falta de consulta previa con las comunidades AWA y habitantes de la zona para la construcción del oleoducto Trasandino (OTA).	Reconocimiento de perjuicios por aproximadamente \$465.757.947.600
		Afectaciones por derrames, producto de atentados e instalación de válvulas ilícitas.	Suspensión de la operación del OTA, su licencia y desmantelamiento.
Litigio 2	Yorleys Salas y otros (Sistema Coveñas - Cartagena)	Derrame del 16-03-15, en el que presuntamente se vio contaminado el complejo cenagoso Juan Gómez (Arjona – Bolívar) fuente de subsistencia de las comunidades negras de la zona.	Reconocimiento de perjuicios por aproximadamente \$79.378.349.200
Litigio 3	Leonardo Benavides (OTA)	Derrame del 22-06-15 producto de atentado terrorista. Se vieron afectados los ecosistemas del Bajo Mira y Frontera, los cuales contribuían para la subsistencia de la comunidad.	Reconocimiento de perjuicios por aproximadamente \$516.262.711.295
Litigio 4	Alcones del Mar (OTA) y otros	Reconocimiento perjuicios por derrames ocasionados por atentados terroristas y que han afectado a los pescadores de la zona (2016)	Reconocimiento de perjuicios por aproximadamente \$120.000.000.000

Nota: Muestra los litigios relacionados con derrames de hidrocarburo en CENIT hasta el año 2023. Tomado del Informe integrado de gestión sostenible 2023, (CENIT, 2023, p 62).

3. Método

3.1. Herramienta

Scrum permite desarrollar el instrumento de control en pequeñas entregas, mejorando continuamente con cada iteración. Además, se pueden realizar ajustes basados en la retroalimentación temprana de los usuarios o stakeholders (Schwaber & Sutherland, 2020). Esta metodología facilita la adaptación a cambios en los requisitos, asegurando que el instrumento de control se mantenga relevante y útil. Las revisiones constantes permiten incorporar nuevas ideas o enfoques sin grandes costos (Rubin, 2012). Scrum fomenta el trabajo en equipo entre expertos en la materia, desarrolladores y otros interesados. Las reuniones diarias (Daily Scrum) y las revisiones permiten una comunicación fluida y constante (Sutherland, 2014). En cada sprint, se obtiene un incremento utilizable del instrumento de control, lo que permite generar valor desde las primeras fases del proyecto. Esto evita el riesgo de entregar un producto que no cumpla con las expectativas al final del proyecto (Schwaber & Sutherland, 2020). La retrospectiva de cada sprint permite identificar oportunidades de mejora en los procesos, asegurando mayor eficiencia en cada iteración. Esto optimiza la calidad del conocimiento recopilado y documentado (Cohn, 2010).

Scrum facilita la organización del trabajo a través del backlog del producto y del sprint, priorizando las tareas según su importancia y urgencia. De esta manera, se reduce la posibilidad de desperdiciar esfuerzo en actividades de bajo impacto (Rubin, 2012). Al fomentar la auto organización y la responsabilidad compartida, el equipo se mantiene motivado y comprometido con la entrega de un producto de calidad. La visión compartida y la retroalimentación constante refuerzan el sentido de propósito (Sutherland, 2014).

Scrum es una metodología ideal para la creación de un instrumento de control porque facilita la entrega iterativa, la adaptabilidad, la colaboración y la mejora continua, asegurando que

el resultado final sea útil, relevante y de alta calidad. Comparado con otras metodologías, Scrum es más idóneo para desarrollar la creación de un instrumento de control en comparación con PMBOK 6 o PMBOK 7 debido a varias razones clave relacionadas con la naturaleza del conocimiento, la adaptabilidad y la eficiencia en la gestión del proyecto.

El PMBOK 6 se basa en un enfoque más predictivo y estructurado, siguiendo procesos secuenciales en las fases del proyecto (PMI, 2017). Mientras que PMBOK 7 introduce principios más ágiles, sigue manteniendo una estructura basada en dominios de desempeño y gestión formalizada (PMI, 2021). En contraste, Scrum es altamente adaptable, lo que lo hace ideal para proyectos donde el conocimiento evoluciona constantemente y se necesita iterar sobre la información para mejorarla de manera continua (Schwaber & Sutherland, 2020).

PMBOK tiende a enfocarse en la entrega final del proyecto después de un proceso planificado, lo que puede ser problemático si los requisitos cambian a lo largo del tiempo. Scrum, en cambio, permite entregar incrementos de conocimiento en cada sprint, asegurando que el producto evolucione constantemente y pueda ajustarse a nuevas necesidades (Rubin, 2012). Scrum enfatiza la comunicación diaria y la transparencia a través de eventos como el Daily Scrum y la Sprint Review, facilitando la detección temprana de problemas y la retroalimentación constante. PMBOK, en especial en su sexta edición, tiende a estructurar la comunicación en informes y documentos formales, lo que puede generar burocracia y ralentizar el proceso de creación de conocimiento (PMI, 2017).

En PMBOK, la gestión del proyecto suele recaer en un gerente de proyecto, quien es responsable de la planificación y ejecución. En Scrum, el equipo de trabajo es autoorganizado y toma decisiones colaborativamente, lo que fomenta la creatividad y la eficiencia en la generación de conocimiento (Sutherland, 2014). La creación de un instrumento de control implica explorar

nuevas ideas, validar información y adaptarse a cambios constantes. Scrum, con su enfoque iterativo, permite gestionar el cambio de manera ágil y eficaz. PMBOK, especialmente en su sexta edición, sigue una estructura más rígida que dificulta adaptaciones rápidas (PMI, 2017). Aunque PMBOK 7 incorpora más principios ágiles, su enfoque sigue estando orientado a proyectos tradicionales con estructuras más definidas (PMI, 2021).

Scrum enfatiza la entrega de valor en cada sprint, permitiendo que el instrumento de control sea útil incluso antes de su finalización. PMBOK se centra en la gestión de procesos y documentación, lo que puede generar esfuerzos administrativos innecesarios en un proyecto de conocimiento (Schwaber & Sutherland, 2020).

En conclusión, para proyectos de creación de instrumentos de control, donde la información cambia y debe evolucionar constantemente, Scrum es más adecuado que PMBOK 6 o 7. Su flexibilidad, entregas incrementales, empoderamiento del equipo y capacidad de adaptación lo hacen ideal para garantizar que el conocimiento generado sea relevante, actualizado y de alta calidad.

3.1.1 Sprint 1

3.1.1.1 Sprint Planning (Planificación del Sprint 1)

Es el proceso continuo de definir y ajustar la visión, objetivos, prioridades y características del producto que se desarrollará. Este proceso se materializa principalmente a través del Product Backlog, una lista priorizada y dinámica de requerimientos que guían al equipo durante el desarrollo del producto. El Product Owner es el principal responsable de este plan, asegurando que refleje el valor que el producto debe entregar al cliente y adaptándolo según el feedback recibido durante el proyecto (Schwaber & Sutherland, 2020).

A diferencia de métodos tradicionales, el Product Planning en Scrum es iterativo e incremental, permitiendo una planificación flexible que se ajusta en cada Sprint en respuesta a los cambios del mercado, las necesidades del cliente o el aprendizaje del equipo (Rubin, 2012).

3.1.1.1.1 Equipo Scrum (Scrum Team)

Product Owner: Una persona que dentro de sus funciones esta definir los requerimientos como lo son la normativa colombiana, la normativa internacional, la información de incidentes, la estructura, la ponderación por priorización y la evaluación del instrumento de control en seguridad de procesos.

Scrum Master: Una persona que facilita el proceso Scrum, asegurando que el equipo siga las buenas prácticas ágiles.

Equipo de Desarrollo: Una persona responsable de crear, y mejorar el instrumento de control en cada iteración, basado en los requerimientos recibidos del Product Owner, siguiendo los tiempos establecidos por el Scrum Master.

3.1.1.1.2 Product Backlog del Sprint 1

El Product Backlog es una herramienta que determina el conjunto de tareas a realizar para completar el proyecto. Se trata de un documento que pueden editar todos los miembros del equipo, aunque sólo su gestor o propietario -conocido en este contexto como product owner- puede añadir nuevos trabajos o fases.

Tabla 2. *Product Backlog Sprint 1*

Identificador (ID) de Product Backlog ítem (PBI)	Enunciado del Product Backlog ítem (PBI)
1	Ponderación elementos de seguridad de proceso
2	Creación del instrumento de control

3.1.1.1.3 *Sprint Goal del Sprint 1*

Generar la primera versión del instrumento de control.

Estrategias de seguimiento y actualización del Product Backlog: Reuniones diarias entre el Product Owner y el equipo de desarrollo, reportando la ejecución de actividades en el Daily Scrum.

3.1.1.2. *Desarrollo (Ejecución del Sprint) Sprint 1*

3.1.1.2.1. *Daily Scrum Sprint 1*

Es una reunión diaria de corta duración que se realiza dentro del Sprint.

Su objetivo es promover la comunicación y la transparencia dentro del equipo.

Se realizan preguntas como: ¿Qué hice ayer?, ¿Qué voy a hacer hoy? y ¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?

Tabla 3. *Daily Scrum Sprint 1*

Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
1	Definición normativa legal y técnica aplicable		Revisar la normativa legal colombiana e internacional	búsqueda Internacional	Product Owner	Terminado
2	Consecución data año anterior incidentes nivel 1 a nivel mundial	Revisar la normativa legal colombiana e internacional	Revisar base de datos IOGP	Pocas bases de datos de seguridad de procesos	Equipo de desarrollo	Terminado

Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
3	Consecución data instrumentos de control similares	Revisar base de datos IOGP	Revisión páginas web universidades Colombia	Escasos instrumentos de control similares	Equipo de desarrollo	Terminado
4	Comparativa entre elementos de seguridad de procesos CCPS y los elementos de los instrumentos de control similares	Revisión páginas web universidades Colombia	Generación tabla de comparación	Homologación de elementos entre los distintos instrumentos de control	Equipo de desarrollo	Terminado
5	Comparativa entre elementos de seguridad de procesos e incidentes nivel 1 a nivel mundial	Generación tabla de comparación	Clasificaciones incidentes por elemento afectado	Interpretación de cada tipo de incidente hacia un elemento de seguridad de procesos	Equipo de desarrollo	Terminado

Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
6	Comparativa entre elementos de seguridad de procesos según la normativa colombiana y la calificación de incidentes nivel 1 a nivel mundial	Clasificaciones incidentes por elemento afectado	Comparativa entre normativa colombiana y estándares internacionales	Interpretación de cada tipo de incidente hacia un elemento de seguridad de procesos que aplique a la normativa	Equipo de desarrollo	Terminado
7	Adquisición banco de preguntas de los instrumentos de control similares	Comparativa entre normativa colombiana y estándares internacionales	Comparativa entre la CCPS y los incidentes a nivel mundial cumpliendo con la normativa colombiana	Interpretación de cada tipo de incidente hacia un elemento de seguridad de procesos que aplique a la normativa	Equipo de desarrollo	Terminado
8	Generación preguntas instrumento de control	Comparativa entre la CCPS y los incidentes a nivel mundial cumpliendo con la normativa colombiana	Generación preguntas elementos 1 al 5	Redacción hacia un público general	Equipo de desarrollo	Terminado
9	Generación preguntas instrumento de control	Generación preguntas elementos 1 al 5	Generación preguntas elementos 6 al 10	Redacción hacia un público general	Equipo de desarrollo	Terminado

Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
10	Generación preguntas instrumento de control	Generación preguntas elementos 6 al 10	Generación preguntas elementos 11 al 15	Redacción hacia un público general	Equipo de desarrollo	Terminado
11	Generación preguntas instrumento de control	Generación preguntas elementos 11 al 15	Generación preguntas elementos 16 al 20	Redacción hacia un público general	Equipo de desarrollo	Terminado
12	Adquisición sistema calificación instrumento de control	Generación preguntas elementos 16 al 20	revisión páginas web seguridad de procesos internacionales	Limitada información referenciada sobre tipos de calificación	Equipo de desarrollo	Terminado
13	Generación del instrumento de control	revisión páginas web seguridad de procesos internacionales	Formulación en Excel	Estructuración amigable con el inspector	Equipo de desarrollo	Terminado

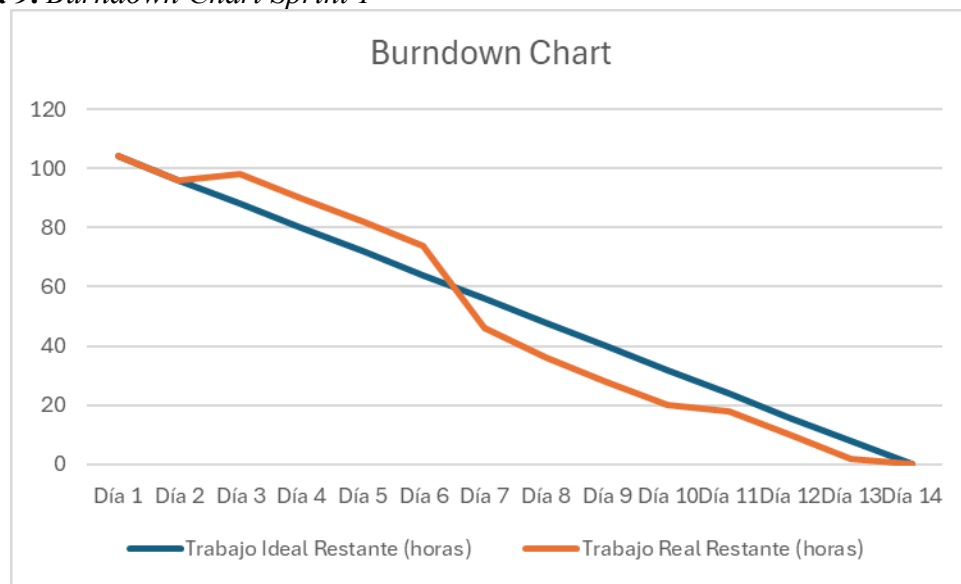
3.1.1.2.2. *Burndown Chart Sprint 1*

Tabla 4. *Burndown Chart Sprint 1*

Día del Sprint	Trabajo Ideal Restante (horas)	Trabajo Real Restante (horas)
Día 1	104	104
Día 2	96	96
Día 3	88	98
Día 4	80	90
Día 5	72	82

Día 6	64	74
Día 7	56	46
Día 8	48	36
Día 9	40	28
Día 10	32	20
Día 11	24	18
Día 12	16	10
Día 13	8	2
Día 14	0	0

Figura 9. *Burndown Chart Sprint 1*



3.1.1.3 Sprint Review Sprint 1

El sprint review no es otra cosa que la revisión de esos sprints o tareas que se han realizado hasta este momento, y corre a cargo del product owner. En este caso, el gestor debe supervisar cada cierto tiempo las fases del proyecto que ya se han completado, algo que en muchas ocasiones suele hacerse con el cliente para encontrar puntos de mejora y nuevas ideas para la continuidad del trabajo.

Tabla 5. Sprint Review Sprint 1

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales
1	Ponderación elementos de seguridad de proceso	Definición normativa legal y técnica aplicable	Product Owner	Terminado	8
		Consecución data año anterior incidentes nivel 1 a nivel mundial	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Consecución data instrumentos de control similares	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Comparativa entre elementos de seguridad de procesos CCPS y los elementos de los instrumentos de control similares	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Comparativa entre elementos de seguridad de procesos e incidentes nivel 1 a nivel mundial	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Comparativa entre elementos de seguridad de procesos según la normativa colombiana y la calificación de incidentes nivel 1 a nivel mundial	Equipo de desarrollo	Terminado	8
2	Creación instrumento de control	Adquisición banco de preguntas de los instrumentos de control similares	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Generación preguntas instrumento de control	Equipo de desarrollo	Terminado	32

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales
		Adquisición sistema calificación instrumento de control	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Generación del instrumento de control	Equipo de desarrollo	Terminado	8

Tabla 6. *Valores totales por ítem de Product Backlog Sprint 1*

ID	Ítem de Product Backlog	Total Horas Estimadas	Estado
1	Ponderación elementos de seguridad de proceso	48	Terminado
2	Creación instrumento de control	56	Terminado
Total, general		104 horas	

3.1.1.4 Sprint Retrospective - Sprint 1

El Sprint Retrospective es una reunión clave en la metodología Scrum, realizada al final de cada Sprint. Su propósito es reflexionar sobre el trabajo del equipo y encontrar oportunidades de mejora para futuros sprints.

Tabla 7. *Sprint Retrospectivo Sprint 1*

Tarea	Que funcione	Que no funcione	Acciones de mejora	Dueño / Voluntario	Estatus
Consecución data año anterior incidentes nivel 1 a nivel mundial	Buscar en la IOGP	Buscar aleatoriamente en páginas web	Remitirnos siempre a la IOGP	Equipo de desarrollo	Terminado
Consecución data instrumentos de control similares	Buscar en corporaciones y universidades	Buscar aleatoriamente en páginas web	Remitirnos a entes oficiales	Equipo de desarrollo	Terminado
Comparativa entre elementos de seguridad de procesos CCPS y los elementos de los instrumentos de control similares	Generar matrices	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado
Comparativa entre elementos de seguridad de procesos e incidentes nivel 1 a nivel mundial	Generar matrices	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado
Comparativa entre elementos de seguridad de procesos según la normativa colombiana y la calificación de incidentes nivel 1 a nivel mundial	Generar matrices	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado

Tarea	Que funcione	Que no funcione	Acciones de mejora	Dueño / Voluntario	Estatus
Adquisición banco de preguntas de los instrumentos de control similares	Orden y tener claro las homologaciones de elementos	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado
Generación preguntas instrumento de control	Depuración preguntas	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado
Adquisición sistema calificación instrumento de control	Buscar en corporaciones y universidades	Buscar aleatoriamente en páginas web	Reemitirnos a entes oficiales	Equipo de desarrollo	Terminado
Generación del instrumento de control	Estructurar en base a los modelos similares	n/a	n/a	Equipo de desarrollo	Terminado

3.1.2. Sprint 2

3.1.2.1 Sprint Planning (Planificación del Sprint 2)

3.1.2.1.1 Product Backlog del Sprint 2

Tabla 8. *Product Backlog Sprint 2*

Identificador (ID) de Product Backlog ítem (PBI)	Enunciado del Product Backlog ítem (PBI)
3	Evaluación e iteración del instrumento de control

3.1.2.1.2 Sprint Goal del Sprint 2

Generar la segunda versión del instrumento de control.

3.1.2.2. Desarrollo (Ejecución del Sprint) Sprint 2

3.1.2.2.1. Daily Scrum Sprint 2

Tabla 9. *Daily Scrum Sprint 2*

Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
14	Definición personal externo que va a realizar juicio de expertos	Formulación en Excel	Revisión contactos laborales con experiencia adecuada	Poca respuesta oportuna de contactos con gran trayectoria	Product Owner	Terminado
15	Generación encuesta para evaluación por juicio de expertos	Revisión contactos laborales con experiencia adecuada	Estructuración de preguntas que evalúen los 20 elementos	Generar pocas preguntas que permitan tener un contexto técnico amplio	Equipo de desarrollo	Terminado
16	iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	Estructuración de preguntas que evalúen los 20 elementos	1ra Iteración	Entendimiento punto de vista del juicio del experto	Equipo de desarrollo	Terminado
17	iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	1ra Iteración	2da Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	Entendimiento punto de vista del juicio del experto	Equipo de desarrollo	Terminado

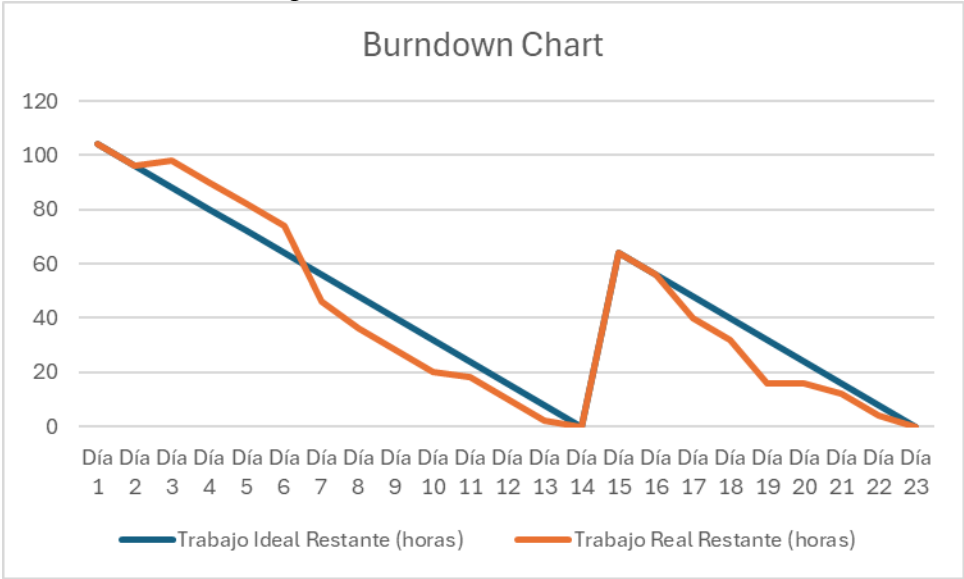
Día	Tarea	¿Qué hice ayer?	¿Qué voy a hacer hoy?	¿Qué impedimentos tengo o tuve para hacer mi trabajo?	Dueño / Voluntario	Estatus
18	iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	2da Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	3ra Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	Entendimiento punto de vista del juicio del experto	Equipo de desarrollo	Terminado
19	iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	3ra Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	4ta Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	Entendimiento punto de vista del juicio del experto	Equipo de desarrollo	Terminado
20	iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	4ta Iteración y actualización versión 2 del instrumento de control	generación versión 2 del instrumento de control	Acomodamiento final del instrumento de control luego de las 4 iteraciones	Equipo de desarrollo	Terminado
21	Revisión cumplimiento del instrumento de control	generación versión 2 del instrumento de control	revisión del cumplimiento legal y del juicio de expertos	Interpretación múltiples conceptos legales y técnicos	Product Owner	Terminado

3.1.2.2.2. *Burndown Chart Sprint 2*

Tabla 10. *Burndown Chart Sprint 2*

Día del Sprint	Trabajo Ideal Restante (horas)	Trabajo Real Restante (horas)
Día 15	64	64
Día 16	56	56
Día 17	48	40
Día 18	40	32
Día 19	32	16
Día 20	24	16
Día 21	16	12
Día 22	8	4
Día 23	0	0

Figura 10. *Burndown Chart Sprint 2*



3.1.2.3 Sprint Review Sprint 2

Se muestra el incremento del Sprint 2.

Tabla 11. Sprint Review Sprint 2

Identificador (ID) de ítem de product backlog	Enunciado del ítem de Product Backlog	Tarea	Dueño / Voluntario	Estatus	Horas estimadas totales
3	Evaluación del instrumento de control	Definición personal externo que va a realizar juicio de expertos	Product Owner	Terminado	8
		Generacion encuesta para evaluación por juicio de expertos	Equipo de desarrollo	Terminado	8
		Iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	Equipo de desarrollo	Terminado	40
		Revisión cumplimiento del instrumento de control			8

Tabla 12. Valores totales por ítem de Product Backlog Sprint 2

ID	Ítem de Product Backlog	Total Horas Estimadas	Estado
3	Evaluación e iteración del instrumento de control	64	Terminado
Total general		64	

3.1.2.4 Sprint Retrospective - Sprint 2**Tabla 13. Sprint Retrospectivo - Sprint 2**

Tarea	Que funciono	Que no funciono	Acciones de mejora	Dueño / Voluntario	Estatus
Definición personal externo que va a realizar juicio de expertos	Buscar Contactos laborales con amplia experiencia	Buscar especialistas en la red	Aumentar el circulo laboral	Product Owner	Terminado
Generación encuesta para evaluación por juicio de expertos	Estructurar mas técnica la encuesta	Centrarse en evaluar la forma del instrumento	Enfocar desde el principio en encuestas técnicas que sean puntuales	Equipo de desarrollo	Terminado
iteraciones del instrumento de control respecto a la evaluación por juicio de expertos	Interpretar técnicamente los que los expertos tratan de comunicar y adaptarlo	Trascribir tal cual se expresan los expertos	mejorar uso de sinónimos	Equipo de desarrollo	Terminado
Revisión cumplimiento del instrumento de control	Estar actualizándose sobre las normativas colombianas	Fijarse solo en estándares internacionales	Establecer un canal de capacitación para conocer cualquier variación de las normas colombianas	Product Owner	Terminado

3.2. Participantes

Dentro de los especialistas del sector de los hidrocarburos se encuentran los siguientes profesionales que calificarán mediante formato tipo encuesta el instrumento de control:

Luis Jurado profesional en ingeniería electrónica especialista en instrumentación electrónica y especialista en gerencia de mantenimiento, con más de diez años de experiencia en la industria del OIL&GAS desempeñándose en varios cargos asociados a proyectos de transporte de hidrocarburos. Página perfil profesional LinkedIn: <https://co.linkedin.com/in/luis-fernando-jurado-s%C3%A1nchez-12b38b5a>

Harold Medina profesional en ingeniería electrónica especialista en instrumentación y control con más de diez años de experiencia en la industria del OIL&GAS, desempeñándose en varios cargos asociados a proyectos de transporte de hidrocarburos. Página perfil profesional LinkedIn: <https://co.linkedin.com/in/harold-armando-medina-martinez-63a3aa295>

Edynson Ibáñez profesional en ingeniería mecánica, especialista en gerencia de proyectos con más de diez años de experiencia a nivel industrial, desempeñándose en varios cargos asociados a proyectos de transporte de hidrocarburos. Página perfil profesional LinkedIn: <https://co.linkedin.com/in/edynson-iba%C3%B1ez-castro-6296ab51>

Miguel Cuervo profesional en ingeniería metalúrgica, especialista en integridad y corrosión con más de seis años de experiencia a nivel OIL&GAS, desempeñándose en varios cargos asociados a proyectos de transporte de hidrocarburos. Página perfil profesional LinkedIn: <https://co.linkedin.com/in/miguel-angel-cuervo-parra-8ab39a181>

3.3 Procedimiento

3.3.1 Fase 1: Análisis estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos

Se toma estructuras de instrumentos de control generados para seguridad de procesos a nivel mundial

La recolección de datos se lleva a cabo en la información publicada por las principales compañías de transporte de hidrocarburos en Colombia, como lo son CENIT, OCENSA y ODL, respecto a los incidentes y la seguridad de procesos existente en estas compañías.

Se toma información de las principales metodologías de seguridad de procesos y la aplicabilidad para el entorno colombiano.

3.3.2. Fase 2: Selección elementos seguridad de procesos para el instrumento de control.

La recolección de datos se lleva a cabo en la información publicada por las principales compañías de transporte de hidrocarburos en Colombia, como lo son CENIT, OCENSA y ODL, respecto a los incidentes y la seguridad de procesos existente en estas compañías.

Se realiza comparación entre metodologías de gestión de seguridad de procesos y su aplicabilidad para la ley colombiana, además de verificar la estadística de incidentes a nivel mundial, para poder generar una inspección adecuada al sistema de gestión de seguridad de procesos en instalaciones de transporte de hidrocarburos.

3.3.3. Fase 3: Ponderación de los elementos seleccionados para la seguridad de proceso.

Se genera una calificación en términos porcentuales a cada elemento de seguridad de procesos de acuerdo al histórico de incidentes a nivel mundial.

3.3.4. Fase 4: Elaboración de instrumento de control

Se crea el instrumento de control en base a la aplicabilidad legal al ámbito de Colombia, con una ponderación basada en referencias internacionales, con el fin de garantizar la disminución de incidentes de seguridad de proceso, en la industria del transporte de hidrocarburos por ductos.

3.3.5. Fase 5: Evaluación de instrumento de control

Se evalúa por juicio de experto, la aplicabilidad del instrumento de control en una compañía del construcción, mantenimiento u operación del sector de transporte de hidrocarburos, con el fin de garantizar la idoneidad de la información consultada.

4. Resultados

4.1. Análisis estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos.

A continuación, se muestra la comparativa de tres instrumentos de control, o lista de verificación aplicable para auditoria o inspección a un sistema de seguridad de procesos, en los cuales se puede destacar elementos comunes, los cuales proporcionaran la ponderación más alta en el instrumento de control requerido para minimizar los incidentes de seguridad de procesos.

4.1.1. Estructura inspección seguridad de procesos del Departamento de energía de estados unidos de américa

Explicación del estado de cumplimiento de los niveles de gestión de seguridad de procesos (PSM) (como se muestra en el siguiente formulario)

Ninguno: no hay información disponible para determinar el cumplimiento de la regla PSM propuesta de OSHA; falta de información o incapacidad para acceder fácilmente a la información, poca prueba de cumplimiento.

Parcial: hay información importante disponible, pero no suficiente para determinar el cumplimiento de la regla PSM propuesta por OSHA; documentación incompleta (descripciones de procesos, P&ID, procedimientos escritos, etc.) constituirían un cumplimiento parcial. Falta de métodos formales (solo verbales) de manejo. Cambios procesar información también constituiría un cumplimiento parcial.

Completa: la información disponible es suficiente para verificar el cumplimiento de la regla propuesta de OSHA PSM. Las responsabilidades del personal están claramente establecidas y la documentación es completa y de fácil acceso. Se identifica la plantilla de inspección realizada por EEUU. (DOE HANDBOOK, 1996, p 93).

Figura 11. Ejemplo de formulario de informe de auditoría de PSM, Departamento de energía de estados unidos de américa.

PSM Element: PROCESS SAFETY INFORMATION					DOE-HDBK-1101-96	Exhibit 2.13
Major Issues/Questions	PSM Compliance Status			Information Source	Notes/Comments	
	None	Partial	Complete			
CHEMICAL INFORMATION Documentation The following chemical information is available. • Toxicity data. • Permissible exposure limits. • Physical data. • Reactivity data. • Corrosivity data. • Thermal and chemical stability data. • Chemical incompatibility data.						

Nota: muestra un fragmento del formato de auditoría utilizado por el departamento de energía de estados unidos. Tomado de (DOE HANDBOOK, 1996).

4.1.2. Estructura inspección seguridad de procesos para el sector de la producción de petróleo.

Se debería garantizar que el sistema de gestión de seguridad de procesos se diseña y se procede a implementar con alcance a estos elementos. Para la revisión inicial y las revisiones posteriores del RBPS, incluidas las auditorías y la revisión por la gerencia, se deberían correr las listas de verificación propuestas para cada requisito, en las cuales se califica su cumplimiento en una escala desde cero (0) hasta cinco (5), tal como se indica a continuación. (Cabrera, L. 2021, Anexo N).

Figura 12. Listas de verificación propuestas para cada requisito para el sector de la producción de petróleo

Requisito y evidencias de cumplimiento	0	1	2	3	4	5
1. Compromiso con la seguridad de procesos						
2. Cumplimiento de estándares: Es un proceso para identificar, desarrollar, adquirir, evaluar, disseminar y proveer acceso a los estándares, códigos, normas y leyes aplicables, y que afectan la seguridad del proceso petrolero. Se deberían incluir tanto los estándares internos como los externos, nacionales e internacionales, etc. El sistema de gestión permite garantizar que esta información esté rápida y fácilmente accesible a todos los usuarios. Se pretende que esta información esté disponible y fácilmente accesible a todos los usuarios. Es importante tener en cuenta, que estos estándares interactúan de una u otra manera con cada uno de los requisitos del sistema de gestión de RBPS. El conocimiento y cumplimiento de los estándares contribuye a que la organización (1) opere y mantenga una facilidad segura, (2) aplique sistemáticamente las buenas prácticas de seguridad de procesos, y (3) de cumplimiento con la responsabilidad legal. Adicionalmente, los estándares hacen parte de la base de los requisitos a tener en cuenta durante un programa de auditoría para determinar la conformidad del sistema de gestión. Tener en cuenta como mínimo:						
2.1 Mantener prácticas confiables						
Asegurar la implementación coherente del sistema de estándares						
Identificar cuándo se requiere el cumplimiento de los estándares						
Involucrar a personal competente						
Garantizar que las prácticas de cumplimiento de los estándares son efectivas						
2.2 Realizar actividades de cumplimiento						
Proporcionar información apropiada para el cumplimiento de los estándares						
Realizar actividades de aseguramiento del cumplimiento						
Evaluar periódicamente el estado de cumplimiento y proporcionar un informe a la alta dirección						
Revisar la aplicabilidad de los estándares cuando surja nueva información o se presenten cambios						
2.3 Seguimiento por medio de decisiones, acciones y uso de resultados de cumplimiento						
Actualizar los documentos e informes del cumplimiento según se requiera						
Comunicar el cumplimiento o presentar informes de aseguramiento del cumplimiento a las entidades externas apropiadas						
Mantener registros del cumplimiento del requisito						

Nota: muestra documento el realizado, para la producción petrolera que hace parte del segmento upstream, de la industria de los hidrocarburos, en el cual se proponen unas listas de verificación propuestas para cada requisito, en las cuales se califica su cumplimiento en una escala desde cero (0) hasta cinco (5). Tomado de (Cabrera, 2021, Anexo N).

4.1.3 Estructura inspección seguridad de procesos para una refinería de crudo.

El modelo operativo que se propone contiene las listas de chequeo o verificación a fin de hacerlo factible a la gerencia de una refinería de crudo. (Gutiérrez, 2006, p 97).

Figura 13. Listas de chequeo gerencia de seguridad de procesos químicos en una refinería de crudo

Lista de Chequeo						
Gerencia de Seguridad de Procesos Químicos en una Refinería de Crudo						
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE LOS PROCESOS (ISP)						
Refinería:			Planta:			
Gerente:			Fecha:			
Pregunta	En Sitio		Acción Comunicada		Cuando?	
	Si	No	Acción	Quien?	Plan	Real
1.-¿Está la ISP actualizada y disponible tanto en la instalación como en la oficina?						
¿Incluye la ISP lo siguiente?:						
2.-Hojas de Información de Seguridad de los Materiales (MSDS)						
3.-Riesgos de los productos y corrientes intermedias						
4.-Información del diseño del proceso						
5.-Descripción de la química del proceso						
6.-Diagrama de flujo del proceso						
7.-Inventario máximo de productos y materias primas						
8.-Límites máximos y mínimos de operación segura						
9.-Consecuencias probables de desviaciones a los límites						

Nota: muestra un fragmento del formato Listas de chequeo gerencia de seguridad de procesos químicos en una refinería de crudo en Venezuela. Tomado de (Gutiérrez, 2006, p 98)

4.1.4. Análisis relación estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos.

Se compila los elementos analizados por los tres instrumentos de control estudiados, mostrando la variación de elementos dependiendo de las necesidades de la industria para la cual fue diseñado el instrumento de control.

Figura 14. *Relación de elementos de seguridad de procesos de acuerdo a los tipos de listas de chequeo y/o verificaciones realizadas para la cadena de valor del petróleo y la energía.*

Elementos formato auditoría de PSM, Departamento de energía de estados unidos de américa.	Listas de verificación propuestas para cada requisito para el sector de la producción de petróleo.	Listas de chequeo gerencia de seguridad de procesos químicos en una refinería de crudo.
PROCESS SAFETY INFORMATION	Cumplimiento de estándares	Informacion Seguridad de procesos
PROCESS HAZARDS ANALYSIS	Cumplimiento de estándares	Análisis de riesgos de los procesos químicos
OPERATING PROCEDURES	Involucramiento de trabajadores	Manejo del cambio
TRAINING	Alcance a partes interesadas	Procedimientos operacionales
CONTRACTORS	Gestión del conocimiento del proceso	Prácticas de trabajo seguro
PRE-STARTUP SAFETY REVIEW	Identificación de peligros y análisis de riesgos	Seguridad de contratistas
MECHANICAL INTEGRITY	Procedimientos operativos	Adiestramiento
MANAGEMENT OP CHANGE	Prácticas de trabajo seguro	Aseguramiento de calidad e integridad mecánica de equipos críticos
INCIDENT INVESTIGATION	Integridad y confiabilidad de facilidades	Revisión de seguridad de prearranque
EMERGENCY PLANNING AND RESPONSE	Gestión de contratistas	Respuesta y control de emergencias
COMPLIANCE SAFETY AUDITS	Aseguramiento del entrenamiento y desempeño	Investigación de accidentes e incidentes
	Gestión del cambio	Evaluación del sistema
	Disponibilidad operacional	
	Conducta en las operaciones	
	Gestión de emergencias	
	Investigación de incidentes	
	Medición e indicadores	
	Auditorías	
	Revisión de la gestión y mejoramiento continuo	

Nota: se muestra los instrumento de control con más elementos analizados. Adaptado de (DOE HANDBOOK, 1996), (Cabrera. 2021, Anexo N), (Gutiérrez, 2006, p 98).

4.2. Selección elementos seguridad de procesos para el instrumento de control.

Se toma los elementos de los dos estándares internacionales, como lo son CCPS y OSHAS, para compararlo con los requerimientos para Colombia correspondiente al Decreto 1347 de 2021 del ministerio del trabajo.

Metodología seguridad de procesos basado en riesgos de la CCPS (RBPS – Seguridad de procesos basada en riesgos) busca ayudar a las organizaciones a diseñar e implementar efectivamente sistemas para la gestión de seguridad de procesos. El enfoque del RBPS reconoce que no todos los peligros y los riesgos en una operación o una instalación son iguales; por

consiguiente, es apropiado distribuir los recursos de manera que se concentre el esfuerzo en los peligros mayores y en los riesgos más altos. Utilizar las mismas prácticas de alta intensidad para manejar todos los peligros es hacer uso ineficiente de los escasos recursos. Un enfoque basado en riesgos reduce el potencial de asignar una cantidad indebida de recursos para manejar las actividades de bajo riesgo, liberando así recursos para las tareas que se ocupan de las actividades de mayor riesgo.

Enfoque en la efectividad de la seguridad como función de desempeño y eficiencia. Uso de métricas para medir el desempeño y la eficiencia de manera que los recursos finitos se puedan aplicar de manera priorizada a un gran número de necesidades de seguridad de procesos que compiten entre sí. Uso de revisiones de la gerencia para verificar que la organización esté haciendo lo correcto en su viaje hacia la excelencia en la seguridad de procesos.

Un sistema de gestión de RBPS incorpora cuatro pilares principales de prevención de accidentes o Bloques Fundacionales. (Wiley. J, 2007).

Figura 15. Metodología seguridad de procesos basado en riesgos de la CCPS



Nota: se muestra el sistema de gestión basado en la metodología de la CCPS de 20 pilares y 4 bloques funcionales. Tomado de (WSAFEINGENIERIA, 2024).

La Metodología seguridad de procesos OSHA (estándar 29 CFR 1910.119), Es una regulación emitida por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Trabajo de los EE. UU . La regulación se denomina OSHA 1910.119, Gestión de Seguridad de Procesos de Productos Químicos Altamente Peligrosos. Su propósito es prevenir o minimizar las consecuencias de la liberación de productos químicos peligrosos en una instalación o en el entorno que rodea a una instalación. Los productos químicos peligrosos son aquellos que pueden ser tóxicos, reactivos, inflamables, explosivos o una combinación de estas propiedades. Las industrias que manejan productos químicos peligrosos deben desarrollar un programa de PSM eficaz que proteja a los empleados, contratistas y visitantes de la instalación. Estas industrias incluyen: petroquímica, farmacéutica, pinturas, adhesivos y selladores, procesamiento de alimentos, productos orgánicos e inorgánicos industriales y fábricas de papel. (Inspectioneering, 2024).

Figura 16. Metodología seguridad de procesos OSHA (estándar 29 CFR 1910.119)



Nota: se muestra el sistema de gestión basado en la metodología de la OSHA de 14 elementos. Tomado de (ENSAFE, 2024).

Se realiza la comparativa entre dos metodologías (CCPS, OSHAS) y la normativa colombiana (Decreto 1347 de 2021), con el fin de identificar el cumplimiento de las metodologías de la CCPS y OSHAS con los requerimientos legales, dando como resultado la aplicabilidad de la metodología del CCPS totalmente y la metodología OSHAS de manera parcial.

Tabla 14. *Comparativa de elementos de CCPS, OSHAS y Decreto 1347 de 2021*

Comparativa elementos seguridad de procesos de cada metodología		
Metodología CCPS (RBPS)	Metodología OSHA (estándar 29 CFR 1910.119)	Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021)
1.Cultura de la Seguridad de Procesos	N/A	1. Política de prevención de accidentes mayores.
2.Cumplimiento con Estándares	Aplicabilidad (aplica sólo para determinar qué procesos y el equipo debe ser incluido en la OSHA programa PSM)	N/A
3.Competencias en Seguridad de Procesos	N/A	N/A
4.Participación de la Fuerza Laboral	1. Participación de los empleados	4. Participación de los trabajadores.
5.Divulgación a los Grupos de Interés	N/A	N/A
6.Proceso de Gestión del Conocimiento	2. Información seguridad del proceso.	2. Información de seguridad.
7.Identificación De Peligros y Análisis De Riesgo	3. Análisis de riesgos del proceso.	3. Identificación de peligros, análisis y evaluación de riesgos.
8.Procedimiento Operativo	4. Procedimientos operativos./9. Permisos de trabajo	5. Procedimientos de operación.
9.Prácticas de Trabajo Seguro	4. Procedimientos operativos. /9. Permisos de trabajo	10. Permisos de trabajo.

Comparativa elementos seguridad de procesos de cada metodología		
Metodología CCPS (RBPS)	Metodología OSHA (estándar 29 CFR 1910.119)	Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021)
10.Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad	8. Integridad mecánica.	9. Integridad mecánica.
11.Gestión de Contratistas	6. Contratistas.	7. Evaluación de contratistas.
12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento	5. Entrenamiento. (aplica solo al proceso operadores)	6. Entrenamiento.
13.Gestión del Cambio (MOC)	10. Gestión del cambio MOC	11. Gestión del cambio.
14.Disponibilidad Operacional - Arranque y puesta en marcha (RSPA)	7. Revisiones de seguridad antes de la puesta en marcha.	8. Revisión de seguridad pre- arranque.
15.Disciplina Operativa	N/A	N/A
16.Gestión de Emergencias	12. Planificación y respuesta ante emergencias.	12. Preparación y respuesta ante emergencias.
17.Investigación de Incidentes	11. Investigación de incidentes	13. Investigación de incidentes y accidentes mayores.
18.Mediciones y Métricas (Indicadores)	N/A	14. Indicadores de desempeño.
19.Auditoría	13. Auditorías de cumplimiento	15. Auditorías de cumplimiento.
20.Revisión por Parte de la Gerencia y Mejora Continua	N/A	16. Revisión por la dirección.
14. Secretos comerciales.		

Nota: se muestra la adaptación de la “Table 1 Cross-Reference of RBPS Program Elements and OSHA PSM Elements”. Tomado de (Wiley, 2011).

La normativa colombiana del decreto 1347 del 2021 del Ministerio del Trabajo de Colombia no muestra información o contenido que debe tener cada uno de sus 16 elementos enumerados, teniendo en cuenta esto nos basamos en las guías de la CCPS para la estructuración

de cada elemento de seguridad de procesos, y aplicamos los 20 elementos de la CCPS para la estructuración del instrumento de control.

4.3. Ponderación de los elementos seleccionados para la seguridad de proceso.

No se cuenta con un repositorio de información descriptiva de cada incidente de seguridad de procesos en la industria de los hidrocarburos en Colombia.

El instrumento de control propuesto se basa en los procesos de seguridad de procesos más afectados con incidentes a nivel mundial, en base a la estadística suministrada por la IOGP, indicando que la finalidad es la disminución de incidentes de seguridad de procesos y la ponderación de importancia de cada uno de los elementos de seguridad de procesos dependiendo su criticidad.

Figura 17. Factores de causa de los eventos nivel 1 de seguridad de procesos– Tier 1 PSE

Causal factors assigned to Tier 1 PSE	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PROCESS (CONDITIONS) : Tools, Equipment, Materials and Products : Inadequate maintenance/inspection/testing	30	50	49	60	65	58	68	47	54	59
PROCESS (CONDITIONS) : Tools, Equipment, Materials and Products : Inadequate design/specification/management of change	22	55	42	42	42	63	27	34	50	54
PROCESS (CONDITIONS) : Tools, Equipment, Materials and Products : Inadequate/defective tools/equipment/materials/products	31	32	30	39	48	44	24	63	37	49
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Inadequate hazard identification or risk assessment	11	41	40	47	33	46	22	28	24	46
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Inadequate work standards/procedures	18	37	44	30	32	40	22	25	28	42
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Inadequate communication	13	15	17	9	11	15	10	10	11	20
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Inadequate training/competence	15	16	20	21	15	23	13	15	10	20
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Deviation unintentional (by individual or group)	8	29	13	23	8	33	11	15	26	18
PROCESS (CONDITIONS) : Protective Systems : Inadequate/defective guards or protective barriers	9	23	26	13	20	14	16	8	16	17
PEOPLE (ACTS) : Inattention/Lack of Awareness : Improper decision making or lack of judgment	16	30	23	13	16	12	8	11	10	17
PROCESS (CONDITIONS) : Protective Systems : Inadequate/defective warning systems/safety devices	10	27	20	10	9	17	18	14	20	13
PEOPLE (ACTS) : Use of Protective Methods : Failure to warn of hazard	3	7	12	3	3	9	7	3	5	11
PEOPLE (ACTS) : Inattention/Lack of Awareness : Lack of attention/distracted by other concerns/stress	14	16	7	7	10	7	6	5	13	10
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Inadequate supervision	6	10	15	17	11	20	10	12	10	10
PEOPLE (ACTS) : Use of Tools, Equipment, Materials and Products : Improper use/position of tools/equipment/materials/products	10	9	6	9	5	5	4	4	6	10
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Failure to report/learn from events	1	13	9	4	10	4	3	4	4	10
PEOPLE (ACTS) : Use of Tools, Equipment, Materials and Products : Servicing of energized equipment/inadequate energy isolation	2	3	2	2	4	6	2	1	6	9
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Improper position (in the line of fire)	1	5	5	2	5	1	4	4	6	6
PEOPLE (ACTS) : Use of Protective Methods : Equipment or materials not secured	2	1	10	2	3	5	1	2	4	5
PROCESS (CONDITIONS) : Work Place Hazards : Storms or acts of nature	1	9	14	3	9	11	3	17	11	4
PROCESS (CONDITIONS) : Work Place Hazards : Hazardous atmosphere (explosive/toxic/asphyxiant)	3	4	3	3	4	4	9	4	3	4
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Improper lifting or loading	0	0	0	0	0	2	0	2	1	4
PROCESS (CONDITIONS) : Organizational : Poor leadership/organizational culture	3	8	4	9	6	2	2	1	0	4
PEOPLE (ACTS) : Inattention/Lack of Awareness : Acts of violence	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4
PROCESS (CONDITIONS) : Protective Systems : Inadequate security provisions or systems	0	2	3	0	1	2	1	0	2	2
PEOPLE (ACTS) : Use of Protective Methods : Inadequate use of safety systems	4	5	10	3	3	7	2	5	1	2
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Overexertion or improper position/posture for task	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Work or motion at improper speed	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
PEOPLE (ACTS) : Following Procedures : Deviation intentional (by individual or group)	7	4	6	1	3	3	0	3	4	1
PEOPLE (ACTS) : Use of Protective Methods : Personal Protective Equipment not used or used improperly	4	1	4	3	1	1	2	2	1	1
PEOPLE (ACTS) : Inattention/Lack of Awareness : Fatigue	0	0	2	0	1	1	0	0	1	1

Nota: muestra la estadística de los eventos de nivel 1 de 2014 a 2023 a nivel mundial. Tomado de (IOGP, 2023, p 17).

En base a la estadística de incidentes nivel 1 de la IOGP (IOGP, 2023, pp 17) se realiza una clasificación según elementos de la metodología de la CCPS, con el fin de distinguir los elementos prioritarios que tuvieron fallas de control, de los cuales muestra 11 elementos como los más afectados.

Tabla 15. *Relación de elementos de seguridad de procesos de la CCPS respecto a los incidentes nivel 1 de 2023 en el mundo*

Metodología CCPS (RBPS)	Cuenta Cantidad Elemento afectado	Suma de Cantidad Incidentes nivel 1
10.Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad	4	175
7.Identificación De Peligros y Análisis De Riesgo	7	85
9.Prácticas de Trabajo Seguro	10	48
8.Procedimiento Operativo	1	42
12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento	3	38
15.Disciplina Operativa	5	27
5.Divulgación a los Grupos de Interés	2	24
17.Investigación de Incidentes	1	10
2.Cumplimiento con Estándares	1	5
1.Cultura de la Seguridad de Procesos	1	4
16.Gestión de Emergencias	1	2

Nota: muestra los elementos con las incidentes nivel 1, adaptado de “Table 5: Causal factors assigned to Tier 1 PSE”. Tomado de (IOGP, 2023, p 17).

4.3.1. Análisis relación elementos más afectados con incidentes nivel 1 según la IOGP y las estructuras de instrumentos de control existentes de inspección de seguridad de procesos.

Se visualiza los 11 principales elementos más afectados por los incidentes nivel 1 y con presencia en los tres *instrumentos de control* existentes.

Figura 18. Selección de los elementos que tendrán mayor peso en el instrumento de control de acuerdo con los instrumentos de control realizadas para la cadena de valor del petróleo y la energía.

Metodología CCPS (RBPS)	Cuenta Cantidad Elemento afectado	Suma de Cantidad Incidentes nivel 1	Elementos formato auditoría de PSM, Departamento de energía de estados unidos de américa	Listas de verificación propuestas para cada requisito para el sector de la producción de petróleo	Listas de chequeo gerencia de seguridad de procesos químicos en una refinería de crudo.	Coincidencia de elementos a inspeccionar
10.Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad	4	175	X	X	X	3
7.Identificación De Peligros y Análisis De	7	85	X	X	X	3
9.Prácticas de Trabajo Seguro	10	48		X	X	2
12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento	3	38	X	X	X	3
8.Procedimiento Operativo	1	42	X	X	X	3
17.Investigación de Incidentes	1	10	X	X	X	3
16.Gestión de Emergencias	1	2	X	X	X	3
15.Disciplina Operativa	5	27		X		1
5.Divulgación a los Grupos de Interés	2	24		X		1
2.Cumplimiento con Estándares	1	5		X		1
1.Cultura de la Seguridad de Procesos	1	4		X		1

Nota: se toman los 11 elementos más afectados por incidentes nivel 1 y se relacionan con la aparición en los instrumento de control existentes. Adaptado de (DOE HANDBOOK, 1996), (Cabrera, 2021, Anexo N), (Gutiérrez, 2006, p 98) y Table 5: Causal factors assigned to Tier 1 PSE (IOGP, 2023, p 17).

Teniendo en cuenta que la finalidad es disminuir la ocurrencia de incidentes de seguridad de procesos, el instrumento de control debe tener los 11 principales elementos más afectados por los incidentes nivel 1 y con presencia en los tres instrumentos de controles existentes.

4.3.2. Ponderación de los elementos de la CCPS afectados con incidentes nivel 1 según la IOGP.

Para alcanzar la ponderación de los elementos de seguridad de procesos que impactan directamente en los incidentes nivel 1, se multiplica la cantidad de incidentes por la cantidad de veces que se afectó el elemento.

Figura 19. Ponderación elementos con mayor peso según la cantidad de incidentes nivel 1 a nivel mundial

Metodología CCPS (RBPS)	Ponderación de los elementos	Cuenta Cantidad Elemento afectado	Suma de Cantidad Incidentes nivel 1
10.Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad	32,8%	4	175
7.Identificación De Peligros y Análisis De	27,9%	7	85
9.Prácticas de Trabajo Seguro	22,5%	10	48
12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento	5,3%	3	38
8.Procedimiento Operativo	2,0%	1	42
17.Investigación de Incidentes	0,5%	1	10
16.Gestión de Emergencias	0,1%	1	2
15.Disciplina Operativa	6,3%	5	27
5.Divulgación a los Grupos de Interés	2,2%	2	24
2.Cumplimiento con Estándares	0,2%	1	5
1.Cultura de la Seguridad de Procesos	0,2%	1	4

Nota: Se toma los 11 principales elementos y se ponderan en base a la cantidad de incidentes nivel 1 y las veces que se afectó este elemento. Adaptado table 5: causal factors assigned to Tier 1 PSE (IOGP, 2023, p 17).

Al ampliar la ponderación a los 20 elementos de la CCPS se genera la ponderación final para el instrumento de control.

Figura 20. Ponderación de los elementos totales de la CCPS cumpliendo con la Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021).

Metodología CCPS (RBPS)	Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021)	Ponderación de los elementos totales de la CCPS cumpliendo con la Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021)
01.Cultura de la Seguridad de Procesos	1. Política de prevención de accidentes mayores.	2%
02.Cumplimiento con Estándares	N/A	1%
03.Competencias en Seguridad de Procesos	N/A	1%
04.Participación de la Fuerza Laboral	4. Participación de los trabajadores.	2%
05.Divulgación a los Grupos de Interés	N/A	1%
06.Proceso de Gestión del Conocimiento	2. Información de seguridad.	2%
07.Identificación De Peligros y Análisis De Riesgo	3. Identificación de peligros, análisis y evaluación de riesgos.	21%
08.Procedimiento Operativo	5. Procedimientos de operación.	3%
09.Prácticas de Trabajo Seguro	10. Permisos de trabajo.	15%
10.Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad	9. Integridad mecánica.	26%
11.Gestión de Contratistas	7. Evaluación de contratistas.	2%
12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento	6. Entrenamiento.	5%
13.Gestión del Cambio (MOC)	11. Gestión del cambio.	2%
14.Disponibilidad Operacional - Arranque y puesta en marcha (RSPA)	8. Revisión de seguridad pre-arraque.	2%
15.Disciplina Operativa	N/A	5%
16.Gestión de Emergencias	12. Preparación y respuesta ante emergencias.	2%
17.Investigación de Incidentes	13. Investigación de incidentes y accidentes mayores.	2%
18.Mediciones y Métricas (Indicadores)	14. Indicadores de desempeño.	2%
19.Auditoría	15. Auditorías de cumplimiento.	2%
20.Revisión por Parte de la Gerencia y Mejora Continua	16. Revisión por la dirección.	2%

Nota: Se toma los 20 elementos de la CCPS y los 16 elementos de la Normativa Colombiana (Decreto 1347 de octubre 2021) y se ponderan en base a la cantidad de incidentes nivel 1 y las veces que se afectó este elemento. Adaptado table 5: causal factors assigned to Tier 1 PSE (IOGP, 2023, p 17).

4.4. Propuesta del instrumento de control para la inspección de seguridad de proceso basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos.

4.4.1. Estructura del instrumento de control

Se realiza la propuesta de instrumento de control teniendo en cuenta los 11 elementos con más incidentes de seguridad de proceso a nivel mundial como lo son: integridad de activos, confiabilidad y aseguramiento calidad, identificación de peligros y análisis de riesgo, prácticas de trabajo seguro, garantizar el entrenamiento y rendimiento, procedimiento operativo, investigación de incidentes, gestión de emergencias, disciplina operativa, divulgación a los grupos de interés, cumplimiento con estándares, cultura de la seguridad de procesos, y 9 elementos mas para abarcar todos los lineamientos aplicables a la legislación Colombiana.

Tabla 16. *Instrumento de control, para la inspección de seguridad de procesos basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos.*

PREGUNTA		NO CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	SI CUMPLE	NO APLICA	OBSERVACIÓN	VALOR PORCENTUAL
01.Cultura de la Seguridad de Procesos							#N/D
1.1	¿Se tiene un presupuesto para seguridad de procesos?						#N/D
1.2	¿El personal a recibido capacitación formal sobre seguridad de procesos?						#N/D
1.3	¿Se incentiva el reporte de condiciones inseguras a la seguridad de procesos sin temor a represalias?						#N/D
1.4	¿Se evalúa periódicamente el estado de la cultura de seguridad de procesos?						#N/D
1.5	¿Los errores se tratan como oportunidades de mejora y no como culpa individual?						#N/D
1.6	¿La organización reconoce públicamente las buenas prácticas en seguridad de procesos?						#N/D

02.Cumplimiento con Estándares		#N/D
2.1	¿El ejecutor cuenta con un elemento o estándar para el Bloqueo/tarjeteo de fuentes de energía peligrosa?	#N/D
2.2	¿El ejecutor cuenta con un elemento o estándar para el control de fuentes de ignición mediante permiso de trabajo y certificado de apoyo de medición de gases?	#N/D
2.3	¿El ejecutor evidencia que tiene debidamente diligenciado e implementado el permiso de trabajo y todos los certificados de apoyo?	#N/D
2.4	¿El ejecutor tiene un procedimiento que establezca el desarrollo de actividades simultáneas?	#N/D
2.5	¿El ejecutor cuenta con un procedimiento de alistamiento para verificación de integridad como pruebas de presión, ensayos, etc?	#N/D
2.6	¿Los empleados conocen los estándares y requisitos que deben cumplir?	#N/D
2.7	¿Existe un sistema o matriz para identificar todas las normativas legales, estándares aplicables, y procedimientos dependiendo la actividad?	#N/D
03.Competencias en Seguridad de Procesos		#N/D
3.1	¿Se han definido claramente las competencias necesarias por cargo operativo?	#N/D
3.2	¿El ejecutor asegura que los trabajadores que ejerzan cargos críticos en seguridad de procesos posean las calificaciones y entrenamiento necesarios para efectuar el trabajo asignado?	#N/D
3.3	¿Se verifica la competencia mediante evaluaciones periódicas?	#N/D
04.Participación de la Fuerza Laboral		#N/D
4.1	El ejecutor tiene especificadas las responsabilidades en seguridad de procesos en todos los perfiles de cargo.	#N/D
4.2	El ejecutor cuenta con un programa de Incentivos y premios relacionados con Seguridad de procesos.	#N/D
4.3	¿Se consulta a los ejecutores al elaborar o actualizar procedimientos?	#N/D

4.4	¿La fuerza laboral está empoderada para detener actividades inseguras?	#N/D
05.Divulgación a los Grupos de Interés		#N/D
5.1	¿El líder ejecutante asiste a reuniones con grupos de interés?	#N/D
5.2	¿Se comunica a las comunidades cercanas sobre los riesgos de la planta?	#N/D
5.3	¿Los contratistas y subcontratistas reciben información completa sobre los peligros del proceso?	#N/D
06.Proceso de Gestión del Conocimiento		#N/D
6.1	¿Se tiene repositorio unificado de los procedimientos o instructivos utilizados?	#N/D
6.2	¿Se tiene repositorio unificado de los planos, manuales, y demás información técnica?	#N/D
6.3	¿La documentación técnica es accesible para todos los ejecutantes según el tipo de labor, mediante los repositorios de la compañía?	#N/D
6.4	¿Se tiene control o limitación al acceso a documentos desactualizados?	#N/D
6.5	¿Se mantiene el editable si aplica y el archivo oficial de la última versión de toda la documentación técnica del proceso en el repositorio?	#N/D
6.6	¿Se está protegido en contra de la remoción física o electrónica, o de un archivo incorrecto?	#N/D
6.7	¿Se capacita al nuevo personal en la ubicación de los repositorios?	#N/D
6.8	¿Se preserva el conocimiento técnico clave cuando alguien se retira o cambia de puesto?	#N/D
07.Identificación De Peligros y Análisis De Riesgo		#N/D
7.1	¿Se tiene procedimiento para gestión del riesgo de seguridad de procesos?	#N/D
7.2	¿El ejecutor conoce y accede al registro de los ARP (Análisis de riesgo de proceso)?	#N/D
7.3	¿El sitio tiene clasificación de áreas por clases, divisiones y grupos según la NFPA 70 o API 500A?	#N/D
7.4	¿El almacenamiento (compatibilidad química de las sustancias) y señalización de sustancias químicas es la adecuada de acuerdo con el SGA (Sistema Globalmente Armonizado)?	#N/D

7.5	¿Los ARP (Análisis de riesgos de proceso) se realizan para las diferentes etapas del ciclo de vida del activo (Diseño, Construcción, Arranque, Modificaciones, Desmantelamiento)?	#N/D
7.6	¿Los análisis de riesgo se actualizan con cada cambio relevante en el proceso?	#N/D
7.7	¿Se incluyen escenarios de alta consecuencia (explosiones, incendios, pérdidas de contención y liberación toxica)?	#N/D
7.8	¿Se implementan y verifican las recomendaciones derivadas del análisis de riesgo?	#N/D
08.Procedimiento Operativo		#N/D
8.1	¿Los procedimientos de operación incluyen puesta en marcha, operación normal y paradas de emergencia, se encuentra actualizados?	#N/D
8.2	¿Los procedimientos de mantenimiento o construcción tienen el paso a paso de las actividades a ejecutar?	#N/D
8.3	¿Se documenta la solicitud de Ventanas Operativas (memorando parada) (paro de bombeo o restricciones operativas) ?	#N/D
8.4	¿Los procedimientos se revisan periódicamente y tras incidentes o cambios?	#N/D
8.5	¿Se permite flexibilidad operacional solo dentro de límites definidos y autorizados mediante análisis de riesgos y de ingeniería?	#N/D
09.Prácticas de Trabajo Seguro		#N/D
9.1	¿Las actividades de trabajo del área de operación cuentan con procedimientos para actividades no rutinarias de riesgo alto?	#N/D
9.2	¿Las actividades de trabajo de construcción o mantenimiento cuentan con permiso de trabajo y procedimiento?	#N/D
9.3	¿Se aplican sistemas de permisos de trabajo y la documentación requerida para tareas críticas (trabajo en caliente (hot-tap, corte y soldadura con oxiacetileno, soldadura eléctrica, pulido, trabajo con chorro de abrasivos), espacios confinados, actividades eléctricas, izaje de cargas, manipulación de sustancias químicas)?	#N/D
9.4	¿Se mide las horas extra para personal técnico y los tiempos extendidos para personal de manejo y confianza?	#N/D

9.5	¿Se inspeccionan las condiciones antes y después de realizar trabajos especiales?	#N/D
9.6	¿Se controla que el equipo de protección personal sea el adecuado y esté disponible?	#N/D
9.7	¿Existen reunión para trabajos simultáneos (SIMOPS)?	#N/D
10. Integridad de Activos, Confiabilidad y aseguramiento calidad		#N/D
10.1	¿Se tiene es el Backlog (Atraso) actual en la ejecución del programa de mantenimiento?	#N/D
10.2	¿Cuál es el Backlog (Atraso) actual en la ejecución del programa de mantenimiento para los equipos críticos?	#N/D
10.3	¿El sistema de gestión de integridad para transporte por ductos está vinculado con los análisis de riesgo y tiene en cuenta las variables operativas, la corrosión, y los materiales?	#N/D
10.4	¿Se cuenta con plan de calidad?	#N/D
10.5	¿Se cuenta con formatos de aseguramiento de calidad de materiales recibidos por proveedores o clientes?	#N/D
10.6	¿Se cuenta con un repositorio de los certificados de calidad del material entregados por el proveedor o cliente?.	#N/D
10.7	¿Se cuenta con un repositorio de los dossiers de construcción?	#N/D
10.8	¿Se cuenta con registro fotográfico de las pruebas de calidad y aseguramiento técnico, para las actividades como calificación soldadores, adherencia, continuidad y espesor del recubrimiento, ensayos EDT, pruebas de presión hidrostáticas o neumáticas, pruebas de continuidad eléctrica, etc.?	#N/D
11. Gestión de Contratistas		#N/D
11.1	¿El personal del contratista o subcontratista tiene conocimientos en seguridad de procesos?	#N/D
11.2	¿Se inspecciona o evalúa en seguridad de procesos a la compañía contratista o subcontratista?	#N/D
11.3	¿Los contratistas o subcontratistas participan en las reuniones de seguridad y simulacros?	#N/D
11.4	¿Los contratistas o subcontratistas no han tenido incidentes o eventos de seguridad de proceso?	#N/D

12.Garantizar el Entrenamiento y Rendimiento		#N/D
12.1	¿Se conoce la matriz de capacitaciones o matriz de desarrollo para los cargos operativos?	#N/D
12.2	¿La empresa ejecutora cuenta con registro actualizado del cumplimiento del programa de capacitación?	#N/D
12.3	¿Se cuenta con un proceso para la evaluación de las competencias del Personal?	#N/D
13.Gestión del Cambio (MOC)		#N/D
13.1	¿El ejecutor cuenta con un procedimiento de gestión de cambios?	#N/D
13.2	¿Se tiene reportes o trazabilidad de modificaciones a activos?	#N/D
13.3	¿Se evalúan los riesgos asociados al cambio antes de su implementación?	#N/D
13.4	Se manejan los cambios de turno bajo el criterio de entregas claras, completas y oportunas. Se cuenta con mecanismos formales y escritos (bitácoras) ?	#N/D
13.5	Para áreas entregadas en custodia o handover, se cumple con la reglamentación estructurada?	#N/D
13.6	¿Se actualiza la documentación y capacitación tras el cambio?	#N/D
14.Disponibilidad Operacional - Arranque y puesta en marcha (RSPA)		#N/D
14.1	¿Se realiza Revisión de Seguridad Previa al Arranque (RSPA) previa a la puesta en marcha de equipos nuevos o equipos que han tenido larga parada de mantenimiento/modificación, y se tuvieron en cuenta las recomendaciones previa puesta en marcha?	#N/D
14.2	¿Se mantiene registro de la Revisión de Seguridad Previa al Arranque (RSPA), comisionado y precomisionado realizado a los equipos o se tiene acceso al repositorio que contiene esta documentación?	#N/D
14.3	¿Se tienen acciones impeditivas vencidas sin cumplimiento?	#N/D
14.4	¿Se tienen acciones No impeditivas vencidas sin cumplimiento?	#N/D
15.Disciplina Operativa		#N/D
15.1	¿El personal tiene disponibilidad a los procedimientos que requiere para la ejecución de su labor?	#N/D
15.2	¿Se tiene matriz de procedimientos actualizada?	#N/D

15.3	¿Se revisa la calidad y se actualiza regularmente los procedimientos por calidad?	#N/D
15.4	¿Se comunica o divulga los procedimientos con el personal involucrado?	#N/D
15.5	¿Se inspecciona el cumplimiento del paso a paso de los procedimientos respecto a las actividades ejecutadas en sitio?	#N/D
15.6	¿El ejecutor de mantenimiento o construcción realiza inspección a equipos y herramientas ?	#N/D
15.7	¿Se realizan rondas estructuradas, análisis operacional, y monitoreo del estado de equipos, registrándolo formalmente?	#N/D
15.8	¿Los trabajadores conocen los limites operacionales de los equipos que operan, gestionan las alarmas y alertas asociadas de forma efectiva, de acuerdo con el instructivo del sistema?	#N/D
15.9	¿Las comunicaciones laborales entre trabajadores como la entrega y recibo de turno se realiza formalmente?	#N/D
16. Gestión de Emergencias		#N/D
16.1	¿Se tiene plan de emergencias y contingencias (PEC) y esta actualizado incluyendo las últimas modificaciones a la infraestructura de la locación?	#N/D
16.2	¿Se cuenta con personal operativo capacitado en Respuesta a Emergencias (ERT)?	#N/D
16.3	¿El sistema contraincendios tiene su inspección anual vigente Según la NFPA?	#N/D
16.4	¿Se tiene los puntos de encuentro, rutas de evacuación y sistemas de alarma actualizadas de acuerdo a Ley 9 de 1979?	#N/D
17. Investigación de Incidentes		#N/D
17.1	¿Se tiene procedimiento de investigación de incidentes de seguridad de procesos?	#N/D
17.2	¿Todos los incidentes, incluso los cuasi-incidentes, son reportados y registrados?	#N/D
17.3	¿Se conforman grupos multidisciplinarios para participar en las investigaciones de los incidentes en seguridad de procesos, para identificar las causas raíz ACR que están provocando los incidentes?	#N/D

17.4	¿Se realiza seguimiento a nivel operativo de la implementación de cada una de las recomendaciones y controles producto de HAZOP, What If, LOPA, RSPA?	#N/D
17.5	¿Existe una base de datos accesible sobre lecciones aprendidas y eventos históricos?	#N/D
17.6	¿El personal conoce las lecciones aprendidas de las investigaciones de incidentes, resultados de auditorías y evaluaciones de riesgos?	#N/D
18. Mediciones y Métricas (Indicadores)		#N/D
18.1	¿El ejecutor cuenta con indicadores de seguridad de procesos?	#N/D
18.2	¿Se ajustan estrategias con base en el análisis de las métricas?	#N/D
18.3	¿El ejecutor cuenta con registro de la trazabilidad de los indicadores de seguridad de procesos?	#N/D
19. Auditoría		#N/D
19.1	¿Se cuenta con inspecciones y/o auditorías para la identificación de falencias del sistema de gestión en seguridad de procesos?	#N/D
19.2	¿Las auditorías cubren todos los elementos del sistema de gestión?	#N/D
19.3	¿Se cierra los hallazgos encontrados en las auditorías y/o inspecciones?	#N/D
20. Revisión por Parte de la Gerencia y Mejora Continua		#N/D
20.1	¿Se utilizan los resultados de auditorías, incidentes e indicadores para la mejora?	#N/D
20.2	¿Se tienen planes de mejora continua a partir de la experiencia de eventos de seguridad de procesos?	#N/D

Nota: se muestra una serie de preguntas por cada elemento a inspeccionar donde se califica *no cumple* con un valor de 0% en la casilla valor porcentual, *cumple parcialmente* con un valor de 50% en la casilla valor porcentual, *si cumple* con un valor de 100% en la casilla valor porcentual, y *no aplica* no cuenta en la calificación.

4.4.2. Calificación del instrumento de control

Para realizar la calificación del resultado del instrumento de control, se realiza con la siguiente calificación de la escala de seguridad de Parker, establece una clasificación dimensional

de las empresas en una serie de categorías con un sentido ascendente, Estas mejoras en los niveles de seguridad traen consigo, además, mejoras en la información de la que se dispone en la comunicación de incidentes conllevan mejoras exponenciales en los procesos de confianza y responsabilidad en el seno de la organización (Parker, et ál., 2006).

Figura 21. *Modelo de escalera de Parker*

MODELO DE ESCALERA DE PARKER (2006)	
DIMENSIONES	COMPONENTES
1. ESTADÍO PATOLÓGICO	Las organizaciones en este nivel no manifiestan interés en la prevención de riesgos laborales ni implicación alguna con la seguridad. Es relativamente frecuente hallar actitudes reaccionarias ante el cumplimiento de la normativa, actitudes acerca de la Prevención como un gasto inútil o considerándola poco menos que un “impuesto revolucionario”. Es posible que la actual configuración de las modalidades preventivas, con unos Servicios Ajenos a las Empresas que mantienen una guerra de precios a la baja, la presión de la Inspección de Trabajo para el cumplimiento de una ingente normativa, así como una cada vez mayor judicialización de procesos de accidentes, contribuyen a un posicionamiento defensivo de ciertos sectores del empresariado.
2. ESTADÍO REACTIVO	En este nivel, la organización puede dar respuesta a las situaciones y eventos negativos que se producen (accidentes, incidentes, inspección de trabajo). En este nivel se sigue actuando a la defensiva y con una falta de previsión bastante lesiva a los intereses de la empresa.
3. ESTADÍO CALCULADOR	La organización en este nivel ya realiza una anticipación preventiva de alguna manera, siendo capaz de articular una sistemática para la evaluación y planificación de la prevención. Se puede dar la circunstancia de que la Prevención sea percibida como la responsabilidad de un departamento específico , y no como algo implícito al trabajo de todos. Esto dificulta la integración preventiva y requiere de esfuerzos adicionales para seguir reduciendo la siniestralidad y las pérdidas.
4. ESTADÍO PROACTIVO	La organización en este nivel se involucra de forma activa e integrada en los procesos productivos de la empresa. El departamento de PRL es un asesor de la línea jerárquica, que asume sus funciones y obligaciones de PRL como algo integrado con sus obligaciones productivas.
5. ESTADÍO GENERATIVO	En este último nivel, prima una filosofía de esfuerzo constante y sin descanso desde la óptica de la seguridad. La seguridad es algo indisoluble de la actividad productiva, llegándose a los niveles de diseño y preparación de actividades a la hora de plantear las medidas de prevención a considerar.

Nota: describe las categorías para los niveles de seguridad. Tomado de Sarrate. C , et ál., 2018).

Figura 22. *Calificación Escala seguridad parker*

Nivel de cultura de seguridad de Parker - Hudson		
< 2,4	Patológico	No hay interes real por la prevencion riesgos laborales - Solo se actua para evitar sanciones
2,4 - 2,69	Reactivo	Se tiende a actuar en respuesta a la aparicion de problemas
2,7 - 2,99	Calculador	Implantar procedimientos y sistemas de gestión de la prevención.
3,0 - 3,30	Proactivo	Sistema de prevencion funcional - integrado en la organizacion
>3,30	Generativo	Se establecen estandares en busca de la excelencia

Nota: describe la puntuación para los niveles de seguridad. Tomado de (Parker, et ál., 2006).

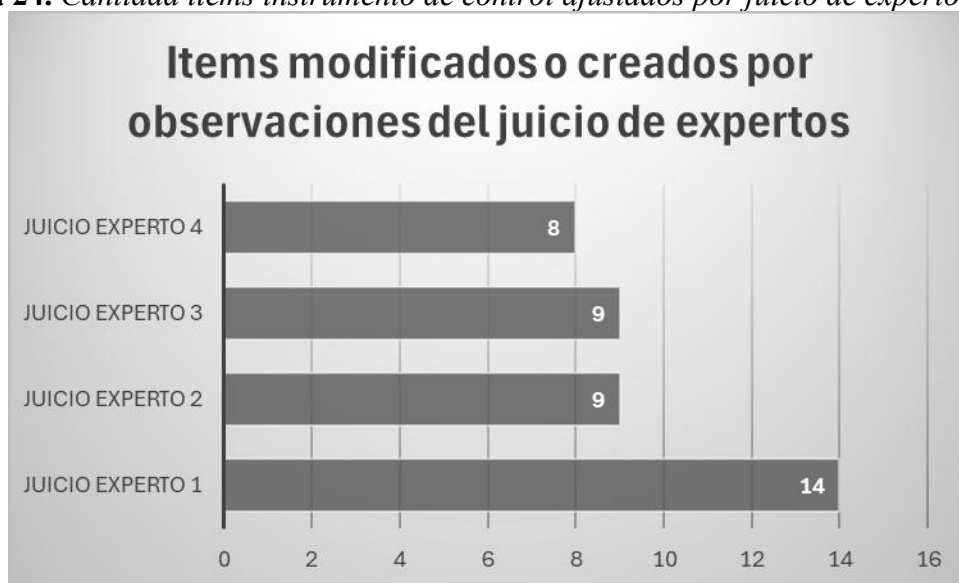
4.5. Evaluación del instrumento de control, para la inspección de seguridad de proceso basado en los estándares de la CCPS, para compañías asociadas al transporte de hidrocarburos por ductos por juicio de experto.

La versión luego de cinco iteraciones del instrumento de control arroja 103 ítems repartidos en 20 elementos de seguridad de procesos.

Figura 23. *Cantidad ítems instrumento de control por iteración.*

Nota: describe los ítems del instrumento de control por cada iteración.

Figura 24. Cantidad ítems instrumento de control ajustados por juicio de expertos.



Nota: describe los ítems del instrumento de control creados o modificados producto de la evaluación por cada juicio de experto.

4.5.1 ANEXO 1: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.

4.5.2 ANEXO 2: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.

4.5.3 ANEXO 3: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia a nivel industrial.

4.5.4 ANEXO 4: “Evaluación al instrumento de control para la inspección de seguridad de procesos” Evaluando la idoneidad del instrumento de control por un profesional con amplia experiencia en el sector OIL&GAS.

5. Discusión

El focalizar la inspección en los elementos en todos los elementos de seguridad de proceso genera mayor data de información para la identificación de falencias en prácticas y situaciones relacionadas con personas e instalaciones de transporte de hidrocarburos; la efectividad de la inspección depende de la información estadística de los incidentes ocurridos en la compañía, si se ocultan las deficiencias no se puede atacar la problemática adecuadamente.

La elección de Scrum como metodología de desarrollo demostró ser no solo apropiada, sino estratégica. En un entorno tan cambiante como el de la seguridad de procesos, donde las normativas, tecnologías y riesgos evolucionan constantemente, un enfoque ágil permite entregar valor incremental y ajustar el contenido de manera flexible. A diferencia del enfoque tradicional de PMBOK, Scrum fomenta una entrega iterativa, con ciclos cortos de mejora que aseguran un producto final validado desde sus primeras fases. Este enfoque fue especialmente útil para adaptar los principios de la CCPS al contexto colombiano, considerando la especificidad técnica y regulatoria del sector de transporte por ductos.

El análisis de los actores principales del sector midstream —CENIT, OCENSA y ODL— reveló importantes contrastes en cuanto a madurez y profundidad en la gestión de seguridad de procesos. CENIT mostró una trazabilidad sistemática de los incidentes de Nivel 1, 2 y 3, lo que permitió alimentar el diseño del instrumento con datos reales y actuales. Por otro lado, la falta de registros públicos detallados por parte de otras compañías evidenció una oportunidad para estandarizar y fortalecer las prácticas de inspección y documentación en todo el sector. Este instrumento puede convertirse, entonces, en un activo crítico para cerrar esas brechas de desempeño.

Además, los datos históricos de incidentes —tanto locales como internacionales— expusieron que las pérdidas de contención primaria y sus consecuencias ambientales y humanas siguen siendo un desafío persistente. La sistematización de eventos como los derrames del Keystone Pipeline o el OTA en Colombia subraya la necesidad de reforzar mecanismos preventivos desde la inspección. El instrumento desarrollado propone criterios robustos de revisión para evitar que desviaciones operativas evolucionen en eventos mayores, alineándose con el enfoque proactivo de modelos de seguridad como el de OCENSA.

Esta estructura permitió sentar una base replicable para futuros desarrollos similares en otros segmentos de la cadena de valor de los hidrocarburos o en industrias con altos riesgos operacionales.

6. Conclusiones

El instrumento de control es aplicable para compañías relacionadas con proyectos de construcción, mantenimiento u operación de transporte de hidrocarburos por ductos, según el juicio de cuatro expertos con experiencia en compañías relacionadas con el transporte de hidrocarburos obteniendo una quinta iteración mejorada del instrumento de control.

Con una disminución mínima de los eventos de seguridad de procesos que contemple derrames, el instrumento de control para la inspección a la seguridad de procesos, comenzara a ser rentable los costos en los que se incurre para la aplicación del instrumento de control.

El generar un instrumento de control para la inspección a la seguridad de procesos establece un punto de partida para las organizaciones de transporte de hidrocarburos por ductos, para generar una priorización de recursos y proyectos, en la mejora de los procesos en busca de la mejora continua y la rentabilidad del negocio.

Se logró ponderar de manera estructurada los ítems más relevantes del marco CCPS, permitiendo identificar aquellos elementos críticos que deben ser objeto de seguimiento riguroso en una inspección de seguridad de procesos. Esta ponderación se realizó considerando el contexto operacional y los riesgos inherentes al transporte de hidrocarburos, lo cual garantiza que el instrumento se alinee con las particularidades del sector y responda eficazmente a sus necesidades específicas en materia de seguridad.

La evolución del instrumento de control debe darse en base a la ponderación la cual debe variar año a año de acuerdo con las bases de datos de incidentes de seguridad de procesos.

Este instrumento no solo permite una revisión sistemática y repetible del sistema de gestión de seguridad de procesos, sino que también facilita la retroalimentación continua y la mejora progresiva del sistema gracias a su integración con el marco SCRUM. Esta aproximación ágil fomenta la participación del equipo de inspección y de los responsables del sistema de gestión, promoviendo una cultura organizacional orientada al aprendizaje y la mejora constante la cual se puede dar anualmente en base a los informes anuales de la IOGP.

La experiencia con Scrum evidenció su eficacia en entornos dinámicos y técnicos, donde los requisitos evolucionan con frecuencia, para futuros proyectos, se recomienda formalizar la adopción de metodologías ágiles para ejecutar proyectos de instrumentos de control.

Los instrumentos de control consultados para la inspección de seguridad de procesos muestran varios aspectos, en los cuales destaca que, a mayor generalización del instrumento de control, se requiere un perfil más alto del personal que va a utilizar el instrumento de control para realizar la inspección, por ende, mayores costos y posibilidad de error en la gestión de seguridad de procesos.

Mantener dialogo con el personal técnico es fundamental, para mejorar el instrumento de control, teniendo en cuenta que el personal técnico es quien conoce a fondo las problemáticas con los activos industriales, interactuando con personal antiguo y nuevo en las instalaciones industriales.

Tener un espectro amplio y mente abierta a las posibles fallas que puedan ocurrir, no siempre las fallas que ya ocurrieron puede ocurrir de nuevo, pueden surgir fallas nuevas que nunca se han contemplado, derivadas del nuevo ámbito tecnológico y cultural.

Asegurar la integración temprana de expertos técnicos y usuarios finales, la participación activa de especialistas en seguridad de procesos, operadores y responsables del mantenimiento desde las primeras fases del proyecto fue clave para la validación práctica del contenido. Se sugiere institucionalizar mesas de trabajo multidisciplinarias desde la planificación, lo que facilita la apropiación, mejora la pertinencia técnica del producto y reduce reprocesos.

Estandarizar la recopilación y análisis de datos históricos de incidentes muestra la asimetría de información entre diferentes empresas del sector limitó parcialmente el alcance comparativo del instrumento. Por ello, se recomienda desarrollar una base de datos unificada e interempresarial sobre incidentes y pérdidas de contención, que sirva de insumo permanente para la mejora de instrumentos de control y la toma de decisiones preventivas.

Vincular los desarrollos de conocimiento a marcos regulatorios vigentes y futuros debe ser la prioridad en la alineación con normas como el Decreto 1347 de 2021 y con prácticas internacionales como CCPS permitió que el instrumento no solo sea técnicamente sólido, sino también legalmente pertinente. Para próximos proyectos, se recomienda realizar un mapeo regulatorio exhaustivo como parte del arranque del proyecto, garantizando así su aplicabilidad operativa y legal.

Finalmente, la combinación del enfoque técnico de la CCPS con la adaptabilidad del SCRUM resultó ser altamente efectiva para la creación de herramientas aplicables y dinámicas. Esta sinergia permitió el desarrollo de un instrumento que no solo cumple con altos estándares de seguridad, sino que también puede adaptarse fácilmente a cambios en los procesos, normativas o condiciones operativas. En consecuencia, el proyecto proporciona un modelo replicable para otras industrias o segmentos que deseen fortalecer su sistema de gestión de seguridad de procesos de manera eficiente y sostenible.

Referencias

- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. (2001). Relatório sobre o derramamento de óleo na Baía de Guanabara. ANP.
- Aiche (2024). *Publicaciones sobre CCPS y Seguridad de Procesos*. Recuperado el 1 de septiembre de 2024. <https://www.aiche.org/ccps/publications>
- American Psychological Association (2019). *Style and Grammar Guidelines*. Recuperado el 17 de enero de 2020. <https://apastyle.apa.org/style-grammar-guidelines/>
- Cabrera, L. (2021). Seguridad de procesos basada en riesgos aplicada a producción petrolera en Colombia.
- Canadian Society for Chemical Engineering (2013). Process Safety Management Protocols.
- CENIT (2024). *Cenit Transporte y Logística de Hidrocarburos*. Recuperado el 7 de septiembre de 2024. <https://cenit-transporte.com/>
- CENIT, (2023). *Cenit transporte y logística de hidrocarburos S.A.S. Informe integrado de gestión sostenible 2023*
- Center for chemical process safety of the American institute of chemical engineers, (2016), Introduction to Process Safety for Undergraduates and Engineers.
- CLICKUP, (2024). *Cómo crear una estructura de desglose de recursos*. Recuperado el 7 de septiembre de 2024. <https://clickup.com/es-ES/blog/198913/estructura-de-desglose-de-recursos>
- Comisión Reguladora de Energía. (2020). Informe anual sobre la seguridad en el transporte de hidrocarburos. CRE.
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. (2021). Alert (AA21-131A): DarkSide Ransomware: Best Practices for Preventing Business Disruption from Ransomware

- Attacks. CISA. <https://www.cisa.gov/news-events/alerts/2021/05/11/darkside-ransomware-best-practices-preventing-business-disruption>
- Cohn, M. (2010). *Succeeding with Agile: Software Development Using Scrum*. Addison-Wesley.
- Concepto (2024). *Investigación no experimental*. Recuperado el 20 de octubre de 2024. <https://concepto.de/investigacion-no-experimental/>
- Datosmacro. (2024). Precio petróleo Brent. Recuperado el 15 de noviembre de 2024. <https://datosmacro.expansion.com/materias-primas/opec?dr=2023-12>
- De Faria Nogueira, E. C., Quelhas, O. L. G., França, S. L. B., & Meirino, M. J. (2015). Implementation of a safety program for the work accidents' control: A case study in the chemical industry. *International Journal for Quality Research*, 9(1), 123–140.
- Decreto 1347 (2021). *Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo Republica de Colombia*. Departamento Administrativo de la Función Pública.
- Dólar-colombia. (2023). TRM vigente el domingo 31 de diciembre del 2023. <https://www.dolar-colombia.com/2023-12-31>
- DOE HANDBOOK, (1996), DOE-HDBK-1101-96, *Process safety management for Highly hazardous chemicals*, U.S. Department of Energy , Washington, D.C. Febrero 1996.
- El Espectador, (2012). *Ecopetrol pagará \$6.400 millones a víctimas de explosión de Dosquebradas*. Recuperado el 23 de abril de 2012. <https://www.elespectador.com/judicial/ecopetrol-pagara-6400-millones-a-victimas-de-explosion-de-dosquebradas-article-340652/>
- El Pílon, (2011). “*Tragedia en Dosquebradas se debió a movimiento de tierra*”: Ecopetrol. Recuperado el 25 de diciembre de 2011. <https://elpilon.com.co/tragedia-en-dosquebradas-se-debio-a-movimiento-de-tierra-ecopetrol/>

El nuevo Oriente (2024) *Bomberos controlan incendio en cpf de cusiana luego de estallido de tanque.* <https://elnuevooriente.com/bomberos-controlan-incendio-en-cpf-de-cusiana-luego-de-estallido-de-tanque/>

El País. (2004, enero 6). Inspección de Trabajo pide multas de hasta 1,2 millones para Repsol. https://elpais.com/diario/2004/01/06/espana/1073343614_850215.html

El País. (2024, agosto 20). Un nuevo derrame de crudo de PDVSA contamina las playas del Caribe venezolano. <https://elpais.com/america/2024-08-20/un-nuevo-derrame-de-crudo-de-pdvsa-contamina-las-playas-del-caribe-venezolano.html> (El País, 2024a)

ENSAFE, (2024). *Process Safety Management 101: 4 Must-Dos to Protect Against Catastrophic Release*. 11 de Mayo 2021. <https://www.ensafe.com/process-safety-management-101/>

FME - French Ministry of Environment. (2008). *Explosion in a nitrogenous fertilizer Plant* https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/FD_14373_oppau_1921_ang.pdf

Función Pública. (2021). *Decreto 1347 de 2021 del Ministerio del Trabajo de Colombia* <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=173043#:~:text=establece%20que%20todos%20los%20empleadores,sistema%20abarca%20la%20pol%C3%ADtica%2C%20la>

Government of Canada. (2019). Trans Mountain Pipeline Project Overview. <https://www.canada.ca/en/campaign/trans-mountain.html>

GUIAR, *Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos*. (2024). *Accidente de Los Alfaques, San Carlos de la Rápita, España 1978* <https://guiar.unizar.es/1/Accident/Alfaques.html>

Gutierrez, B. (2006). *Sistema de gerencia de seguridad de procesos químicos y sistema de gestión ambiental en una refinería de crudo*. Universidad Catolica Andres Bello.

HSETools. (2023). Cómo usar checklist en seguridad laboral.

<https://hse.software/2023/01/04/como-usar-checklist-en-seguridad-laboral/>

Hutchinson. B., Dekker. S., Rae. A (2023). How audits fail according to accident investigations: a counterfactual logic analysis.

ICHEME Institution of Chemical Engineers. (2020). *Texas City Refinery explosion — safety out of focus*, https://www.icheme.org/media/14611/lpb275_pg04.pdf

Industrialmindset (2024). *Gestión de la seguridad de procesos*. Recuperado el 5 de junio de 2024. <https://industrialmindset.com/gestion-de-la-seguridad-de-procesos/>

Innova Ambiental. (s.f.). Los 9 peores desastres de la industria química. Recuperado el 5 de junio de 2025. <https://www.innovaambiental.com.co/los-9-peores-desastres-de-la-industria-quimica/>

Inspectioneering (2024). *Descripción general de la gestión de seguridad de procesos (PSM)*. <https://inspectioneering.com/tag/process+safety+management>

Inspenet. (2023). La catástrofe de Deepwater Horizon: Formación y Capacitación. <https://inspenet.com/articulo/la-catastrofe-de-deepwater-horizon/>

IOGP. (2023). *IOGP Safety performance indicators - Process safety events - 2023 data*. International Association of Oil & Gas Producers.

Kimray, (2024). *Panorama general de la industria del petróleo y el gas*. Recuperado el 30 de septiembre de 2024. <https://kimray.com/training/oil-and-gas-industry-overview>

Marsh, (2024), *100 largest losses in the hydrocarbon industry 1974 – 2023*.

- Martínez, J. (2011). *Métodos de investigación cualitativa. Revista de la Corporación Internacional para el Desarrollo Educativo*. <https://www.redalyc.org/pdf/784/78419688002.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Impacto del derrame de crudo en el Oleoducto Transandino. MADS.
- Newman, D. (2006). *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales*, Laurus, Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela.
- OCENSA, (2023). *Ocensa Informe de Gestión y Sostenibilidad 2023*
- ODL (2024). ODL Oleoducto de los llanos orientales. Recuperado el 7 de septiembre de 2024. <https://www.odl.com.co/>
- OIT, Oficina Internacional del Trabajo. (1993). C174 - *Convenio sobre la prevención de accidentes industriales mayores*.
- Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2019). Pipeline incident report: Colonial Pipeline spill. U.S. Department of Transportation.
- PMI. (2021). *Project Management Institute. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Guía del PMBOK) – Seventh Edition. Project Management Institute.
- PMI. (2017). *Project Management Institute. Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos* (Guía del PMBOK) – Sixth Edition. Project Management Institute.
- Parker D, Lawrie M, Hudson P. A. (2006). *Escala Seguridad Parker – NOSACQ-50*.
- Questionpro (2024). *Método inductivo: Qué es, características y ejemplos*. Recuperado el 20 de octubre de 2024. <https://www.questionpro.com/blog/es/metodo-inductivo/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20inductivo%20es%20un,o%20tendencias%20en%20esos%20datos>.

Sarrate. C, Sanchez.A. (2018). Manual técnico sobre Cultura preventiva en la empresa: métodos de evaluación y mejora.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game. Scrum.org. <https://scrumguides.org>

Secretaría de Energía Gobierno de México (2015). *¿Qué son los hidrocarburos?* Recuperado el 16 de julio de 2015. <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos>

SurveyMonkey (2024). *Investigación exploratoria: qué es y cómo implementarla*. Recuperado el 20 de octubre de 2024. <https://es.surveymonkey.com/mp/exploratory-research/>

Sutherland, J. (2014). Scrum: The Art of Doing Twice the Work in Half the Time. Crown Business.

RTVE. (2020). *Una tapa del reactor de Tarragona voló tres kilómetros, entró por la ventana de un edificio y mató a un hombre*, <https://www.rtve.es/noticias/20200115/tapa-del-reactor-tarragona-volo-tres-kilometros-mato-a-hombre/1995606.shtml>

Revista Semana, (2012). *Ecopetrol, en la mira por tragedia en Dosquebradas*. Recuperado el 8 de febrero de 2012. <https://www.semana.com/ecopetrol-mira-tragedia-dosquebradas/253151-3/>

Rubin, K. S. (2012). Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process. Addison-Wesley.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, (2022) Resolución número 0559 de 2022. UNGRD.

UNIANDES. (2023). Qué es una matriz DOFA, Descubre cómo usar esta importante herramienta. <https://programas.uniandes.edu.co/blog/que-es-una-matriz-dofa-descubre-como-usar-esta-herramienta-para-potenciar-tus-fortalezas>

- U.S. Environmental Protection Agency. (2017). Enbridge Kalamazoo River spill cleanup summary. EPA
- U.S. Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2020). Pipeline failure reports: Keystone pipeline spills. PHMSA.
- Velasco, G. (2010). *Posibles causas del accidente de la plataforma Deepwater Horizon*
<https://www.petrotecnica.com.ar/diciembre2010/pdf/36-47sp.pdf>
- Wiley, J. (2011). *Guidelines for Auditing Process Safety Management Systems, Second Edition* - Center for Chemical Process Safety
- Wiley, J. (2007). *Guidelines for Risk Based Process Safety. CCPS - Center for chemical process safety,*
- WSAFEINGENIERIA, (2024). *Servicios de Seguridad de Proceso (PSM)*. Recuperado el 6 de octubre de 2024. <https://www.wsafeingenieria.com/index.php/servicios-de-seguridad-de-proceso-psm>
- Zhao, Y., Wang, J., & Liu, X. (2014). Environmental impact assessment of the Qingdao pipeline explosion. *Journal of Environmental Studies*, 32(4), 455-470.