

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



TESIS

Optimización de la gestión de controles críticos en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas con el objetivo de minimizar riesgos y prevenir accidentes en el Perú

**Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero de Petróleo y Gas Natural**

Elaborado por

David Ángel Yaya Anchante

 0000-0001-7670-4213

Asesor

Ing. Guillermo Rolando La Rosa Romero

 0000-0001-7670-4213

LIMA – PERÚ

2025

Agradecimiento

En forma muy especial agradezco a Dios por guiarme, cuidarme y estar presente durante todo este camino de mi vida y el que me queda por vivir. A los miembros de la familia que conforma esta gran casa de estudios que es la facultad de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica – UNI, a sus autoridades, profesores y colaboradores, quienes siempre dieron un ejemplo a seguir; gracias a sus enseñanzas y principios que impartieron en mí desde el momento que ingresé a este humilde hogar.

Un agradecimiento especial a mi asesor, el Ing. Guillermo La Rosa por su constante apoyo, valiosos conocimientos y sabios consejos a lo largo de la realización de esta tesis.

Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a los dos pilares más importantes de mi vida, mis padres Pilar Anchante Barrientos y Alberto Yaya Fernández, por darme fuerza cuando más lo necesitaba, cuyo amor, esfuerzo y apoyo incondicional me han guiado y dado la fuerza para alcanzar mis sueños. Gracias por su confianza, comprensión y paciencia en cada etapa de mi camino.

A mi hermano Anderson Yaya Anchante, por enseñarme que todo esfuerzo en la vida es recompensado, aunque sea con una simple sonrisa.

A mis amados hijos, Salvador Yaya y Francisco Yaya, cuya presencia me inspira y me brindan día a día esa fortaleza para luchar ante toda adversidad.

Y a mis familiares que en casa siempre me alientan y dan fuerzas, siendo mi fuente de energía para seguir adelante.

Resumen

El transporte terrestre de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisterna ha cobrado gran relevancia en el desarrollo comercial del Perú, impulsado por el crecimiento de diversas industrias, como la textil sintética, plástica, detergentes y lubricantes. Sin embargo, también ha sido aprovechado por sectores informales, como la fabricación ilegal de drogas, la minería ilegal y actividades ilícitas.

A pesar de su importancia, esta actividad de alto riesgo carece de un modelo de seguridad eficiente, lo que ha generado numerosos accidentes con daños materiales, impacto ambiental por derrames y, en el peor de los casos, la pérdida de vidas humanas. La seguridad en el transporte de hidrocarburos surge precisamente para prevenir estos eventos.

Para mejorar el control y la mitigación de riesgos en el transporte de hidrocarburos líquidos y sus derivados por camión cisterna, se propuso la implementación de la técnica Bow Tie. Este método permitió identificar, evaluar y tratar los riesgos, diferenciando los controles preventivos de los mitigadores y enfocando la gestión en controles críticos durante la carga, el transporte y la descarga del producto. Como resultado, se logró reducir incidentes y accidentes, promover buenas prácticas y fortalecer la cultura de seguridad.

El estudio se basó en datos regulatorios proporcionados por una empresa de transporte terrestre, complementados con información sobre costos y normativas nacionales e internacionales. Los resultados fueron comparados con distintos escenarios económicos (favorable, moderado y pesimista), evidenciando beneficios sociales, ambientales y económicos. Además, la implementación del modelo mejoró significativamente la imagen empresarial, haciéndola más competitiva y sostenible en el sector del transporte terrestre especializado de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas.

Palabras clave: Evaluación, optimización, performance, seguridad, control de riesgos críticos.

Abstract

The land transport of liquid hydrocarbons carried out by tanker trucks has acquired great demand and importance in the commercial development of Peru. This due to the growth of the transformation industries; especially in the branches of the synthetic textile industry, plastics, detergents, lubricants, etc. Also in the informal industry such as drug manufacturing, illegal mining, illicit enrichment industries, etc. However, we lack a safety model for this high-risk activity and that is why, in recent years, there have been accidents with material and human damage, contamination of the environment due to spills and even more death. which is the main factor to avoid and by which security is born.

In order to obtain greater control and risk mitigation in the transport of liquid hydrocarbons and/or derivatives by tanker modality, it was proposed to implement the Bow Tie technique which allowed the identification, treatment and evaluation of risk. It was also possible to distinguish, in an orderly manner, the preventive controls from the mitigating controls; and to better focus the management of critical controls in the loading, transport and unloading of the product to obtain the reduction of incidents and accidents, as well as to increase good practices and a safety culture. For this, regulatory data provided by a land transport company was collected, as well as additional data on costs and current international and national regulations.

The result obtained from the investigation was compared with an economic scenario, a moderate and a pessimistic one, which indicated that social, environmental and economic benefits and improvements were obtained; that made the business image improve remarkably by being friendly and competitive in the socio-environmental field of specialized land transport of liquid hydrocarbons by tanker trucks.

Keywords: Evaluation, optimization, performance, security, control of critical risks.

Prólogo

En el Capítulo I, se analiza la evolución e impacto de la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad en el sector industrial de hidrocarburos en el Perú. Basado en datos históricos de diversas operaciones y estudios previos, se formula la matriz de consistencia para fortalecer la investigación.

El Capítulo II describe el marco teórico, abarcando conceptos clave sobre la seguridad en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, los actores involucrados, equipos, herramientas e instrumentos, así como los requisitos para la Gestión de Controles Críticos. Además, se establece el marco conceptual respaldado por normativas como la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo N° 29873, ISO 45001 (Gestión de Seguridad), ISO 31000 (Gestión de Riesgo) y NTP-IEC/ISO 31010 (Técnicas de Evaluación de Riesgo).

En el Capítulo III, se desarrolla la metodología de investigación, aplicando el Análisis Bow Tie para la Gestión de Riesgos Críticos en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Se presenta además el caso de estudio, basado en la Operación Antamina de la empresa Transportes M. Catalán, en el distrito de Barranca.

El Capítulo IV expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos mediante la herramienta Análisis Bow Tie (NTP-IEC/ISO 31010). Esta metodología permite optimizar la seguridad de los controles críticos en la operación, diferenciando controles preventivos y mitigadores, y evaluando el antes, durante y después de una pérdida de control en la actividad de transporte terrestre de hidrocarburos, con el objetivo de prevenir consecuencias fatales o catastróficas.

En el Capítulo V, se presenta el análisis económico de la optimización de seguridad y control de riesgos, considerando escenarios óptimos, moderados y críticos. Se evalúan consumos, costos y ahorros potenciales derivados de una mejora en la seguridad. Además, mediante herramientas financieras como el TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto), se demuestra la viabilidad y rentabilidad del proyecto.

El Capítulo VI contiene las conclusiones de la investigación, destacando los beneficios de la optimización de seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna y recomendando la implementación del Análisis Bow Tie para una mejora continua en el sector industrial.

Finalmente, en el Capítulo VII, se presentan las referencias bibliográficas, fundamentales para el desarrollo y sustento de la investigación.

Índice

Agradecimiento.....	i
Dedicatoria	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Prólogo	v
Índice	vii
Lista de figuras	x
Lista de tablas.....	xiii
Capítulo I: Introducción.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problemática.....	9
1.3. Formulación del Problema	15
1.3.1. Problema General.....	15
1.3.2. Problemas Específicos	15
1.4. Objetivos de la Investigación.....	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos	15
1.5. Hipótesis de la investigación	16
1.5.1. Hipótesis General	16
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	16
1.6. Justificación de la Investigación	16
1.7. Identificación de Variables	18
1.7.1. Variables Independientes	18
1.7.2. Variables Dependientes.....	18
1.8. Matriz de Consistencia.....	21
Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual.....	23
2.1. Marco Teórico.....	23
2.1.1. Hidrocarburos Líquidos.....	23
2.1.2. Transporte por cisterna en la cadena de valor industrial de hidrocarburos.....	24
2.1.3. Cisterna de hidrocarburos líquidos, equipos y accesorios.....	27
2.1.4. Aplicación de hidrocarburos líquidos en la industria.....	30
2.1.5. Metodologías.....	32
2.1.6. Normativa.....	33
2.2. Marco Conceptual.....	41
Capítulo III: Desarrollo del Trabajo de Investigación	44

3.1. Metodología del trabajo de investigación	44
3.2. Caso de Estudio.....	45
3.3. Ubicación de la Empresa	46
Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados	47
4.1. Análisis situacional.....	47
4.1.1. Evaluación del cumplimiento de los procedimientos legales en la empresa de transportes M. Catalán S.A.C. en el año 2024	47
4.1.2. Revisión contextual de los niveles de riesgos operacionales en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas en la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. durante el año 2024.....	52
4.1.3. Evaluación de los indicadores de desempeño en seguridad durante el año 2024..	59
4.1.4. Estado situacional de los controles críticos aplicados durante el año 2024.....	61
4.1.5. Revisión del panorama de la cultura preventiva en seguridad y salud en el trabajo durante el año 2024.....	61
4.2. Gestión de controles críticos	62
4.2.1. Planear el proceso de seguridad y control en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas.	63
4.2.2. Identificar eventos no deseados en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas.	63
4.2.3. Identificación de controles en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.....	64
4.2.4. Evaluación del riesgo en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.....	99
4.2.5. Seleccionar los controles críticos.....	102
4.2.6. Definir el rendimiento y el informe.....	103
4.2.7. Asignar responsabilidad.....	103
4.2.8. Implementación específica del sitio	104
4.2.9. Verificación y reporte	104
4.2.10. Respuesta a un rendimiento de control crítico inadecuado	105
4.3. Análisis e interpretación de resultados.....	106
4.3.1. N° de incidentes/accidentes.....	106
4.3.2. Porcentaje de controles críticos aplicados correctamente.....	107
4.3.3. Indicadores de desempeño de seguridad	108
4.3.4. Encuesta de percepción de seguridad	110
Capítulo V: Análisis Económico	112
5.1. Descripción de escenarios para la optimización de la seguridad y control de riesgo en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna	112

5.1.1. Escenario optimista	112
5.1.2. Escenario moderado.....	113
5.1.3. Escenario pesimista.....	114
5.2. Flujo de caja proyectados	114
5.3. Determinar TIR y VAN	119
5.4. Periodo de recuperación de la inversión	119
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones	120
6.1. Conclusiones	120
6.2. Recomendaciones	127
Capítulo VII: Referencias Bibliográficas	128
ANEXOS	133

Lista de figuras

Figura 1 Cadena productiva de la industria del Petróleo.	9
Figura 2 Frecuencia de incidentes en la carga de hidrocarburos líquidos por cisterna. ...	10
Figura 3 Pareto en la carga de hidrocarburos líquidos por cisterna.	11
Figura 4 Frecuencia de incidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.	12
Figura 5 Pareto en el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.	12
Figura 6 Frecuencia de incidentes en la descarga de hidrocarburos líquidos por cisterna.	13
Figura 7 Pareto en la descarga de hidrocarburos líquidos por cisterna.	13
Figura 8 Causas que originan el problema.	14
Figura 9 Carretera central, incendio de camión cisterna de combustible dejó un muerto.	17
Figura 10 Cadena de valor de los hidrocarburos y sus derivados.	25
Figura 11 Camión cisterna de hidrocarburos líquidos y derivados.	28
Figura 12 Equipos para transporte de hidrocarburos.	29
Figura 13 Válvula de cinco efectos.	30
Figura 14 Historia de la metodología Bow Tie.	32
Figura 15 Metáfora del queso suizo.	33
Figura 16 Esquema Metodológico.	45
Figura 17 Ubicación de la empresa Transporte M. Catalán.	46
Figura 18 Pirámide de Kelsen – Normativa Peruana en SG-SST.	48
Figura 19 Evolución de la normativa de SG-SST en el Perú.	49
Figura 20 Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.	51
Figura 21 Índice de frecuencia de accidentes 2024.	59
Figura 22 Índice de severidad de accidentes 2024.	60
Figura 23 Índice de accidentabilidad 2024.	60
Figura 24 Porcentaje (%) de controles críticos aplicados 2024.	61

Figura 25 <i>Puntaje promedio por trabajador de la encuesta durante 2024.</i>	62
Figura 26 <i>Proceso de Gestión de Controles Críticos.</i>	63
Figura 27 <i>Árbol de Fallas + Árbol de Eventos.</i>	65
Figura 28 <i>Funciones de los controles / barreras.</i>	66
Figura 29 <i>Los ocho (08) componentes del diagrama de Bow Tie.</i>	66
Figura 30 <i>Transporte de hidrocarburos líquidos y otros productos derivados de hidrocarburos por camión cisterna.</i>	67
Figura 31 <i>Manejo de camión cisterna para transporte de hidrocarburos líquidos.</i>	68
Figura 32 <i>Causas: Climatológicas, huaycos, carreteras en mal estado, etc.</i>	69
Figura 33 <i>Camión cisterna impacta viviendas en el Callao, deja a más de 30 personas afectadas y varios daños materiales.</i>	70
Figura 34 <i>Empresa de Transportes ITTSA y una cisterna de Transporte M. Catalán causan trágico accidente en carretera Panamericana Norte – Talara.</i>	70
Figura 35 <i>Revisión de tracto, semirremolque, neumáticos y cisterna.</i>	72
Figura 36 <i>Prueba de alcohótest.</i>	76
Figura 37 <i>Mantenimiento preventivo y correctivo.</i>	79
Figura 38 <i>Velocidad a 60km/h y distanciamiento entre cisternas en el transporte de hidrocarburos líquidos.</i>	83
Figura 39 <i>Simulacro Nivel I: Accidente vehicular, primeros auxilios.</i>	83
Figura 40 <i>Conductor escolta guiando convoy.</i>	84
Figura 41 <i>Uso de EPP en actividades diarias.</i>	86
Figura 42 <i>Dimensiones de Letrero UN.</i>	86
Figura 43 <i>Dimensiones de cartel de transporte.</i>	87
Figura 44 <i>Código de colores Rombo NFPA 704 Para el índice de peligrosidad.</i>	88
Figura 45 <i>Implementación de señalética en camiones cisterna de hidrocarburos líquidos.</i>	89
Figura 46 <i>Letrero de vehículo escolta.</i>	89
Figura 47 <i>Bow Tie en el Transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.</i>	97

Figura 48 <i>Bow Tie en el Transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.</i>	98
Figura 49 <i>Medidas de prevención y protección.</i>	99
Figura 50 <i>Matriz de Riesgos.</i>	100
Figura 51 <i>Gestionar el riesgo.</i>	101
Figura 52 <i>Árbol de decisión de identificación de control crítico.</i>	102
Figura 53 <i>Frecuencia de incidentes/accidentes hasta junio 2025</i>	106
Figura 54 <i>Porcentaje (%) de controles críticos aplicados hasta junio 2025</i>	107
Figura 55 <i>Índice de frecuencia 2025</i>	108
Figura 56 <i>Comparación de índice de frecuencia junio 2024 – 2025</i>	108
Figura 57 <i>Índice de severidad 2025</i>	109
Figura 58 <i>Comparación de índice de severidad junio 2024 – 2025</i>	109
Figura 59 <i>Índice de accidentabilidad 2025</i>	110
Figura 60 <i>Comparación de índice de accidentabilidad junio 2024 – 2025</i>	110
Figura 61 <i>Puntaje promedio por trabajador de la encuesta junio 2025.</i>	111

Lista de tablas

Tabla 1 Aplicabilidad de las técnicas al proceso ISO 31000.	8
Tabla 2 Operacionalización de Variables.	19
Tabla 3 Matriz de Consistencia.	21
Tabla 4 Uso de hidrocarburos líquidos y derivados en el sector industrial.	31
Tabla 5 Normativa General.	34
Tabla 6 Normativa referente al sector transporte.	36
Tabla 7 Normativa de seguridad para actividades de hidrocarburos.	37
Tabla 8 Normativa de residuos sólidos.	39
Tabla 9 Normativa del transporte de materiales peligrosos.	40
Tabla 10 Matriz HAZID-Transporte terrestre de hidrocarburos líquidos mediante camión cisterna.	54
Tabla 11 Entrenamiento para supervisor escolta.	74
Tabla 12 Entrenamiento para conductores.	75
Tabla 13 Eventos detectados en cabina por el sistema ADAS.	82
Tabla 14 Modelo de hoja de desempeño.	103
Tabla 15 Modelo de responsabilidad de actividad y controles.	104
Tabla 16 Costos del escenario optimista.	112
Tabla 17 Costos de la ocurrencia de un escenario moderado.	113
Tabla 18 Costos de la ocurrencia de un escenario pesimista.	114
Tabla 19 Supuestos de los escenarios.	114
Tabla 20 Resumen de inversiones.	115
Tabla 21 Depreciación lineal del 20%.	115
Tabla 22 Escenario optimista.	116
Tabla 23 Escenario moderado.	117
Tabla 24 Escenario pesimista.	118
Tabla 25 Descripción del TIR en diferentes escenarios.	119

Tabla 26 Periodo de recuperación de la inversión.	119
Tabla 27 Cuadro comparativo de controles de seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos.....	124

Capítulo I: Introducción

La dinámica y el nivel de peligrosidad que genera la acción de transportar hidrocarburos líquidos, sin el debido control, ha sido un tema ampliamente estudiado, tanto entre gestión y seguridad industrial, como regulatorio y normativo por el riesgo de inestabilidad ante la gravedad y la acumulación de cargas estáticas, por ser conducido vía terrestre. En este sentido, el objetivo general está enfocado en evaluar el performance de la optimización del control de riesgo y la seguridad en el proceso de transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú.

1.1. Antecedentes

Los mismos son resultados de la búsqueda documental por medio de bases de datos como Alicia Concytec, Google Académico, y Researchgate.net tanto en español como inglés para obtener una investigación sólida y confiable. La búsqueda se redujo a una temporalidad enmarcada dentro los últimos cinco años, solamente considerando las investigaciones realizadas tanto a nivel internacional como nacional desde el año 2018 al 2023.

En Rusia, Право, M. (2022) escribió un artículo titulado “*Ensuring Safety and Environmental Protection During International Sea Transportation of Hydrocarbons*” centrado en el análisis normativo de derecho internacional que regulan las actividades de transporte de petróleo y sus derivados para garantizar la seguridad. El objetivo fue prestar especial atención a la protección del medio marino frente a la contaminación, por medio del entorno internacional y los documentos legales que rigen la protección de los océanos durante el proceso de transporte para evitar posibles accidentes. El estudio ofreció recomendaciones para mejorar el nivel de protección del medio ambiente marino durante la extracción y el transporte de hidrocarburos, abordando el uso de inteligencia artificial. Los resultados presentaron numerosas ventajas ambientales, comerciales y energéticas para el gas natural licuado (GNL) en comparación con otros combustibles fósiles. Se concluyó que el mantenimiento adecuado del estado técnico de los equipos en operación,

el mejoramiento del marco legal en esta materia y el cumplimiento de los requisitos de la legislación para la identificación de objetos que representen una amenaza para el medio ambiente, contribuyen a reducir el número de accidentes que provocan derrames de aceite y productos derivados del petróleo. También se destacó la importancia de los acuerdos regionales sobre la protección del medio marino, ya que el tema adquiere mayor relevancia para cada región.

En este sentido, la investigación en curso está relacionada con el artículo anterior, ya que ambos toman en cuenta las normas que regulan las actividades de transporte de hidrocarburos para el control de riesgos y si bien el antecedente está enfocado en el entorno marino, se recoge como aporte las diligencias de gestión de transporte incluyendo el hecho de que ambos abordan la importancia de mantener el estado técnico de los equipos en operación, mejorar el marco legal y cumplir con, los requisitos de la legislación para la identificación de objetos que representen una amenaza para el medio ambiente para reducir el número de accidentes que provocan derrames de aceite y productos derivados del petróleo.

De igual manera, Chizhevskaya, E., et al. (2021) desarrollaron en Rusia un artículo titulado *“Innovative technologies for dispatch control in transport and hydrocarbon storage facilities”* cuyo objetivo fue evaluar el trabajo de los despachadores en instalaciones de transporte de petróleo y gas para asegurar la seguridad de los procesos. El proceso de campo fue desarrollado por estudiantes y profesionales de la Universidad Industrial de Tyumen quienes, mediante la elaboración de un sistema de decisiones gerenciales, basado en el análisis de la efectividad del control de despacho, lograron durante el control de seguridad y con la ayuda de tecnologías de redes neuronales y aprendizaje automático examinar diversos aspectos de la vigilancia del control de despacho de procesos y sistemas.

Este antecedente, a pesar de estar enmarcado el control de seguridad del transporte de hidrocarburos mediante redes neuronales, ofrece un basamento documental y técnico importante para el estudio en curso porque aporta conocimientos sobre un sistema de

monitoreo para el desempeño del control de despacho para prevenir posibles riesgos, siendo relevante para el proceso de transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú, ya que el control de riesgo y la seguridad, son elementos clave para asegurar que el transporte se lleve a cabo de manera segura y eficiente.

En el mismo contexto europeo, Cortina, J. (2019) llevo a cabo en España un estudio titulado: “*Análisis del transporte de GNL con camión cisterna en España*” con el objetivo de mostrar un estudio económico exhaustivo de los costos de una empresa de transporte de GNL, se han seleccionado una cabeza tractora y una cisterna de última generación, además de conocer la legislación vigente sobre la conducción de vehículos y el transporte de mercancías peligrosas. Para ello, se realizó un ejemplo práctico para cubrir una supuesta demanda en Galicia, cuyos costes se calcularon con Microsoft Excel y Acotram, software proporcionado por el Ministerio de Fomento. Para finalizar, se llevó a cabo un análisis de la sensibilidad de los datos para evaluar la rentabilidad de constituir una nueva empresa basada en todo lo estudiado.

El estudio anterior sirvió de referencia para el cumplimiento del segundo objetivo específico del estudio en curso, el cual se fundamenta en implementar adecuados procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna, porque en el antecedente, se muestra que estos son fundamentales para garantizar la seguridad y la eficiencia del proceso, debiendo considerarse los requisitos establecidos por la legislación vigente para la conducción de vehículos, el transporte de mercancías peligrosas, así como el buen mantenimiento de los camiones y cisternas y la formación adecuada de los conductores. Además, la mejora de los procesos de transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna también es esencial. Esto incluye la optimización de la ruta para minimizar el tiempo de entrega, el control de las presiones de los neumáticos y la correcta descarga de los productos para evitar pérdidas. Esto no solo mejora la seguridad, sino que también reduce los costes y aumenta la rentabilidad de la empresa.

Por otra parte en América Latina, un estudio realizado en Colombia por Moncada, P. (2022) y titulado: *“Propuesta de Estrategias de Producción Más Limpia (PML) para el Transporte de Combustibles Líquidos derivados del petróleo en la empresa Dispetrocom Ltda”* que tuvo como objetivo proponer estrategias PML por ser el transporte automotor un sector clave en la economía nacional e internacional; afirma que debido al auge de este sector, la demanda de combustible también ha aumentado, surgiendo empresas dedicadas a la extracción, distribución, transporte y gestión de productos líquidos derivados del petróleo. Esto ha generado ciertos impactos ambientales. Por ello, Dispetrocom Ltda (empresa de comercialización y distribución de hidrocarburos líquidos en Bogotá D.C.) propuso alternativas de Producción Más Limpia (PML) para prevenir y/o mitigar los daños que esta actividad puede llegar a causar al medio ambiente. Se establecieron estrategias de PML como capacitaciones, Planes de Contingencias (PDC) y Planes Estratégicos de Seguridad Vial (PESV), así como Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la iniciativa *“cero papeles”* con el fin de lograr un equilibrio entre la empresa y el medio ambiente.

En este orden de ideas, la presente investigación, se relaciona con la anterior, ya que ha establecido estrategias que incluyen la optimización del control de riesgo y la seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna a la vez que evaluaron su eficacia en la prevención de daños ambientales. De igual manera. El anterior antecedente se relaciona, con el tercer objetivo de este estudio enfocado en concientizar, con una adecuada técnica para crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos por la modalidad cisterna.

En el mismo contexto, Lizarazo, et al. (2021) realizó una investigación titulada: *“Evaluación de los controles establecidos en el proceso de recepción de residuos sólidos y líquidos, transporte, almacenamiento y disposición final de los mismos en la empresa Soluciones Ambientales Portuarias S.A.S. de la ciudad de Santa Marta”* siendo el objetivo general de esta consultoría evaluar y examinar los procedimientos principales involucrados en el macroproceso operativo de la empresa. Para alcanzar este objetivo, se aplicaron herramientas de observación directa, entrevistas, cuestionarios y un método de evaluación

de riesgos llamado AMFE para generar un informe que ayude a mejorar la prestación del servicio, la satisfacción del cliente, la disminución de los impactos al medio ambiente, la preservación de la integridad de los trabajadores y la optimización de las finanzas empresariales. Se identificaron fallas que necesitan ser corregidas para reducir los riesgos en la empresa. Por lo tanto, como tercer objetivo específico, se recomendó diseñar un manual de procedimientos para mitigar los riesgos encontrados durante la prestación del servicio de recepción de residuos sólidos y líquidos de los barcos, transporte, almacenamiento y disposición final. Además, se recomendó elaborar un mapa de procesos adecuado, ya que el actual no reflejó los macroprocesos reales de la empresa, sino una clasificación de los departamentos o áreas involucrados.

Por lo tanto, las conclusiones derivadas del anterior estudio están relacionadas con la investigación actual ya que ambas están enfocadas en una intervención de mejora capaz de mitigar los riesgos en el transporte de hidrocarburos y aunque en el antecedente se interesan por todos los estados de la materia lo que se recoge como aporte es la reducción del deterioro medioambiental y la mejora circunscrita en la capacidad de generar cambios más seguros en el manejo y transporte de los hidrocarburos.

En otro sentido, Morantes, et al. (2019) en su investigación titulada: *“Propuesta plan de manejo de riesgos y amenazas en el transporte de hidrocarburos y sustancias peligrosas en la corporación Prodensa”* cuyo objetivo general fue mejorar el manejo de riesgos y amenazas existentes en el transporte de hidrocarburos y sustancias peligrosas por medio de un análisis de la operatividad del transporte, la tecnicidad de maniobra de los conductores, las regulaciones normativas para la manipulación de sustancia peligrosas, lo que contribuyó con el diseño de estrategias y de un plan de manejo de riesgos que ayudó con la disminución de accidentes, manipulación y transporte de hidrocarburos de forma segura en el margen de la ley de la república de Colombia.

De allí que el anterior antecedente, demuestra que los planes de gestión, las estrategias de mejora y las actividades correctivas a nivel empresarial y de transporte constituyen un elemento dinamizador en el performance de la optimización de los controles

de riesgo, bien sea al momento del llenado, transporte o vaciado de sustancias altamente peligrosas como lo son los hidrocarburos.

Mientras a nivel nacional Vallejos, C. (2022) realizó una investigación titulada *“Evaluación de la condición de criticidad en la válvula interna de la línea de descarga de un camión cisterna de transporte de gas licuado de petróleo”* y cuyo objetivo fue determinar el caudal de flujo volumétrico de descarga en un sistema de transporte a granel de gas licuado de petróleo en estado líquido. Lográndose mediante la reducción del diámetro de tuberías y la válvula interna de 400GPM, que son consideradas por el ente fiscalizador OSINERGMIN como condiciones de criticidad alta. Se demostró que estas condiciones no interfieren con el funcionamiento normal de la válvula interna, la cual cuenta con un cierre de emergencia. Para llevar a cabo este cálculo, se tomó en cuenta los valores de operación tomados en el campo, así como los escenarios de presión y porcentaje de llenado que representan variables dentro del flujo volumétrico.

De allí que si bien, el estudio presentado como antecedente se enfoca en el despacho in situ y no en el transporte de hidrocarburos a lo largo del desarrollo, el investigador estudió la optimización de los diversos controles de seguridad para evitar complicaciones en la descarga y riesgos de manipulación y gestión en la operatividad, lo cual favorece al estudio en curso porque ambos evalúan los mecanismos de control de seguridad, los métodos y protocolos de prevención de riesgos.

Así mismo, Labán, M. (2022) llevo a cabo un estudio llamado: “Mejora del cumplimiento del plan de entrega de crudo en camiones cisternas de la Empresa Transber S.A.C. en la ruta estación 5 (Saramiriza – Loreto) – Terminal Bayovar (Piura) el cual trató sobre la optimización del cumplimiento del plan de entrega de crudo en camiones cisternas y cuyo problema surgió debido a la falta de un sistema adecuado para formular, evaluar y controlar los tiempos de transporte terrestre de combustible, el objetivo general fue aumentar el cumplimiento del plan de entrega. Los objetivos específicos involucraron la actualización de los procedimientos de trabajo, el control y seguimiento, y la verificación de las condiciones contractuales, y después de evaluar dos alternativas de solución, se

determinó que la mejor opción era proponer la implementación de una gestión de supervisión de transporte de ruta. Esta alternativa generó un VAN de S/. 396,912.76 y una TIR de 67.63 %, en comparación con la segunda alternativa que genera un Van de S/. 346,912.76 y una TIR de 33.28 %.

En consecuencia, los datos arrojados del estudio económico, así como la determinación general de la viabilidad del antecedente anterior, favorecen al estudio en cursos porque aporcionó conocimiento técnico para la determinación de los cambios principales que debían llevarse a cabo al momento de garantizar la gestión de mejoras en el manejo y transporte de hidrocarburos en camiones cisterna.

Finalmente, Gómez y Sánchez (2022) en su tesis titulada: *“Implementación del coaching en el programa de Seguridad Basado en el Comportamiento (SBC) para la reducción de incidentes/accidentes en el transporte de materiales peligrosos en la empresa Cargo Transport S.A.C.”* implementaron el Coaching en el área de operaciones relacionada con el transporte de materiales peligrosos. Todo ello a partir de las causas identificadas mediante las causas identificadas, las cuales estaban directamente relacionadas con la operatividad del transporte y la maniobra del personal a cargo, esto los condujo a producir soluciones grupales determinantes en la viabilidad de los sistemas de seguridad, los cuales fueron ampliamente evaluados de manera estadística y siguiendo una propuesta de solución para disminuir la peligrosidad a la que se exponían los trabajadores para lo cual tomaron en cuenta una población de 62 conductores pudiéndose reducir en un 78.3 % la incidencia de accidentes.

El antecedente anterior permitió evidenciar que los planes de mejora gerenciados eficientemente, además de atender los aspectos específicos que se presenten modificar, adicionan resultados evidentemente modificadores cuando son aplicados a nivel grupal, de allí que el aporte de mayor relevancia que este antecedente otorgó al actual estudio fue la disminución de riesgo.

Adicionalmente, la gestión de riesgos en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos es crucial para prevenir incidentes, proteger el medio ambiente y garantizar la

seguridad operativa. La norma NTP-IEC/ISO 31010 ofrece herramientas para identificar, analizar y evaluar riesgos asociados a eventos como derrames, incendios y fallas mecánicas.

La Tabla 1, resume la aplicabilidad de diversas metodologías según las etapas de apreciación del riesgo, permitiendo seleccionar técnicas cualitativas, cuantitativas o semi-cuantitativas según la complejidad de las operaciones. Destacamos el análisis de esquema en corbatín (Bow Tie) como una herramienta clave para identificar causas, consecuencias y barreras de control. Esta metodología, será parte fundamental del desarrollo de la presente tesis, dada su utilidad para visualizar y gestionar los riesgos en el transporte de hidrocarburos de forma integral. La implementación adecuada de estas herramientas facilita decisiones más seguras, sostenibles y eficientes en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos.

Tabla 1 *Aplicabilidad de las técnicas al proceso ISO 31000.*

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP-IEC/ISO 31010
29 de 148

TABLA A.1 – Aplicabilidad de las herramientas para la apreciación del riesgo

Herramientas y técnicas	Proceso de apreciación del riesgo					Véase el Anexo
	Identificación del riesgo	Análisis del riesgo			Evaluación del riesgo	
		Consecuencia	Probabilidad	Nivel de riesgo		
Lluvia de ideas	RA ¹⁾	NA ²⁾	NA	NA	NA	B 01
Entrevistas estructuradas o semiestructuradas	RA	NA	NA	NA	NA	B 02
Delphi	RA	NA	NA	NA	NA	B 03
Listas de verificación	RA	NA	NA	NA	NA	B 04
Análisis primario de peligros	RA	NA	NA	NA	NA	B 05
Estudios de peligro y operatividad (EPO)(HAZOP)	RA	RA	A ³⁾	A	A	B 06
Análisis de peligros y puntos críticos de control (APCC (HACCP))	RA	RA	NA	NA	RA	B 07
apreciación del riesgo ambiental	RA	RA	RA	RA	RA	B 08
Estructura "¿qué pasaría si?" (EQPS (SWIFT))	RA	RA	RA	RA	RA	B 09
Análisis de escenario	RA	RA	A	A	A	B 10
Análisis del impacto en el negocio	A	RA	A	A	A	B 11
Análisis de la causa principal (ACP)	NA	RA	RA	RA	RA	B 12
Análisis de modo y efecto de falla (EMEF)	RA	RA	RA	RA	RA	B 13
Análisis de árbol de fallas	A	NA	RA	A	A	B 14
Análisis de árbol de eventos	A	RA	A	A	NA	B 15
Análisis de causa y consecuencia	A	RA	RA	A	A	B 16
Análisis de causa y efecto	RA	RA	NA	NA	NA	B 17
Análisis de capas de protección (ACDP (LOPA))	A	RA	A	A	NA	B 18
Árbol de decisión	NA	RA	RA	A	A	B 19
Análisis de confiabilidad humana	RA	RA	RA	RA	A	B 20
Análisis de esquema en corbatín (<i>bow tie</i>)	NA	A	RA	RA	A	B 21
Mantenimiento enfocado en la confiabilidad	RA	RA	RA	RA	RA	B 22
Análisis de circuito furtivo	A	NA	NA	NA	NA	B 23
Análisis de Markov	A	RA	NA	NA	NA	B 24
Simulación de Monte Carlo	NA	NA	NA	NA	RA	B 25
Estadísticas y redes bayesianas	NA	RA	NA	NA	RA	B 26
Curvas FN	A	RA	RA	A	RA	B 27
Índices de riesgo	A	RA	RA	A	RA	B 28
Matriz de consecuencia y probabilidad	RA	RA	RA	RA	A	B 29
Análisis de costo y beneficio	A	RA	A	A	A	B 30
Análisis de decisión por criterios múltiples (ADCM (MCDAl))	A	RA	A	RA	A	B 31

1) Rotundamente aplicable RA

2) No aplicable NA

3) Aplicable A

1) Rotundamente aplicable RA
2) No aplicable NA
3) Aplicable A

Fuente: ISO 31010 (2017).

1.2. Problemática

En la industria de hidrocarburos las averías, derrames o fugas son los riesgos de mayor impacto que pueden causar corrosión y daños a los equipos y disminuir su operatividad, además con el paso del tiempo, este deterioro podría poner en riesgo a la fuerza laboral (Camejo et al., 2012). Esto a su vez se relaciona con la gestión o supervisión de los equipos e infraestructura ya que estos tienen una vida útil y si no se aplican metodologías de mejora el deterioro es progresivo y ocurre en menor tiempo, favoreciendo la posibilidad de incidentes de riesgo (Rodríguez y Callejas, 2019).

De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas (MINEM) el sector hidrocarburos es una de las principales actividades económicas del país por que contribuye alrededor del 2.5 o 3% del PBI en el Perú. Entre los procesos o etapas de la industria destacamos: la exploración, explotación, producción y desarrollo, refinación, transporte, fiscalización y venta, y comercialización, tal como se muestra en la Figura 1:

Figura 1 Cadena productiva de la industria del Petróleo.



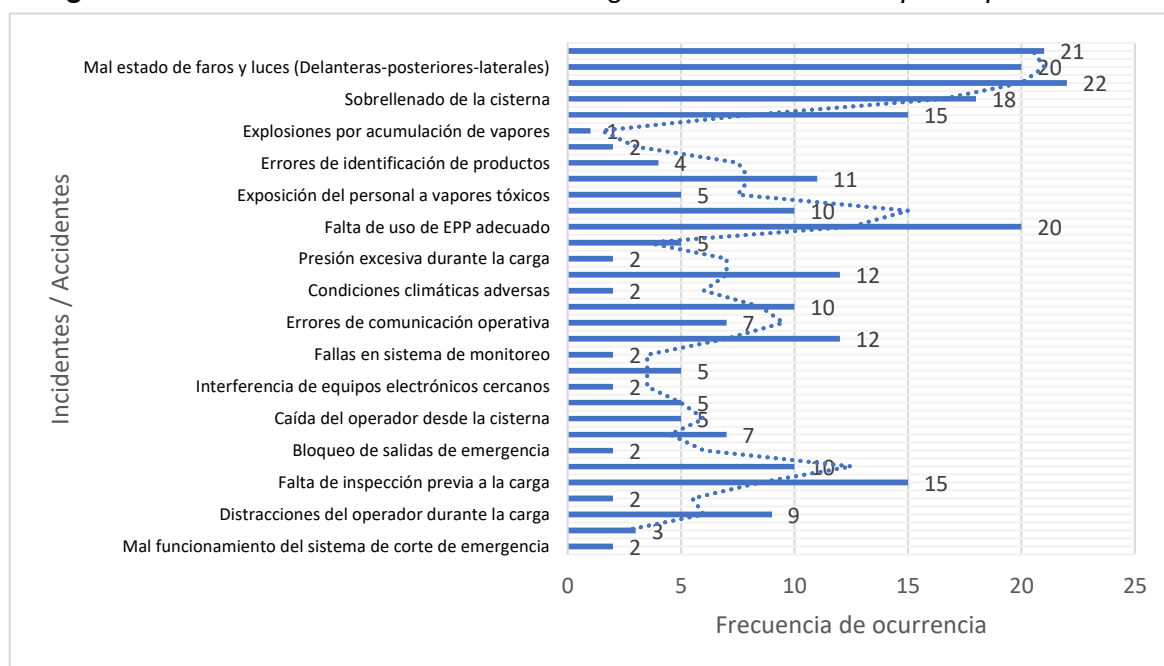
Fuente: Elaboración propia.

La Figura 1 muestra la asistencia de la unidad vehicular (cisterna) que transporta hidrocarburos líquidos y se encuentra presente de una u otra forma en todos los procesos de la industria, especialmente en la cuarta etapa el transporte por la modalidad de camión cisterna, la cual es la etapa de interés para el estudio en curso, porque este medio de transporte se describe como una máquina especializada cuya estructura y operatividad presenta menores riesgos de contaminación ambiental, mayor seguridad y mayor factibilidad de traslado por diferentes puntos para llegar a su destino final.

Durante el año 2024, se han producido incidentes en la carga, el transporte y descarga de hidrocarburos líquidos; servicio que ofrece la empresa Transportes Catalán, lo cual se ha convertido en un asunto pendiente de abordar para gestionar los riesgos críticos dentro de esta empresa.

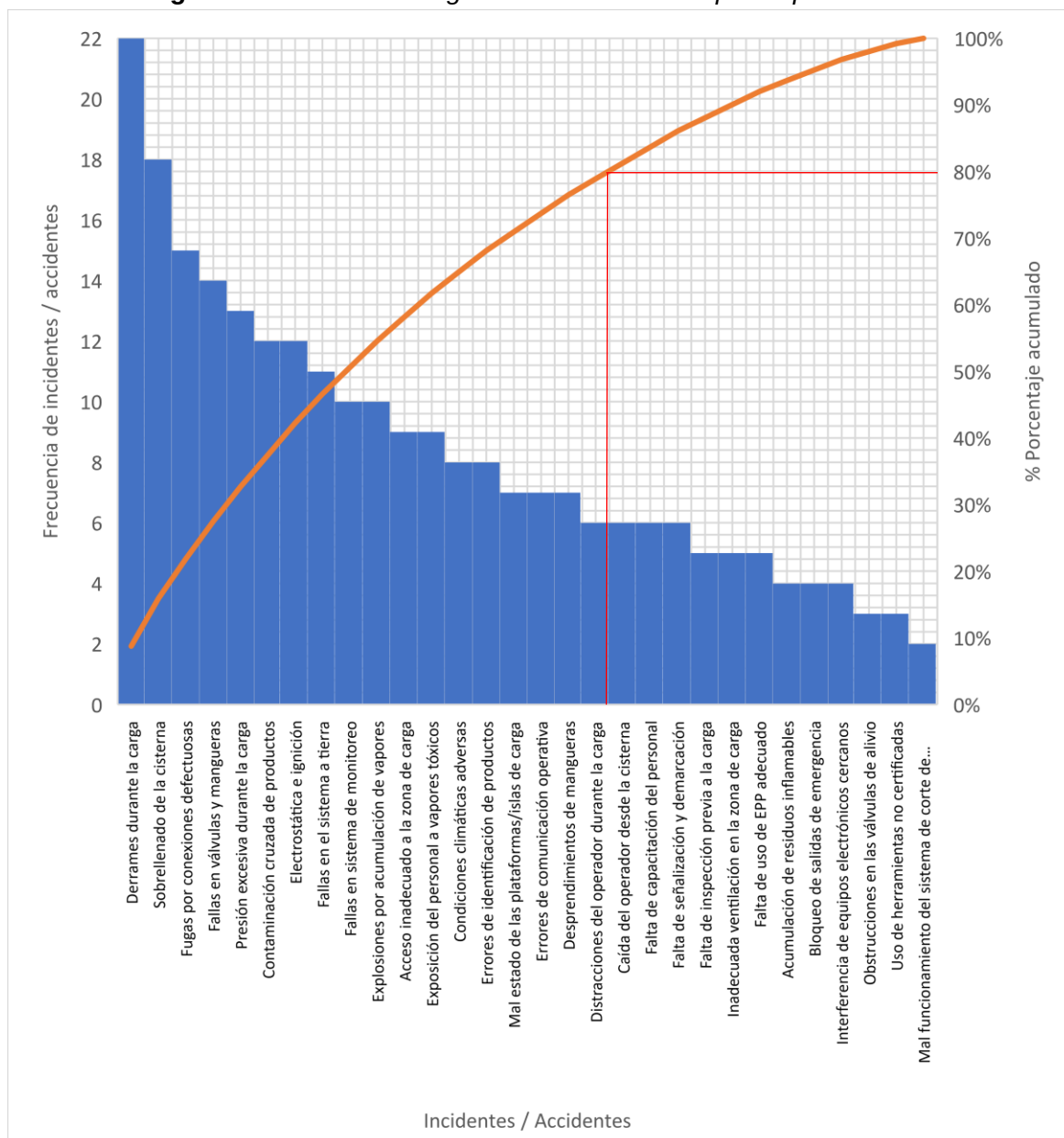
En primer lugar, los incidentes y/o accidentes identificados en la carga de hidrocarburos por cisterna, como se muestra en la Figura 2, es la base de un inadecuado proceso para el transporte terrestre. En la Figura 3, se puede observar un diagrama de Pareto donde el 63% representa 19 incidentes y/o accidentes de los 30 registrados en el año 2024; donde los derrames durante la carga tuvieron mayor frecuencia de ocurrencia.

Figura 2 Frecuencia de incidentes en la carga de hidrocarburos líquidos por cisterna.



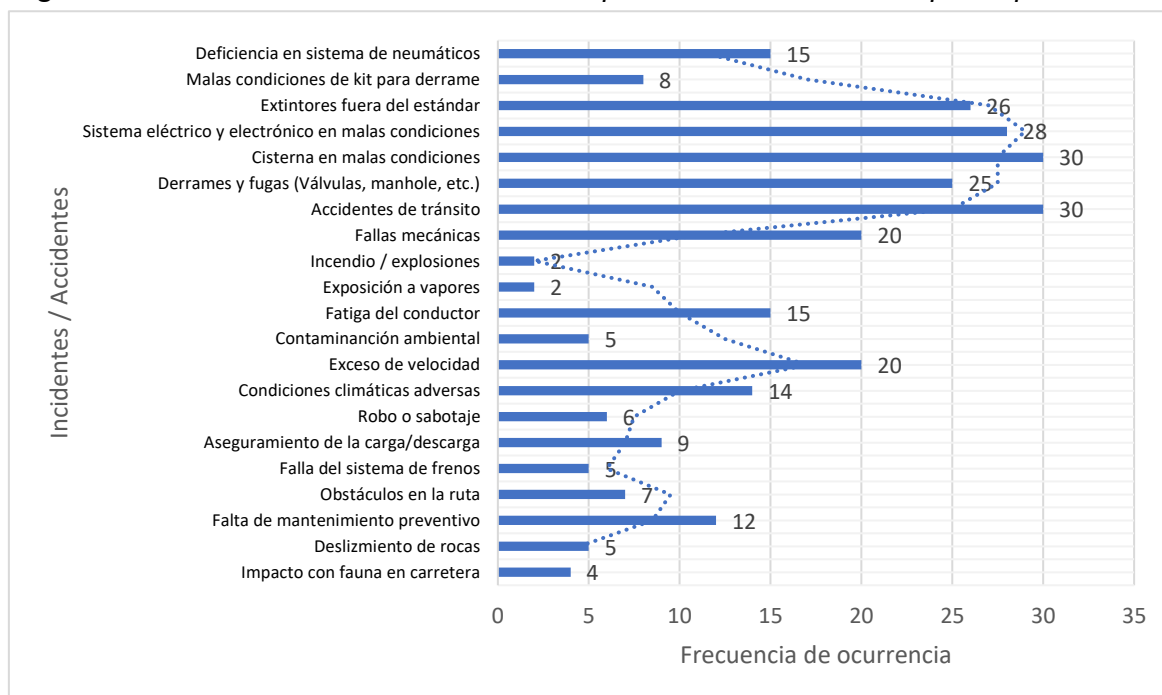
Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Pareto en la carga de hidrocarburos líquidos por cisterna.

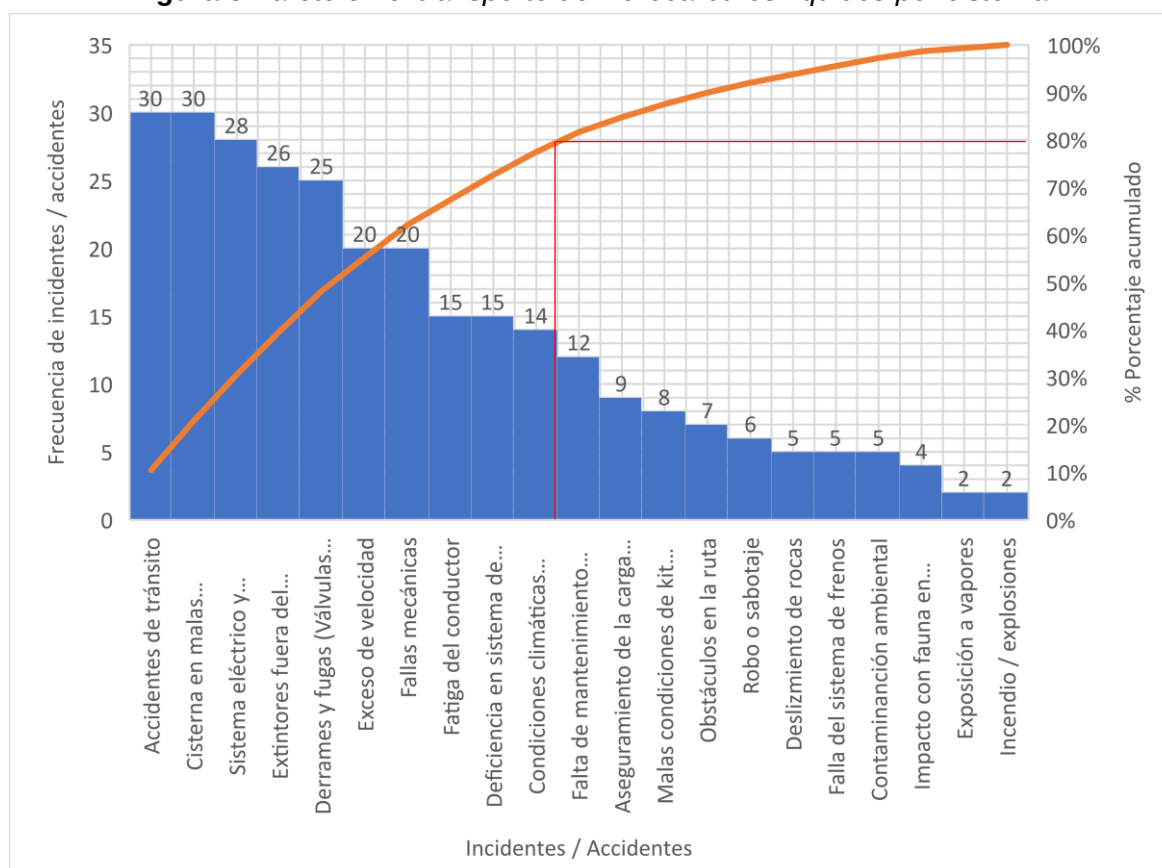


Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que la frecuencia con la que ocurren los incidentes en esta empresa es extrema ya que para el año 2024 hubo un total de 288 observaciones en el proceso de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, Figura 4. Mientras en el diagrama de Pareto en la Figura 5, el 83% representa 8 incidentes y/o accidentes, donde el de mayor impacto son los accidentes de tránsito.

Figura 4 Frecuencia de incidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.

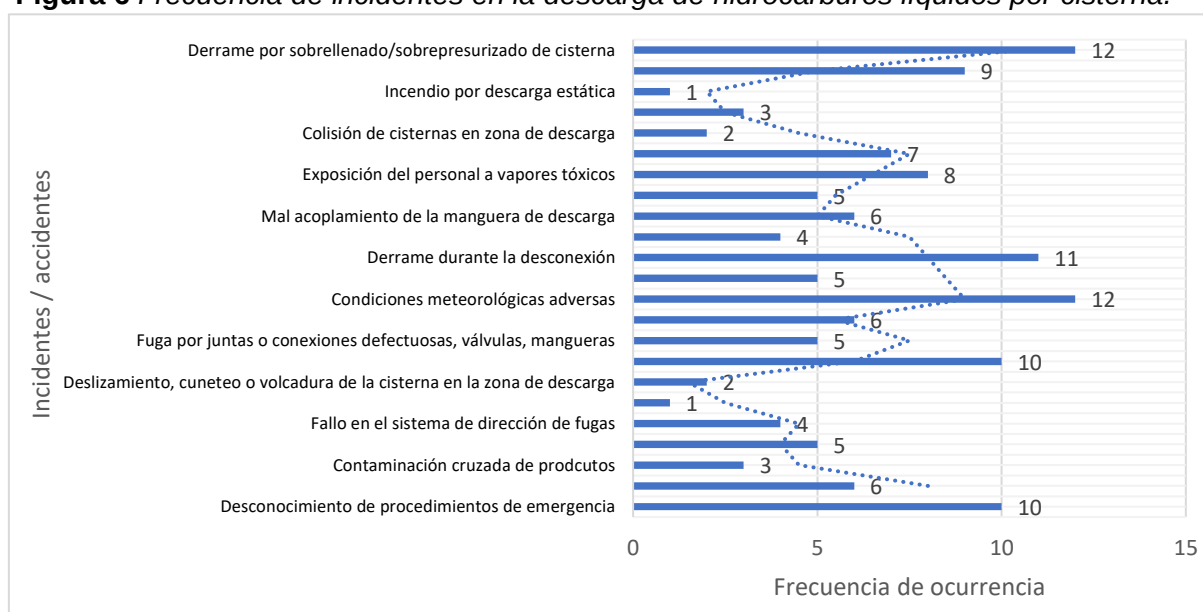
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Pareto en el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.

Fuente: Elaboración propia.

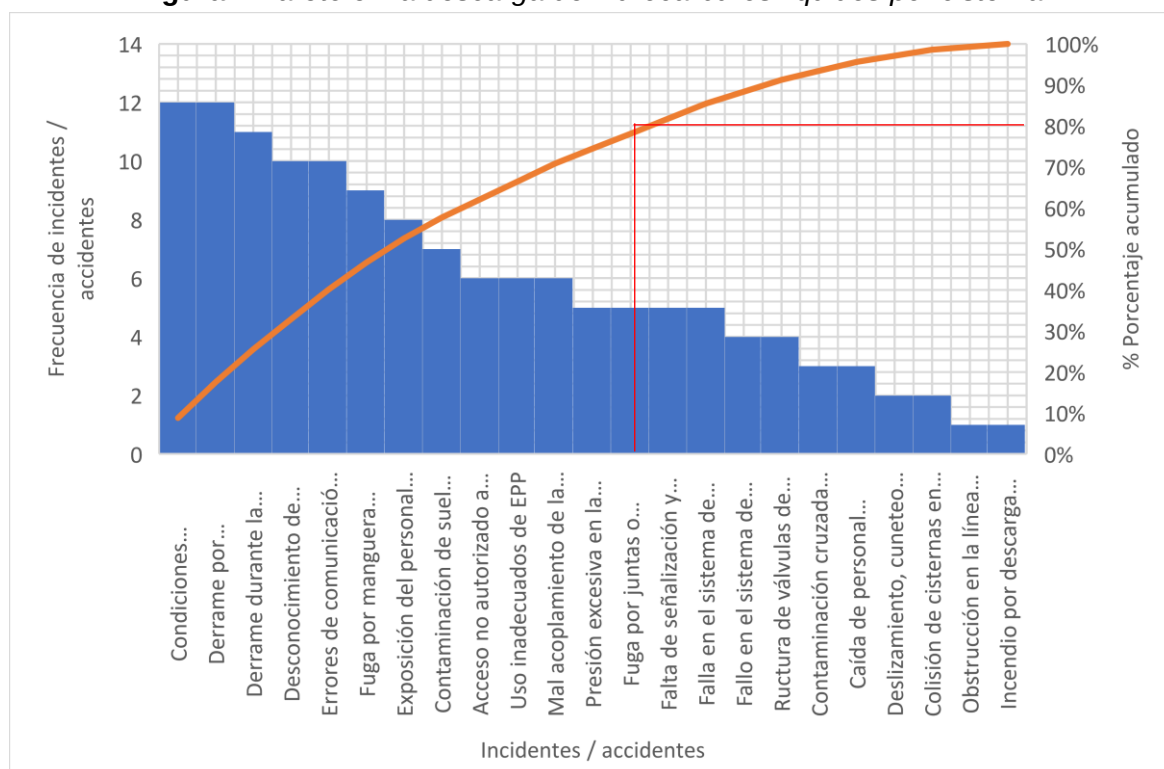
Finalmente, los incidentes y/o accidentes identificados en la descarga de hidrocarburos por cisterna, como se muestra en la Figura 6, refleja una inadecuada gestión. En la Figura 7, se puede observar un diagrama de Pareto donde el 80% representa 13 incidentes y/o accidentes de los 23 registrados en el año 2024; donde los derrames por sobrepresión y condiciones meteorológicas adversas tuvieron mayor frecuencia de ocurrencia.

Figura 6 Frecuencia de incidentes en la descarga de hidrocarburos líquidos por cisterna.



Fuente: Elaboración propia.

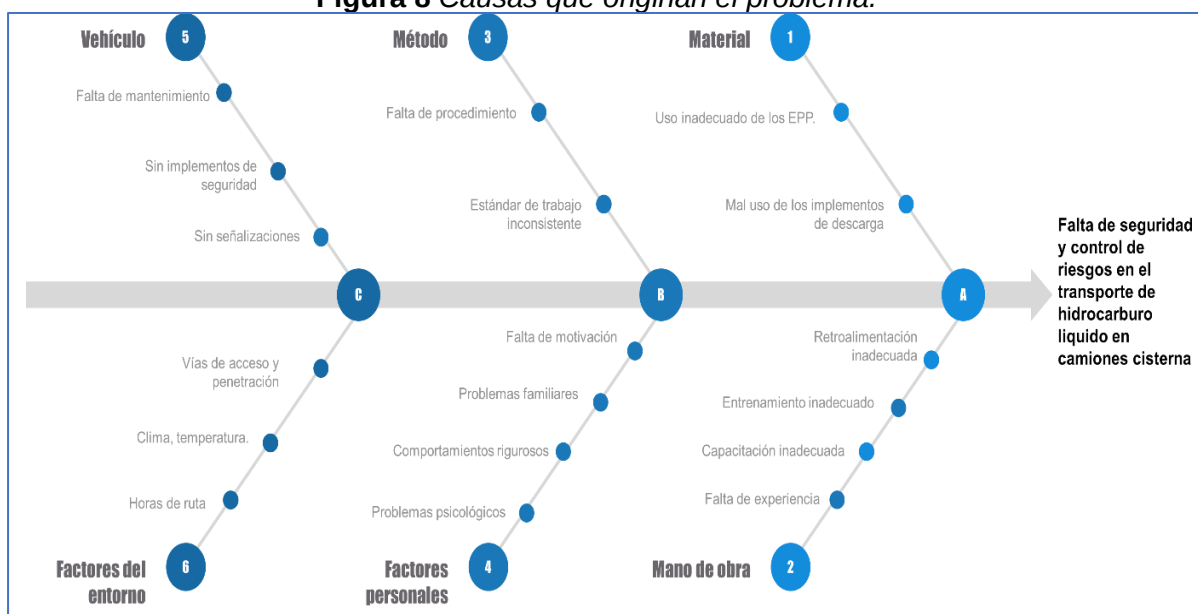
Figura 7 Pareto en la descarga de hidrocarburos líquidos por cisterna.



Sin embargo, esta investigación es consecuencia de los problemas que se presentan específicamente, en la carga, transporte y descarga por cisterna porque tiene ciertas dificultades operativas entre las cuales se puede precisar que, aunque muchos de estos camiones parezca que están aptos para ser conducidos por diferentes ciudades del Perú, los mismos no están bien equipados y mucho menos modernizados, incumpliendo las exigencias de seguridad y protección ambiental vigentes. Las condiciones de tránsito son abruptas; ya que pasan por una serie de situaciones adversas y realizando actos inseguros, lo cual ha provocado accidentes significativos, daños al medio ambiente y hasta la muerte de los conductores.

Los actos inseguros se originan cuando el operador del camión cisterna no actúa como debe ser (no sabe, no quiere, no puede) por ejemplo: manejar en estado de ebriedad, conducir sin pausas activas en largas horas de manejo, no contar con una hoja de ruta, etc. Las condiciones inseguras en el área y/o punto de trabajo, por ejemplo: Tiempo meteorológico (neblina, lluvia, punto de calor, etc.) carreteras en mal estado, etc. Actos y condiciones inseguras son las principales causas de los incidentes y accidentes en el transporte terrestre de hidrocarburos. Por esto, se presenta la Figura 8 con tentativa de los posibles factores que ocasionan el problema:

Figura 8 Causas que originan el problema.



Fuente: Elaboración propia.

Nota. La Figura 8 presenta un diagrama de Ishikawa el cual contiene las causas del problema.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cómo optimizar la gestión de controles críticos mediante la implementación de un modelo basado en la metodología Bow Tie para reducir los riesgos operacionales y prevenir accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo obtener un mayor control y mitigación de riesgo en el transporte de hidrocarburos líquidos, para evitar accidentes humanos y daños materiales?
- ¿Cómo adecuar la identificación de peligros y evaluación de riesgo en la seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos para evitar accidentes humanos y daños materiales?
- ¿Cómo crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos para evitar accidentes humanos y daños materiales?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Optimizar la gestión de controles críticos mediante el diseño e implementación de un modelo basado en la metodología Bow Tie para reducir riesgos operacionales y prevenir accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Obtener un mayor control y mitigación de riesgo en el transporte de hidrocarburos líquidos, para evitar accidentes humanos y daños materiales.
- Realizar una buena adecuación de la identificación de peligros y evaluación de riesgos en la seguridad para el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.
- Crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos para evitar accidentes humanos y daños materiales.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis General

La optimización de la gestión de controles críticos mediante la metodología Bow Tie permitirá reducir riesgos operacionales y prevenir los accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Con un mayor control y mitigación de riesgo en el transporte de hidrocarburos líquidos, se evitará accidentes humanos y daños materiales.
- Una adecuada identificación de peligros y evaluación de riesgos en la seguridad para el transporte de hidrocarburos líquidos, reducirá accidentes humanos y daños materiales.
- Los adecuados métodos para crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos, evitará accidentes humanos y daños materiales.

1.6. Justificación de la Investigación

El presente estudio tuvo como finalidad proponer medidas para la delimitación del proceso general de transporte de hidrocarburos líquidos, con un enfoque en la seguridad del transporte terrestre mediante camiones cisterna. A través de este proceso, se identificaron mejoras destinadas a reducir incidentes y mitigar riesgos para los trabajadores y su entorno, evitando, neutralizando o minimizando posibles amenazas.

En este contexto, el estudio se centra en la prevención de accidentes, lo que respalda la necesidad de optimizar procedimientos y evitar situaciones como la ocurrida en un incidente en Perú, donde un desprendimiento de roca de gran tamaño fue la causa del accidente. Dicho suceso pudo haberse prevenido o mitigado mediante la implementación de metodologías y estrategias como las propuestas en este estudio. En adelante se muestra el siniestro ocurrido en la Figura 9:

Figura 9 Carretera central, incendio de camión cisterna de combustible dejó un muerto.



Fuente: El Comercio (2021)

Mediante la investigación se quiere implementar un método el cual abarque, acorde a las normativas vigentes, una serie de procedimientos, instructivos, medidas, protocolos, planes, buenas prácticas, etc. Lo cual permitirá a los interesados plasmarlo en las actividades de transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna, logrando así una mejora continua.

En el sentido práctico se hace importante puesto que busca mejorar las operaciones de las empresas dedicadas al transporte de hidrocarburos líquidos por modalidad cisterna, tratando de prevenir los riesgos laborales de los diferentes sistemas, caminos, líneas, rutas, etc. que se encuentren en la actividad del transporte, así lograr el objetivo final de que el bien y todos los involucrados lleguen a su destino final sin ningún inconveniente.

En el sentido teórico sintetiza un marco teórico relevante para entender el proceso de seguridad en el transporte de hidrocarburos, además de plantear el marco legal que fundamenta la aplicación de procedimientos y métodos que mitiguen los riesgos de accidentes e incidentes; que por ser los hidrocarburos líquidos inflamables y combustibles causan graves daños en caso no se manipulen, almacenen y/o transporten correctamente.

1.7. Identificación de Variables

1.7.1. *Variables Independientes*

Optimización del modelo Bow Tie para gestión de controles críticos.

1.7.2. *Variables Dependientes*

Frecuencia de incidentes operacionales.

Nivel de cumplimiento de controles.

Mejora en cultura preventiva.

Tabla 2 Operacionalización de Variables.

Variable	Definición conceptual de la variable	Indicadores	Instrumento de recolección de datos	Definición Operacional
Variable dependiente				Escala nominal
Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Control.	Herramienta de gestión el cual nos permite identificar peligros y evaluar riesgos asociados a los procesos.	* Indicadores de Proceso (Matriz IPERC, etc.)	* Observación directa. * Análisis documental. * Consultas. * Entrevistas no estructuradas. * Herramientas de análisis calidad, operación, etc.	
Mecanismos de control de seguridad.	Procesos el cual nos proporciona una estructura para el control de estrategia, gestión y evaluación en la seguridad y riesgos.	* Indicadores de Proceso (Controles de seguridad, etc.)	* Observación directa. * Análisis documental. * Consultas. * Entrevistas no estructuradas. * Herramientas de análisis calidad, operación, etc.	
Métodos de Gestión y Herramientas de riesgos.	Técnicas para un programa integral de gestión que permite abordar amenazas de manera sistemática y organizada.	* Indicadores de Proceso (Métodos de gestión, etc.)	* Observación directa. * Análisis documental. * Consultas. * Entrevistas no estructuradas. * Herramientas de análisis calidad, operación, etc.	
Nivel de riesgo operativo	Evaluación de la probabilidad y el impacto potencial de pérdidas debido a fallas en los procesos, personas, sistemas o eventos externos dentro de una organización.	* Frecuencia de incidentes operacionales * Nivel de cumplimiento de controles * Mejora en cultura preventiva	* Observación directa. * Análisis documental. * Consultas. * Entrevistas no estructuradas. * Herramientas de análisis calidad, operación, etc.	

Continuación de la Tabla 2:

Variable	Definición conceptual de la variable	Indicadores	Instrumento de recolección de datos	Definición Operacional
Variable independiente				
Modelo de gestión Bow Tie aplicado al proceso logístico de transporte por cisterna.	Conjunto de etapas, las cuales se encuentran integradas dentro de un proceso continuo, lo cual crea todas las condiciones necesarias para trabajar de forma ordenada, en la cual se busca una adecuada ejecución y se quieren conseguir ciertas mejoras para conseguir el éxito y la continuidad.	* N° de incidentes antes/después. * % de controles críticos aplicados correctamente. * Encuesta de percepción de seguridad. * Indicadores de estructura. * Indicadores de proceso. * Indicadores de resultado.	* Planificación, aplicación, actuar y verificación.	Escala nominal

1.8. Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia se puede apreciar en la Tabla 3:

Tabla 3 *Matriz de Consistencia.*

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Dependiente	
¿Cómo optimizar la gestión de controles críticos mediante la implementación de un modelo basado en la metodología Bow Tie para reducir los riesgos operacionales y prevenir accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas?	Optimizar la gestión de controles críticos mediante el diseño e implementación de un modelo basado en la metodología Bow Tie para reducir riesgos operacionales y prevenir accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas.	La optimización de la gestión de controles críticos mediante la metodología Bow Tie permitirá reducir riesgos operacionales y prevenir los accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas.	Implementación del modelo Bow Tie para gestión de controles críticos.	* Indicadores de estructura. (Políticas, reglamento, etc.) * Indicadores de proceso. (Controles de seguridad, etc.) * Indicadores de resultado. (Índice de accidentabilidad, reporte de incidentes/accidentes, etc.)

Continuación de Tabla 3:

Problema Específico	Objetivo Específico	Hipótesis Específica	Variable Independiente
¿Cuál sería los adecuados procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna?	Implementar adecuados procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.	La implementación adecuada de procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna, permiten un mejor control de riesgo.	* Normativas, procedimientos, protocolos, instructivos, planes, etc.
¿Cuál sería la adecuada identificación de peligro y evaluación de riesgos en la seguridad para el transporte de hidrocarburos líquidos mediante camión cisterna?	Realizar la adecuada identificación de peligro y evaluación de riesgos en la seguridad para el transporte de hidrocarburos líquidos mediante camión cisterna.	La adecuada identificación de peligro y evaluación de riesgos en la seguridad para el transporte de hidrocarburos líquidos mediante camión cisterna, reduce los riesgos de seguridad.	* Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos y Control. * Mecanismos de control de seguridad.
¿Cuál sería la adecuada técnica para crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos por la modalidad cisterna?	Concientizar con una adecuada técnica para crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos por la modalidad cisterna.	Los adecuados métodos para crear una cultura preventiva en el transporte de hidrocarburos líquidos por la modalidad cisterna, nos ayuda a concientizar al colaborador.	* Métodos de Gestión y Herramientas de riesgos. * Principios de seguridad.

Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual

2.1. Marco Teórico

El marco teórico y conceptual es una herramienta fundamental para el éxito en la optimización de la seguridad y el control de riesgos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú. El marco teórico y conceptual proporciona una base para la identificación de los problemas de seguridad y control de riesgos, una evaluación de los factores que contribuyen al riesgo y la toma de decisiones para reducir y mitigar los riesgos identificados.

Esto ayuda a garantizar que los procesos de seguridad y control de riesgos sean eficaces y eficientes. Además, el marco teórico y conceptual también ayuda a los profesionales a comprender mejor cómo los riesgos pueden afectar a la industria y a los empleados, así como a las comunidades donde se realizan operaciones de transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.

2.1.1. Hidrocarburos Líquidos

Los hidrocarburos líquidos comprenden al petróleo y sus derivados y los líquidos de gas natural. Estos son una mezcla de compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno en estado líquido que se forman en depósitos subterráneos de roca sedimentaria mezclados con otros elementos (OSINERGMIN, 2017). Los hidrocarburos son compuestos que contienen carbono e hidrógeno. Las formas líquidas de estos compuestos se denominan comúnmente petróleo, mientras que la forma gaseosa se conoce como gas natural. Ambos son fuentes de combustibles fósiles y materia prima para la industria petroquímica y de plásticos (Comerna Piña, 2005).

El petróleo consiste en una mezcla compleja de compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden variar en composición y comportamiento geológico según el yacimiento. Mediante procesos de refinado como la destilación o el craqueado, el petróleo se separa en diferentes productos. Estos productos son valiosos dependiendo de su temperatura de ebullición. Al final de la cadena de producción se encuentran productos

residuales que ya no se relacionan con el petróleo original. A veces se confunden erróneamente el petróleo con sus derivados como los combustibles y residuos (Comerna Piña, 2005).

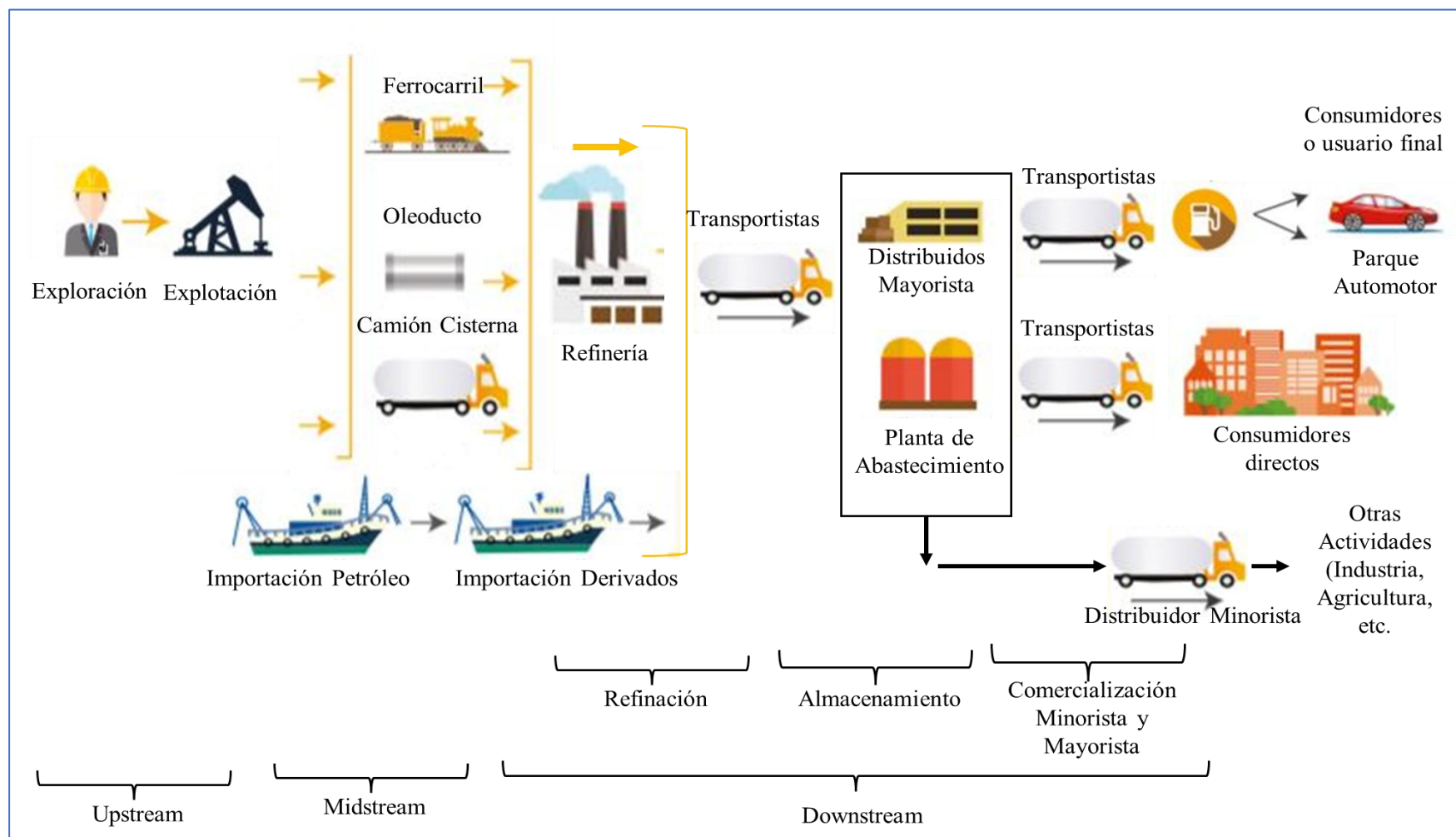
2.1.2. Transporte por cisterna en la cadena de valor industrial de hidrocarburos

La Cadena de Valor de los Hidrocarburos y sus derivados se refiere al conjunto de actividades o procesos necesarios para llevar el petróleo desde el lugar donde se extrae hasta el cliente final. Esta cadena incluye extracción, transporte, refinación, almacenamiento, distribución, comercialización y venta. La extracción del petróleo comienza con la exploración para localizar y evaluar los recursos de petróleo y gas natural. Una vez que se ha localizado un depósito, los equipos de perforación y extracción extraen el petróleo de los pozos de tierra.

El transporte se realiza a través de buques, tanques de almacenamiento, tuberías submarinas y terrestres (oleoductos) y otros medios. La refinación consiste en separar el petróleo crudo en diferentes productos como gasolina, diésel y aceite para motor. Esto se hace mediante un proceso de destilación que separa los diferentes componentes del petróleo en función de su volatilidad. Los productos refinados se almacenan en tanques de almacenamiento para su posterior distribución. Estos tanques de almacenamiento se encuentran en plantas de refinación y estaciones de combustible.

Una vez almacenado, los productos refinados se distribuyen a través de una red de tuberías, buques y camiones cisterna hacia estaciones de servicio, minoristas y otros clientes. Los productos refinados también se comercializan a través de contratos de compra-venta. Finalmente, los productos refinados se venden al cliente final a través de estaciones de servicio, minoristas y otros canales. Para efectos gráficos la Figura 10 expone un gráfico representativo de la cadena de valor de hidrocarburos:

Figura 10 Cadena de valor de los hidrocarburos y sus derivados.



Fuente: OSINERGMIN (2017)

2.1.2.1. Upstream

En el *upstream* se puede identificar las actividades de exploración de nuevos yacimientos petrolíferos y la explotación/extracción del petróleo crudo como muestra la anterior Figura 10. En esta sección, las actividades de transporte de hidrocarburos líquidos y derivados mediante camiones cisternas toma importancia como por ejemplo en los siguientes procesos:

- Exploración:

- Abastecimiento a motores, grupos electrógenos, maquinaria pesada, camionetas, helicópteros, avionetas, etc.
- Suministro para almacenaje a tanques, *bladders*, tanques IBC, etc.

- Explotación:

- Abastecimiento a motores, grupos electrógenos, camionetas, maquinaria pesada, etc.
- Extracción de petróleo por modalidad *Swab*.
- Transporte interno para almacenaje en tanques, *bladders*, tanques IBC, etc. De baterías, estaciones de servicios, etc.
- Transporte externo para puntos de ventas, almacenaje en tanques, etc. De refinerías, estaciones de servicio, etc.

En el Perú, la extracción de hidrocarburos es la actividad primaria de las empresas petroleras, el petróleo producido (crudo bruto) se puede vender al cliente estatal, Petroperú o los privados Repsol y/o Pluspetrol.

2.1.2.2. Midstream

En el *midstream* se considera el transporte de hidrocarburos líquidos, los minerales extraídos, se trasladan a diferentes destinos, ya sea para la comercialización, refinación, plantas de fraccionamiento o puertos para comercio exterior. Esto se puede dar mediante oleoducto, gaseoducto, trenes o camiones cisternas.

2.1.2.3. Downstream

En el *dowstream* podemos identificar las actividades a partir del proceso de refinación o fraccionamiento del hidrocarburo y su transformación en los diferentes

combustibles, el transporte y almacenamiento de estos últimos, hasta la comercialización mayorista y minorista como muestra la Figura 10, anteriormente presentada.

En estos tres sectores: *upstream*, *midstream* y *dowstream*, podemos ver que las actividades de transporte de hidrocarburos líquidos y derivados mediante camiones cisternas debe realizarse por una institución que cuente con un óptimo sistema de gestión de seguridad, en el cual se establezcan procesos enfocados al cumplimiento de las directrices de la misión, visión, objetivos y valores corporativos que permitan satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos; y para garantizar aquello se desarrolla la certificación ISO 45001 teniendo en cuenta que la mejor fortaleza es un recurso humano comprometido, calificado y competente.

2.1.3. Cisterna de hidrocarburos líquidos, equipos y accesorios

Es un remolque con ruedas no motorizado el cual almacena hidrocarburos líquidos y derivados, acondicionado a un camión o tracto con motor lo cual permite transportar el producto hacia los puntos de distribución o consumidores finales. Un camión cisterna de carga de hidrocarburos líquidos y derivados es un vehículo de transporte especializado diseñado para transportar grandes cantidades de combustibles líquidos y derivados.

Estos vehículos están equipados con una o más cisternas de almacenamiento para contener los combustibles líquidos a granel. El camión cisterna también está equipado con un sistema de bombeo para descargar los combustibles líquidos a la ubicación de destino. Además, estos vehículos incluyen una variedad de dispositivos de seguridad para ayudar a controlar el flujo de combustible, evitar fugas y prevenir el incendio. Los camiones cisterna de carga de hidrocarburos líquidos y derivados son generalmente de gran tamaño y muy pesados, lo que los hace muy difíciles de operar. En la Figura 11 se muestran camiones cisterna:

Figura 11 *Camión cisterna de hidrocarburos líquidos y derivados.*



Fuente: Transportes M. Catalán (2022)

El mundo de las cisternas es muy diverso, ya que la fabricación de las mismas es muy variada, pero a continuación resaltamos las características técnicas más generales:

- Capacidad:
 - 1000 galones, 1500 galones, 3000 galones. Destinadas al reparto doméstico, industrial, abastecimiento minorista con surtidores, etc.
 - 4500 galones, 5000 galones, 6000 galones., 9000 galones. Puede ser compartimentada o no, destinadas al transporte de hidrocarburos a gran escala (petróleo, gasolina, gasoil, diésel, turbo, etc.)
- Límite de carga: 90% de su capacidad.
- Presión de trabajo: atmosférica.
- Material de construcción: Aluminio, acero.
- Equipos y accesorios: Con relación a este punto Los equipos para transporte de hidrocarburos son dispositivos mecánicos utilizados para mover y almacenar petróleo, gas y otros productos químicos derivados del petróleo. Estos equipos generalmente se usan para transferir petróleo y gas desde un lugar a otro, así como para almacenarlos temporalmente (WordPress, 2012).

Los equipos para transporte de hidrocarburos incluyen tanques de almacenamiento, tuberías, bombas, válvulas y válvulas de control, y otras herramientas y dispositivos. Estos equipos también se usan para procesar, mezclar y separar los diferentes componentes del petróleo y el gas. Los equipos para transporte de hidrocarburos son esenciales para el suministro de combustible seguro, limpio y confiable (WordPress, 2012). El detalle de los equipos y accesorios se muestra en la Figura 12:

Figura 12 Equipos para transporte de hidrocarburos.

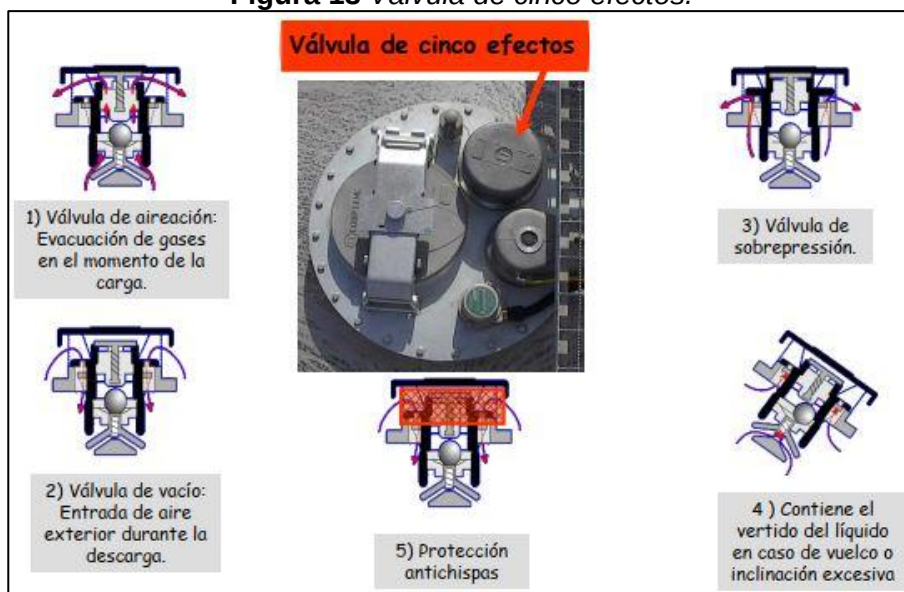


Fuente: Isotankcentral (2019)

- Cuerpo de cisterna: De forma elíptica.
- Compartimentación: Podrán ser compartidas o monocubas (no compartidas) con rompeolas.
- Armario lateral de válvulas para carga-descarga.
- Tapa paso de hombre: Las cisternas de hidrocarburos junto con la tapa llevan una válvula de recuperación de gases (está prohibido que los gases que desprenden los carburantes en la carga/descarga se dejen libres en la atmósfera). Un nivel electrónico evita la sobrecarga de producto permitido.

- Colector y válvula de recuperación de gases: En cada compartimiento de depósito hay una válvula de recuperación junto a la tapa paso de hombre, todas estas válvulas están unidas a un colector común que tiene su conexión cerca del armario de válvulas para su carga/descarga.
- Válvula de cinco efectos: Esta válvula permite la acción de varias funciones en un mismo dispositivo y de forma simultánea. Son varias válvulas en una sola. Las funciones para las que está diseñada se muestran en la Figura 13:

Figura 13 *Válvula de cinco efectos.*



Fuente: Oposición Bomberos Online (2022)

2.1.4. Aplicación de hidrocarburos líquidos en la industria

Los hidrocarburos líquidos y/o derivados son transportados vía terrestre, mediante camiones cisternas debidamente acondicionadas, hacia los diferentes puntos de venta minorista o consumidores finales, llegando a lugares de difícil acceso garantizando el requerimiento del cliente (Estaciones de servicio, grifos, consumidores directos, entre otros). Los hidrocarburos líquidos y sus derivados se emplean en el área industrial esencialmente como combustibles para generar energía y como materia prima para confeccionar una amplia selección de productos (Ondarse Álvarez, 2024).

El Gas Natural Licuado (GNL) y la nafta son aprovechables como combustibles para producir energía. El GNL se emplea primordialmente en unidades de generación de

energía móviles, como las empleadas en centrales eléctricas periféricas o en automóviles. La nafta se usa generalmente en motores de combustión interna para crear energía (Ondarse Álvarez, 2024). También se emplean como materia prima para la fabricación de una gran cantidad de artículos. Estos artículos comprenden plásticos, detergentes, medicamentos, barnices, lubricantes y otros. Por ejemplo, los hidrocarburos líquidos se utilizan para producir un tipo de plástico llamado policloruro de vinilo (PVC). El PVC es un material resistente a la corrosión, la humedad y el calor y se emplea en una variedad de aplicaciones, desde tuberías hasta recubrimientos para paredes (Ondarse Álvarez, 2024).

Además, se usan como parte de una variedad de procesos industriales, como el procesamiento de alimentos, la refinación de petróleo y la producción de plásticos. Los procesos de refinación de petróleo se usan para separar los componentes diferentes del petróleo crudo para producir combustibles, lubricantes y otros productos (Ondarse Álvarez, 2024).

Los procesos de producción de plásticos involucran la mezcla de hidrocarburos líquidos y otros materiales para crear plásticos. En resumen, los hidrocarburos líquidos y sus derivados se usan en el sector industrial como combustibles para generar energía, como materia prima para la fabricación de productos y como parte de una variedad de procesos industriales. Entre el sector de hidrocarburos y sus derivados existen varias aplicaciones las cuales se puntualizan en Tabla 4:

Tabla 4 *Uso de hidrocarburos líquidos y derivados en el sector industrial.*

Sector	Hidrocarburos y derivados	Aplicación
Industrial	Petróleo crudo	Refinación.
	Diesel	Equipos industriales: Agricultura, minería, pesquería, construcción, calzado, textil, alimentos, bebidas, etc.
	Petróleo Industrial	Calderas, quemadores, hornos industriales y comerciales.
	Combustibles Marinos	Calderas de buques.
	Biodiesel	Equipos industriales: Agricultura, minería, pesquería, construcción, calzado, textil, alimentos, bebidas, etc.

	GLP	Hornos, calderos.
Generación eléctrica	Diesel	Plantas industriales eléctricas.
	GLP	Generación eléctrica.
	Biodiesel	Plantas industriales eléctricas.
Residencial	GLP	Cocinas, terma, calefacción.
Transporte	Gasolina	Automóviles, camionetas, maquinarias menores.
	Gasolina Aviación	Motores de aviación.
	Diesel	Automóviles, camiones, ómnibus.
	Turbo	Aeronaves en turbina o turbo hélice, aviones comerciales y helicópteros.
	Gasohol	Parque automotor.
	GLP	Automóviles, tractores, ómnibus y camiones. Vehículos de transporte de mediana y larga distancia, de transporte urbano, gasolineros convertidos a GLP y sistema dual gasolina-GLP.
	Biodiesel	Automóviles, camiones, ómnibus.

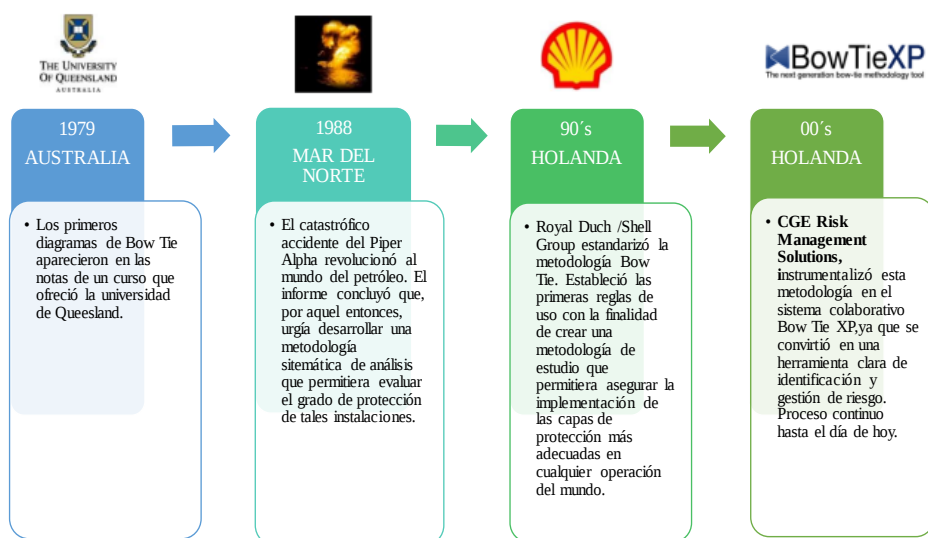
Fuente: Elaboración propia.

2.1.5. Metodologías

2.1.5.1. Metodología *Bow Tie*.

Los orígenes y fechas exactas del desarrollo de la metodología *Bow Tie* no se saben con certeza, pero se tienen antecedentes de que los primeros diagramas de *Bow Tie* aparecieron en Inglaterra en el año 1979. Podemos apreciar en la línea de tiempo de la Figura 14:

Figura 14 Historia de la metodología *Bow Tie*.

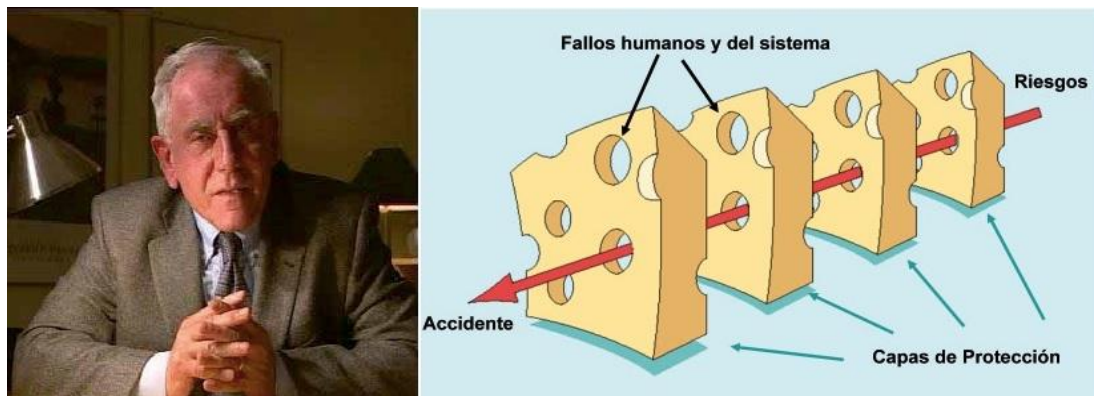


Fuente: CGE RISK (2022).

Para profundizar la investigación de seguridad y control de riesgos en el transporte de hidrocarburos por cisternas con *Bow Tie*, tiene que comenzar hablando de James Reason (1990) quien propuso la metáfora del queso suizo para poder explicar la causalidad de los accidentes. Planteó la hipótesis que los peligros pueden evitarse por medio de barreras de protección que tienen las organizaciones o barreras de control. Según James Reason afirma que los controles nunca son 100% eficaces, él ve la seguridad como un sistema y los accidentes como el resultado de los errores de cualquier persona en combinación con otras fallas en el sistema.

Apoyándose de la propuesta de Reason es como se potencia la metodología de *Bow Tie* mediante las barreras que vendrían a ser los controles, como se puede apreciar en la Figura 15.

Figura 15 Metáfora del queso suizo.



Fuente: James Reason (1990).

2.1.6. Normativa

2.1.6.1. Normativa General

La normativa general presenta un conjunto de leyes, decretos supremos, decretos legislativos, Sistemas de Gestión (ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 39001, ISO 31000, etc.) y las estipulaciones de la Alianza Empresarial para Comercio Seguro (*Business Alliance for Secure Commerce - BASC*) y del Libro Naranja de las Naciones Unidas, que hacen clara acerca de la Seguridad, Salud ocupacional y Gestión de medio ambiente.

Esta normativa no solamente es de aspecto nacional sino también internacional ya que es de conocimiento pleno de las instituciones mundiales más importantes que tienen manejo de estos temas. Con relación a los aspectos en mención se muestra la Tabla 5 contentiva de la normativa general:

Tabla 5 *Normativa General.*

Normativa	Detalle
Constitución Política del Perú -1993	Constitución Política del Perú de 1993. Título III, Capítulo II "Del Ambiente y los Recursos Naturales" (Artículo 23 y 24)
Ley N° 26842 – 1997	Ley General de Salud
R.M. N° 480-2008-MINSA	Listado de enfermedades Profesionales
R.M. N° 375-2008-TR	Norma básica de Ergonomía
R.M. N°312-2011-MINSA	Protocolos de los Exámenes Médico Ocupacionales.
Ley N° 29783	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (20 agosto 2011)
D.S. N° 005 – 2012 – TR	Reglamento de la Ley Seguridad y Salud en el Trabajo. (24 de abril 2012)
R.M. N° 050-2013-TR	Formatos referenciales que debe contener los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
Ley N° 30222	Ley que modifica la Ley 29783. (24 de Julio 2014)
R.M. N°004-2014-MINSA	Modificación de la R.M. N°312-2011-MINSA Protocolos de los Exámenes Médico Ocupacionales. Ajuste número 6.6.1
D.S. N° 006-2014-TR	Modificatoria de Reglamento de la Ley SST
D.S. N°016-2016-TR	Modificatoria de Reglamento de la Ley SST (EMO cada 2 años)
D.S. N°020-2019-TR	Modifica el reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Reglamento de la Ley N° 28806, Ley General de Inspección del trabajo, el D.S. N° 017-2012-TR y el D.S. N° 007-2017-TR
Ley N° 31025	Ley que incorpora a la enfermedad causada por el Covid-19 dentro del listado de enfermedades profesionales de los servidores de la salud. (17 junio 2020)
D.S. N° 002-2020-TR	Mod. Art. 77 del Decreto Supremo N° 005-2012-TR.

D.S. N° 001-2021-TR	Decreto Supremo que modifica diversos artículos del Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
D.S. N° 006-2022-TR	Modifica artículo 1 del D.S. 012-2014 TR y Modificatoria de Reglamento de la Ley N°29783 artículo 112. Requisitos para proteger al trabajador de accidentes y enfermedades relacionas con el trabajo.
D.S. N° 022-2023-SA	Modificación del D.S. 003-98-SA Normas Técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR).
Ley N° 28245-2004	Ley Marco del Sistema de Gestión Ambiental.
D.S. N° 008-2005-PCM	Reglamento de Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.
Ley N° 28611 -2005	Ley General del Ambiente
D.L. N° 1055 – 2008	Modificación de la Ley General del Ambiente
Ley N° 29263 – 2008	Modificación de la Ley General del Ambiente
Ley N° 27446 – 2008	Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
ISOS 45001:2018	Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo
ISO 9001:2015	Sistema de Gestión de la Calidad
ISO 14001:2015	Sistema de Gestión Ambiental
BASC	Business Alliance for Secure Commerce (BASC), es una alianza empresarial internacional sin fines de lucro que promueve un comercio seguro en cooperación con gobiernos y organismos internacionales.
ISO 39001:2012	Sistema de Gestión de la Seguridad Vial
ISO 31000:2018	Gestión de riesgos
IEC/ISO 31010:2019	Técnicas de evaluación de riesgo
Libro Naranja de la Naciones Unidas	Transporte de Mercancía Peligrosas

Fuente: Normativa legal – Elaboración propia.

2.1.6.2. Normativa del Sector Transporte

La normativa referente al sector transporte mostrada en esta investigación presenta un conjunto de leyes y decretos supremos (todos de alcance nacional), para el caso de las leyes figuran la que establece la obligación de contar y presentar con un Plan

de Contingencia, que debe contar con la revisión del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), el plan de contingencia muestra el conjunto de acciones a llevar a cabo en caso de algún incidente determinado.

En lo que respecta a los decretos supremos, se pueden observar diversos reglamentos que son los encargados de regularizar parte importante del proceso de transporte de hidrocarburos. También se puede observar el Texto Único Ordenado de la ley Orgánica de Hidrocarburos donde se expresa íntegramente no solamente como se debe de manejar los hidrocarburos sino también aspectos generales de las actividades de hidrocarburos. En tan sentido, se muestra la Tabla 6 con tentativa de la normativa referida al sector transporte de vigencia actual:

Tabla 6 *Normativa referente al sector transporte.*

Normativa	Detalle
Ley N° 27181	Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre
Ley N° 28551-2005	Ley que establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia-OSINERGMIN
Ley N° 29901-2012	Ley que precisa competencias del organismo supervisor de la inversión de energía y minería (OSINERGMIN)
D.S. N° 026-94-EM	Aprueban el reglamento de seguridad para el transporte de Hidrocarburos.
D.S. N° 027-94-EM	Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte de gas licuado
D.S. N° 030-98-EM	Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos.
D.S. N° 045-92001-EM	Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos.
D.S. N° 042-2005-EM	Texto único ordenado de la Ley Orgánica de Hidrocarburos
D.S. N° 039-2014-EM	Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos.
D.S. N° 012-2007-EM	Modifican normas de comercialización de combustibles líquidos y otros productos derivados de hidrocarburos y dictan disposiciones complementarias (OSINERGMIN - MINEM)

D.S. N° 021-2007-eMTC	Aprueba el Reglamento de organización y Funciones del ministerio de Transporte y Comunicaciones
D.S. N° 043-2007-EM	Reglamento de seguridad para actividades de hidrocarburos

Fuente: Normativa legal – Elaboración propia.

2.1.6.3. Normas de Seguridad para Actividades de Hidrocarburos

Las reglamentaciones de seguridad para las actividades de Hidrocarburos en el ámbito nacional se encuentran expresadas en diversos decretos supremos y Resoluciones (emitidas por Consejo Directo, Gerencia y Directorial), en los decretos supremos se destaca el reglamento de seguridad para las actividades de Hidrocarburos, el reglamento de seguridad y salud ocupacional. Con relación a esto se mencionan las normas de seguridad para las actividades de hidrocarburos a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7 Normativa de seguridad para actividades de hidrocarburos.

Normativa	Detalle
D.S. N° 012-2008-EM	Reglamento de Participación Ciudadana para la realización de Actividades de Hidrocarburos – DGAAE – MINEM
D.S. N° 037-2008-PCM	Establecen Límites Máximos Permisibles de Efluentes Líquidos para el Subsector Hidrocarburos
D.S. N° 038-2008-EM	Otorgan plazos para adecuación a disposiciones del Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos
D.S. N° 052-93-EM	Reglamento de seguridad para el almacenamiento de hidrocarburos, complementando las disposiciones sobre su transporte y manejo.
D.S. N° 088-2013-PCM	Aprueban Listado de Funciones Técnicas bajo la competencia del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN)
Resolución de Consejo Directivo N° 205-2009-OS/CD	Reglamento de Supervisión de Actividades Energéticas y Mineras

Resolución de Consejo Directivo N° 055- 2010 OS/CD - OSINERGMIN	Aprueban Procedimiento de sustitución de las válvulas de paso existentes por válvulas de paso que cumplan con las normas técnicas vigentes y modifican la Tipificación y Escala de Multas y Sanciones de Hidrocarburos
D.S. N° 024-2016-EM que deroga al D.S. N° 055-2010-EM	Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería
Resolución de Consejo Directivo N° 063-2011- OS-CD – OSINERGMIN	Procedimiento para la inspección, mantenimiento y limpieza de tanques de combustibles líquidos, biocombustibles y otros productos derivados de los hidrocarburos.
Resolución de Consejo Directivo N° 169-2011- OS/CD	Aprueban "Procedimiento para el Reporte de Emergencias en las Actividades de Comercialización de Hidrocarburos",
Resolución de Consejo Directivo N° 169-2011- OS/CD	Aprueban formatos para el reporte de emergencias y modifican Tipificación y Escala de Multas y Sanciones
Resolución General de Gerencia N° 110 – 2013	Aprueban características mínimas de la Cartilla de Seguridad de GLP a que se refiere el Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP – OSINERGMIN
Resolución de Consejo Directivo N° 236-2013- OS/CD – OSINERGMIN	Modifican el Procedimiento de Declaraciones Juradas de Cumplimiento de Obligaciones Relativas a las Condiciones Técnicas y de Seguridad de las Unidades Supervisadas-PDJ por la Gerencia de Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos
Resolución de Consejo Directivo N° 171 – 2013 - OS/CD	Reglamento de Supervisión de Actividades Energéticas y Mineras de OSINERGMIN
Resolución de Gerencia N° 229 – 2013 - OS/GG – OSINERGMIN	Aprueban el Formulario de Solicitud de Aprobación de Instrumentos de Gestión de Seguridad
Decreto Supremo N° 039- 2014-EM	Aprueban Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.

Fuente: Normativa legal – Elaboración propia.

2.1.6.4. Normativa de Residuos Sólidos

La normativa de residuos sólidos en la actividad de hidrocarburos se encuentra reflejada en la Ley General de Residuos Sólidos y el Reglamento de la misma, la actividad de hidrocarburos no está ajena de emitir residuos sólidos de tipo industrial, residuos que en la mayoría de casos afectan al medio ambiente. En relación a esto se presenta en la Tabla 8 la normativa de residuos sólidos:

Tabla 8 *Normativa de residuos sólidos.*

Normativa	Detalle
Ley N° 1278 -2016	Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Derogó la Ley N° 27314 - General de Residuos Sólidos.
D.S. N° 014-2017-MINAM	Reglamento de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
D.L. N° 1501-2020	Modificación de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos
Ley N° 32212-2024	Modificación del Decreto Legislativo N° 1278 y en la Ley N° 26793.

Fuente: Normativa legal – Elaboración propia.

2.1.6.5. Normativa del Transporte de Materiales Peligrosos

La normativa de transporte de materiales peligrosos muestra un conjunto de leyes, decretos supremos, resoluciones directorales y ministeriales relacionadas de manera específica con el transporte y traslado de materiales peligrosos, se destaca la ley de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, el reglamento nacional de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, entre otros. Es de suma importancia poder llevar a cabo estas actividades respetando y teniendo íntegro conocimiento de este marco normativo, con la finalidad de evitar futuras sanciones drásticas, accidentes que traigan como consecuencia pérdidas humanas, materiales y un daño irreversible al medio ambiente. Al respecto se muestra la Tabla 9 con la normativa del transporte de materiales peligrosos:

Tabla 9 Normativa del transporte de materiales peligrosos.

Normativa	Detalle
Ley N° 28256 -2004	Ley de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
D.S. N° 021-2008-MTC	Aprueba el Reglamento de la ley N° 28256 “Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos”.
D.S. N° 030-2008-MTC	Modifican el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.
D.S. N° 043-2008-MTC	Incorporan Décimo Primera Disposición Complementaria Transitoria en el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos
D.S. N° 058-2003-MTC	Reglamento Nacional de Vehículos
D.S. N° 015-2012-MTC	Establece programa de saneamiento de deudas por infracciones y sanciones del Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos, DS 021-2008-MTC
R.D. N° 2613-2013-MTC/15	Aprueban Formato de la Hoja Resumen de Seguridad para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos y su Instructivo, así como otros Formatos
R.M. N° 360-2012 MTC/02	Aprueban vías de transporte terrestre a ser consideradas como rutas fiscales hacia el departamento de Madre de Dios para el control y fiscalización en la distribución, transporte y comercialización de insumos químicos.
R.D. N-1075-2016-MTC	Resolución Directorial del ministerio de transportes y comunicaciones, aplicable al transporte de materiales peligroso.
Directiva D-002-2021-SUTRAN-SP	Procedimientos para la fiscalización del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.

Fuente: Normativa legal – Elaboración propia.

2.2. Marco Conceptual

- **Cisterna:** Vehículo destinado al transporte a granel de líquidos o de gases licuados. (PDVSA, 2020)
- **Control:** Medida que mantiene y/o modifica un riesgo. (ISO 31000, 2018)
- **Control crítico:** Es un control de alto impacto en la minimización del nivel del riesgo crítico identificado. La ausencia de un control crítico o su funcionamiento deficiente puede contribuir significativamente a la ocurrencia de un incidente con fatalidades. Los controles críticos para un riesgo crítico identificado son determinados utilizando los diagramas *Bow Tie* y Árbol de Decisión para determinación de controles críticos (Escobar, 2021)
- **Derrame:** Cualquier descarga, liberación, rebose o vertido debido a una práctica inadecuada o hecho accidental de hidrocarburos o líquidos peligrosos en el suelo. (MINAM, 2016)
- **Emergencias de Riesgo:** Son aquellas que, perturbando el sistema, representan diferentes grados de riesgos a personas y/o instalaciones, requiriendo una inmediata respuesta que involucre a grupos especializados y entrenados de emergencia tales como las brigadas, unidades de bomberos, brigadas de rescate, o inclusive apoyo de instituciones externas, etc. (Fernandez Quispe, 2023)
- **Escolta Vehicular:** Camioneta asignada al supervisor escolta para guiar al convoy y llevar el equipamiento para la atención de una emergencia. (Jhonston Vela, 2021)
- **Evaluación del riesgo:** Es el proceso por el cual se estima la magnitud del riesgo teniendo en cuenta los controles ya existentes para decidir si el riesgo es significativo o no. (ISO 31000, 2018)
- **Identificación del Peligro:** Es el proceso por el cual se localiza y reconoce que existe un peligro y se definen sus características. (ISO 45001, 2018)
- **Incidente:** Suceso que surge del trabajo o en el transcurso del trabajo que podría tener o tiene como resultado lesiones y deterioro de la salud. (ISO 45001, 2018)

- **Matriz IPER:** Es una descripción organizada de las actividades, riesgos y controles que permite la identificación de peligros, evaluación y control de riesgos. (ISO 45001, 2018).
- **Materiales y residuos peligrosos:** Aquellos que por sus características fisicoquímicas y/o biológicas o por el manejo al que son o van a ser sometidos, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa o radiaciones ionizantes en cantidades que representan un riesgo significativo para la salud, el medio ambiente o a la propiedad (MINAM, 2016).
- **Política de la seguridad y salud en el trabajo (Política de la SST):** Política para prevenir lesiones y deterioro de la salud relacionados con el trabajo a los trabajadores, y para proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables (ISO 45001, 2018).
- **Peligro:** Fuente con potencial para causar lesiones y deterioro de la salud (ISO 45001, 2018).
- **Riesgo:** Efecto de incertidumbre. Combinación de la probabilidad de ocurrencia de un evento o exposición peligrosa y la severidad de las lesiones y/o enfermedades a la persona, daño a la propiedad o pérdida al proceso, que puede provocar el evento o la exposición (es) (ISO 45001, 2018).
- **Riesgo crítico:** Es un riesgo que tiene el potencial de ocasionar una fatalidad o múltiples fatalidades y es calificado como un riesgo de nivel Alto de acuerdo a: Matriz de Riesgo. (ISO 31000, 2018)
- **Sistema de gestión:** Conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr estos objetivos (ISO 45001, 2018).
- **Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo:** Sistema de gestión o parte de un sistema de gestión utilizado para alcanzar la política de la SST (ISO 45001, 2018).

- **Supervisor escolta:** Es un conductor calificado en el producto a transportar por el convoy, con conocimiento en los riesgos de la ruta y con la autoridad que le permita tomar decisiones en caso de algún imprevisto conjuntamente con el supervisor de seguridad, siendo el responsable de llevar en forma segura el convoy a su destino. Se moviliza en una camioneta acondicionada para atender una emergencia del producto trasladado por el convoy que escolta (acompaña). (Consejo Nacional de Seguridad, 2020)
- **Supervisor de Flota:** persona responsable de verificar que las unidades se encuentren en condiciones óptimas para realizar el viaje. El supervisor de flota será quien entregue el convoy al Supervisor escolta. Su base puede encontrarse en puerto, mina, lote petrolero, planta de ventas de hidrocarburos líquidos, en Lima u otra ciudad origen. (Consejo Nacional de Seguridad, 2020)

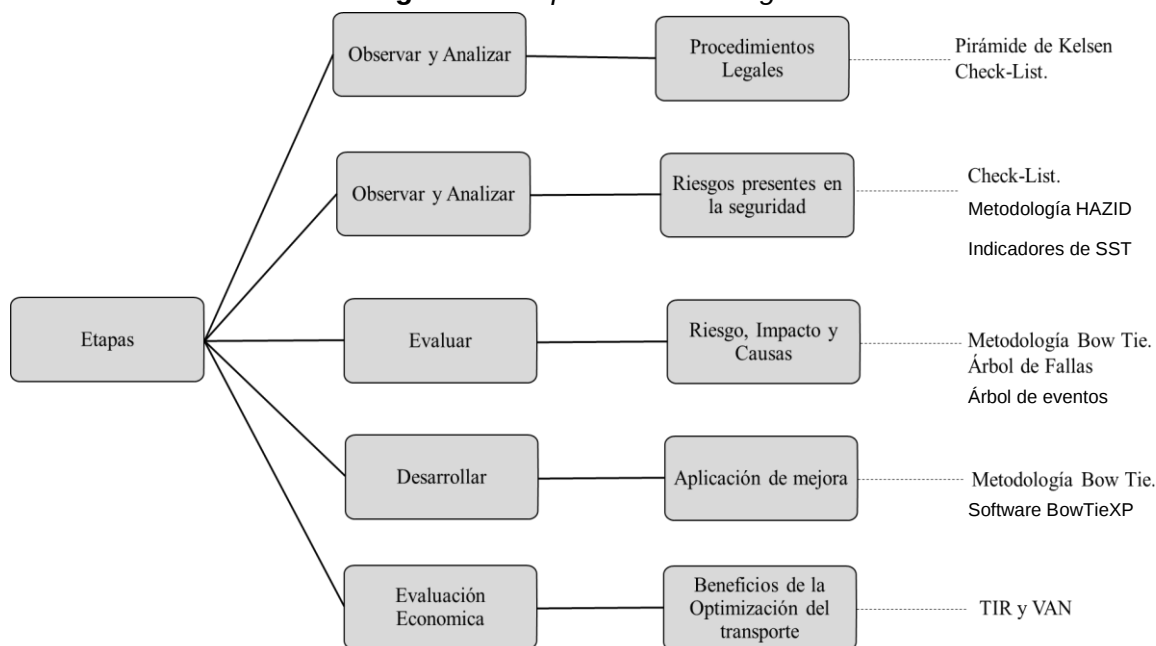
Capítulo III: Desarrollo del Trabajo de Investigación

Este capítulo está dedicado a la explicación y desarrollo de la metodología de trabajo la cual se cumplió en cinco etapas, cada una conformada por subetapas. De igual manera se presentan las técnicas e instrumentos utilizados para llevar a cabo la investigación obtener resultados para cada objetivo y finalmente se describe el caso de estudio.

3.1. Metodología del trabajo de investigación

La metodología a utilizar en la siguiente investigación se dividió en cinco etapas, las cuales se mencionan a continuación siguientes etapas:

- **Etapa 1:** Observación y análisis de los procedimientos legales aplicados en la Empresa de Transporte M. Catalán SAC. Para ello, se hizo uso de una Pirámide de Kelsen y un *Check-List* (Anexo 5) permitiendo conocer como la Empresa de Transporte M. Catalán SAC. maneja los sistemas de seguridad para poder posteriormente aplicar correctivos.
- **Etapa 2:** Observación, análisis e identificación de los riesgos potenciales presentes en la seguridad de Empresa de Transporte M. Catalán SAC, para el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna. Para ello, se hizo uso de la metodología *Hazard Identification* (HAZID).
- **Etapa 3:** Evaluación de la gestión de riesgos mediante la metodología *Bow Tie* sobre el riesgo, impacto, causas y controles que pueden presentarse en la Empresa de Transporte M. Catalán SAC por el incumplimiento de los procedimientos de seguridad. En esta etapa se hizo uso de un árbol de fallas y un árbol de eventos.
- **Etapa 4:** Desarrollo de la alternativa de mejora mediante la metodología *Bow Tie*, y uso de su *software BowTieXP*.
- **Etapa 5:** Evaluación de beneficios, mediante análisis para evaluar económicamente la optimización del transporte Terrestre de hidrocarburos líquidos, ya que el material que se transporta es altamente dañino para el ser humano y su biodiversidad. De tal manera que se comprenda visualmente cada una de estas etapas se presenta el siguiente esquema observado en la Figura 16:

Figura 16 Esquema Metodológico.

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Caso de Estudio

Esta investigación toma como caso de estudio a las empresas dedicadas al transporte terrestre de hidrocarburos líquidos y sus derivados, con el objetivo de garantizar continuidad, seguridad y eficiencia en las operaciones. En particular, se analizó a Transportes M. Catalán S.A.C., donde se identificaron deficiencias en los controles de seguridad para la mitigación de riesgos.

Transportes M. Catalán S.A.C. fue fundada en 1977 en Cajamarca, brindando servicios de transporte terrestre de hidrocarburos y derivados para industrias mineras, petroleras y otros sectores. Su flota está compuesta principalmente por camiones cisterna de 9,000 galones de capacidad, con una antigüedad no mayor a cinco años.

Según Chilón (2017), en 2015 la empresa inició un proceso de certificación para alinear sus operaciones con estándares internacionales, mejorando su competitividad. En 2016, implementó un Sistema Integrado de Gestión basado en las siguientes normativas:

ISO 9001: Sistema de Gestión de Calidad (SGC) para cumplir con los requisitos y estándares exigidos por los clientes.

ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental (SGA) para una operación sostenible y responsable con el medio ambiente.

ISO 45001: Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) para garantizar condiciones seguras en todas las operaciones.

Actualmente, Transportes M. Catalán S.A.C. opera desde cinco bases ubicadas en Cajamarca, Reque, Barranca, Trujillo y Piura. Además, ha desarrollado un análisis detallado de su situación actual, definiendo una visión estratégica para 2025, donde busca consolidarse como líder en el transporte terrestre de hidrocarburos y sus derivados. Para ello, la empresa apuesta por el crecimiento rentable, la formación de colaboradores comprometidos con la seguridad y la incorporación de unidades de transporte especializadas.

3.3. Ubicación de la Empresa

La empresa Transportes M. Catalán S.A.C. se ubica como sede principal en Barrio Huambocancha Alta Mz. A Lote 7ª Int. Sec. 01, departamento de Cajamarca. Para el presente estudio de investigación tendremos como localización la base de Operación Barranca-Pativilca, localizada en Urb. Jazmines - Av. Antigua Panamericana S/N Barranca, Lima. La Figura 17 muestra el punto de ubicación:

Figura 17 Ubicación de la empresa Transporte M. Catalán.



Fuente: Google Maps (Imagen Satelital).

Capítulo IV: Análisis y Discusión de Resultados

4.1. Análisis situacional

De acuerdo con los datos observados para cada etapa se procedió a presentar este capítulo en el cual se buscó evaluar el performance de la optimización del control de riesgo y la seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú. Se sabe que una correcta implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) es aquella que cumple escrupulosamente con la Ley N°29783, por ser esta la base para una eficaz estrategia de prevención y control de los riesgos laborales de cualquier organización peruana, asegurando el cumplimiento de la legislación aplicable se cumple con la regulación y control de riesgos en la seguridad.

Para evaluar el rendimiento de la optimización del control de riesgo y la seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú, se requirió una evaluación detallada de los resultados de los procedimientos de optimización implementados por la empresa, lo cual se realizó mediante la observación. Esto incluyó un análisis de los datos recopilados durante la observación y la encuesta realizada, junto con una evaluación de los resultados de la aplicación de la metodología *Bow Tie*.

Al evaluar el performance de la optimización del control de riesgo y la seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna en el Perú, hubo varias áreas que fueron analizadas. Estas incluyeron el número y la severidad de los accidentes relacionados con el transporte de hidrocarburos líquidos, la cantidad de mitigación de riesgos implementada, el número de infracciones de seguridad por parte de los conductores, el cumplimiento con las normas de seguridad establecidas. Así como la satisfacción de los clientes con los servicios de transporte y la satisfacción con la eficacia en la prevención de riesgos.

4.1.1. Evaluación del cumplimiento de los procedimientos legales en la empresa de transportes M. Catalán S.A.C. en el año 2024

Para ello inicialmente se observó y analizó que se esté cumpliendo con los lineamientos establecidos por el Sistema General de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-

SST) de manera que este favoreciendo el desarrollo de entornos de trabajo seguros y saludables para los colaboradores.

Para tener certeza de ello se organizó coherentemente los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, conociendo si se aplican las normas para la reducción del número de accidentes e incidentes, y asegurando el cumplimiento de toda la legislación y normativa relacionada con la seguridad y salud laboral, aplicable a la organización. En este sentido se aplicó una pirámide de Kelsen como instrumento la cuál fue llenada con los datos de la observación apuntados en el *Check-List* (Anexo 5), los detalles se muestran en la Figura 18:

Figura 18 Pirámide de Kelsen – Normativa Peruana en SG-SST.

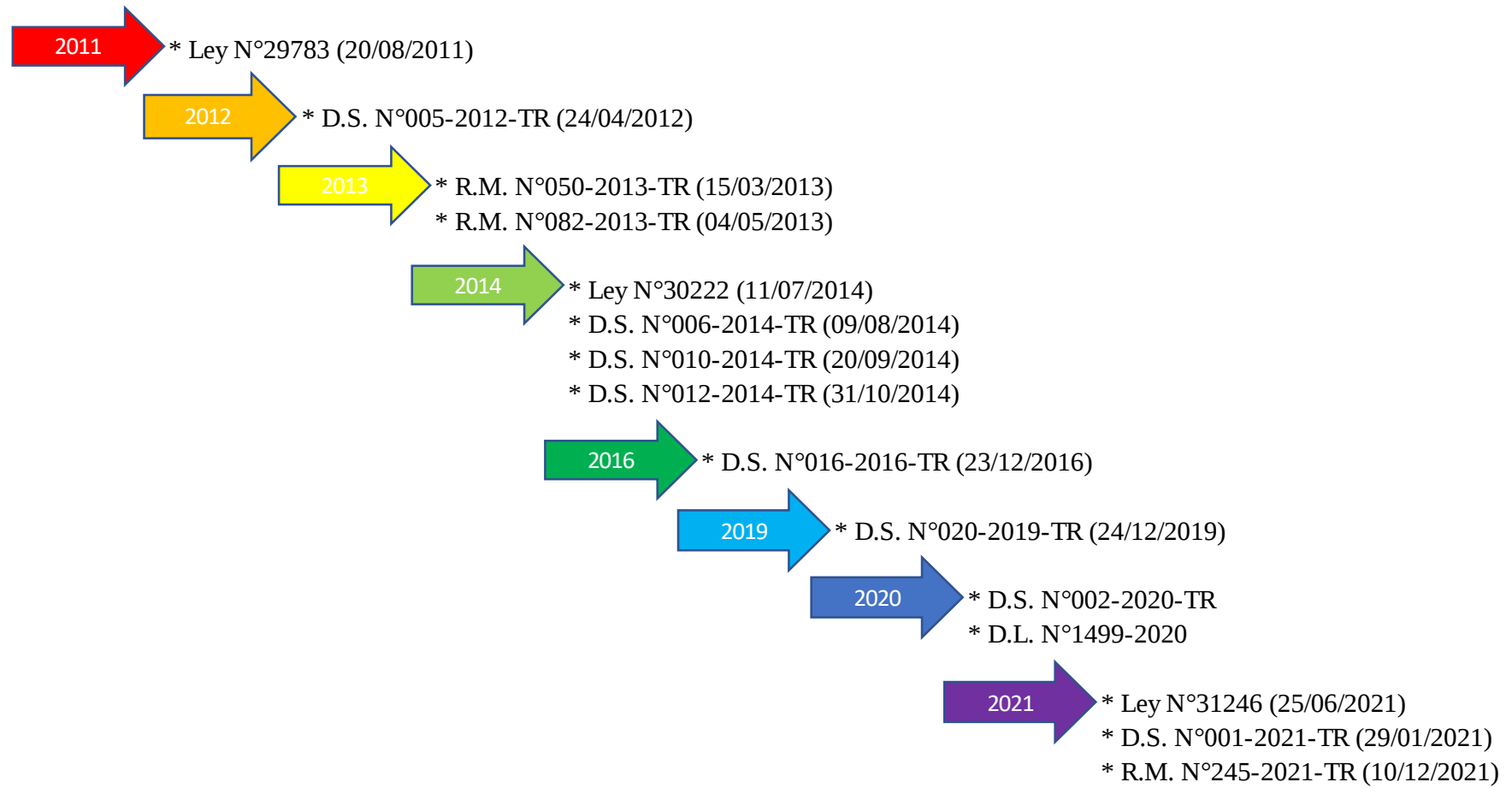


Nota. Las cuatro (04) primeras normativas son obligatorio el cumplimiento en todo el país.

Fuente: Elaboración propia.

Después del análisis anterior, se pudo evidenciar que en la Empresa Transportes M. Catalán S.A.C. requería de la implementación de adecuados procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. La evolución de las normativas para el SG-SST en el Perú, que fueron implementadas como parte de la propuesta de mejora se muestra en la siguiente línea de tiempo de la Figura 19.

Figura 19 Evolución de la normativa de SG-SST en el Perú.



Fuente: Elaboración propia.

Para todo este conjunto de normativas descritas anteriormente, puede haber distintas consecuencias si no se cumplen acorde a lo que estipule la autoridad correspondiente. Es por ello que se promulgó el Decreto de Urgencia N°044-2019, donde se indica lo siguiente:

“Artículo 168-A.-

Atentado contra las condiciones de seguridad y salud en el trabajo

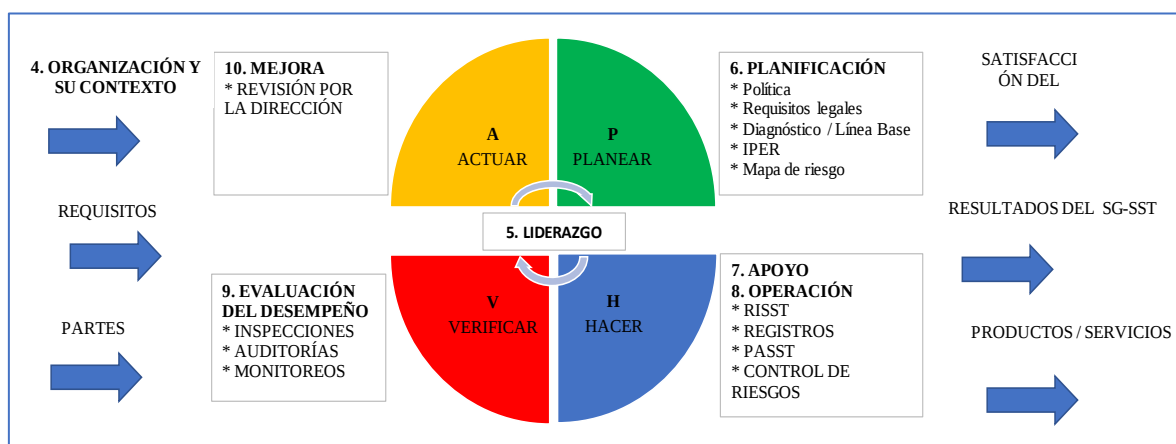
El que, deliberadamente, infringiendo las normas de seguridad y salud en el trabajo y estando legalmente obligado, ***ponga en peligro inminente la vida, salud o integridad física de sus trabajadores de forma grave***, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años. Si, como consecuencia de la inobservancia deliberada de las normas de seguridad y salud en el trabajo, ***se causa la muerte del trabajador o terceros o le producen lesión grave***, y el agente pudo prever este resultado, la pena privativa de libertad será no menor de cuatro ni mayor de ocho años en caso de muerte y, no menor de tres ni mayor de seis años en caso de lesión grave.” Esto quiere decir, que la organización sabiendo que tiene que implementar un SG-SST y no lo hace y pone en riesgo a los colaboradores, a esto adicionarle muerte o lesiones graves, se le aplicará las sanciones correspondientes en el artículo antes expuesto. El texto normativo presentado en los párrafos anteriores permitió dar respuestas a cada uno de los objetivos establecidos:

4.1.1.1. Resultados de la observación y análisis de los procedimientos legales aplicados en la Empresa de Transporte M. Catalán SAC

En Transporte M. Catalán SAC se viene implementando el SG-SST para la certificación ISO 45001 en lo que respecta al transporte de hidrocarburos líquidos por cisternas. La Ley N°29783 establece entre sus principios el “enfoque de gestión integral” y en el Artículo N°17 recomienda que: “El empleador debe adoptar un enfoque de sistema de gestión en el área de seguridad y salud en el trabajo, de conformidad con los instrumentos y directrices internacionales y la legislación vigente”. Debido a este punto, la norma ISO 45001 ayuda a cumplir con el principio de gestión. Para la aplicación de este

SG-SST en la Empresa de Transporte M. Catalán SAC, se está utilizando el ciclo de Deming (Planear, Verificar, Hacer, Actuar – PHVA), que cumple con ambas normativas Ley N°29783 e ISO 45001 y donde se puede resumir su estructura en cada ciclo, como se muestra a continuación en la Figura 20:

Figura 20 Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, en la Empresa de Transporte M. Catalán SAC el proceso de transporte de hidrocarburos por cisternas cumple eficazmente con la labor de trasladar tanto al equipo como a los hidrocarburos y otros productos derivados de los hidrocarburos (OPDH) de una manera segura, eficiente y eficaz.

De allí que la implementación de los adecuados procedimientos legales y mejoras de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna se realizó por medio de una metodología la cual cumplió con el objetivo de presentar las normativas trabajadas: "Es sumamente importante para la organización, eliminar peligros y minimizar riesgos de seguridad y salud en el trabajo tomando medidas de protección y prevención eficaces". Para poder tratar, evaluar, analizar el riesgo además de utilizar la ISO 45001 que establece de forma general el procedimiento de gestión de la seguridad; y dentro del ciclo PHVA en el proceso HACER, se tiene una norma a aplicar, el cual da soporte y es la ISO 31000 que ayuda a gestionar el riesgo y brinda técnicas para la apreciación del riesgo; como identificar los riesgos, evaluar y sobre todo tratar los riesgos para un mejor control.

Es por ello que en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo implementados se utilizó el método práctico de la Gestión de Controles Críticos bajo un enfoque de mejora continua, utilizando el ciclo PHVA y en donde también se puso en práctica y se resalta la metodología del *Bow Tie*.

4.1.2. Revisión contextual de los niveles de riesgos operacionales en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas en la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. durante el año 2024

Para antes de aplicar la gestión de controles críticos, se realizó un análisis previo con la metodología cualitativa *Hazard Identification* (HAZID), como se muestra en la Tabla 10, en la cual se identificó y se discernió los riesgos más críticos, para luego por tomar como base en nuestro modelo Bow Tie. El proceso HAZID se llevó a cabo a través de sesiones estructuradas con la participación de las áreas de seguridad, transporte y operaciones. Sus principales pasos incluyeron:

- **Definición del alcance:** Determinación de los procesos y operaciones a evaluar (carga, transporte y descarga de hidrocarburos).
- **Identificación de peligros:** Uso de listas de verificación, análisis de incidentes previos y experiencia operativa para reconocer riesgos como derrames, explosiones, fallas mecánicas y errores humanos.
- **Evaluación de causas y consecuencias:** Análisis de las posibles fuentes de riesgo y sus impactos en la seguridad, el medio ambiente y la continuidad operativa.
- **Desarrollo de medidas de mitigación:** Propuesta de estrategias para reducir la probabilidad y severidad de los riesgos identificados.
- **Documentación y seguimiento:** Registro de los hallazgos y planificación de acciones correctivas. A través de HAZID, se pueden identificar los siguientes peligros en la operación de cisternas:
 - **Fallas mecánicas:** problemas en frenos, neumáticos, válvulas y conexiones.
 - **Errores humanos:** maniobras inadecuadas, fatiga del conductor, fallas en la supervisión.

- **Factores ambientales:** condiciones climáticas adversas, vías en mal estado, presencia de obstáculos.
- **Incidentes con terceros:** colisiones, derrames por impacto, incendios por contacto con fuentes de ignición.

Las estrategias derivadas del análisis HAZID incluyen:

- Implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real para detectar fallas en los vehículos.
- Capacitación continua a conductores y operadores en seguridad y respuesta a emergencias.
- Aplicación de protocolos de inspección y mantenimiento preventivo.
- Desarrollo de planes de emergencia y simulacros regulares para preparación ante incidentes.

El uso de HAZID en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos permite identificar y gestionar de manera proactiva los riesgos asociados a esta actividad. Su implementación contribuye a la reducción de incidentes y garantiza la seguridad del personal, la infraestructura y el entorno.

Tabla 10 Matriz HAZID-Transporte terrestre de hidrocarburos líquidos mediante camión cisterna.

N°	Etapa	Riesgo Identificado	Fuente / Causa	Consecuencias	Severidad (S)	Frecuencia (F)	Nivel de Riesgo (S x F)	Medidas de Control / Mitigación	Recomendaciones de Mejora
1	En ruta	Falla mecánica del vehículo	Desgaste, mantenimiento deficiente, sobrecarga	Pérdida de control, colisión, vuelco	5	A	15	Mantenimiento preventivo, inspección preoperacional	Implementar telemetría para monitoreo en tiempo real
2	En ruta	Derrame o fuga de hidrocarburo	Fisuras en tanques, conexiones defectuosas	Contaminación ambiental, riesgo de incendio	2	C	8	Inspección de equipos, monitoreo de fugas	Uso de sensores automáticos de detección de fugas
3	En ruta	Explosión o incendio	Fuga de hidrocarburo, chispa por colisión o estática	Fatalidades, daño estructural	4	B	14	Protección contra incendios, sistema de puesta a tierra	Capacitar en protocolos de emergencia y simulacros
4	En ruta	Vuelco del camión	Exceso de velocidad, curvas cerradas, fatiga del conductor	Derrame, cierre de vía, lesiones graves	4	B	14	Capacitación en conducción segura, límites de velocidad	Implementar limitadores de velocidad y monitoreo GPS
5	En ruta	Fatiga del conductor	Turnos largos, conducción nocturna	Distracción, micro sueños, accidentes	3	B	9	Rotación de turnos, monitoreo de fatiga	Uso de tecnología de detección de fatiga en cabina
6	En ruta	Condiciones climáticas adversas	Lluvia, neblina, fuertes vientos, hielo en la vía	Pérdida de visibilidad, derrapes	3	C	13	Elección de rutas seguras, ajuste de velocidad	Implementar sistemas de alerta meteorológica
7	En ruta	Ataques, robos o sabotajes	Crimen organizado, zonas de alto riesgo	Pérdida de carga, daño al conductor	4	B	14	Rutas seguras, escoltas, monitoreo GPS	Incorporar cabinas de seguridad blindadas
8	En ruta	Falla en frenos o dirección	Mantenimiento inadecuado, uso	Pérdida de control, accidente grave	5	C	22	Inspección de sistemas críticos	Evaluar frenos con pruebas de rendimiento periódicas, frenos ABS

			de repuestos defectuosos					antes de la operación	
9	En ruta	Derrumbe en carretera	Lluvias, falla estructural en el camino	Bloqueo de vía, posible vuelco del camión	3	B	9	Monitoreo de condiciones climáticas, rutas alternas	Uso de inteligencia artificial para planificación de rutas
10	En ruta	Colisión con terceros	Condiciones de tráfico, clima adverso	Fuga, incendio, lesiones graves	2	B	5	Rutas planificadas, señalización adecuada	Mejora de sistemas de asistencia al conductor
11	En ruta	Incendio por calentamiento de frenos	Frenado excesivo, mal mantenimiento	Fuga e incendio	4	A	10	Inspección previa, control de velocidad	Revisión frecuente del sistema de frenos
12	Descarga	Sobrepresión del sistema de descarga	Bloqueo de válvulas, fallos de equipos	Explosión, daños severos	5	A	15	Verificación de válvulas, alarmas de presión	Revisar integridad de sistemas de alivio
13	Carga/Descarga	Derrame por desconexión prematura	Error humano	Contaminación ambiental	3	B	9	Procedimientos estandarizados	Implementar válvulas de cierre automático
14	Carga/Descarga	Derrame por sobrellenado	Error en medición, mal funcionamiento del sistema de control	Contaminación del suelo y agua, riesgo de incendio	4	B	14	Alarmas de sobrellenado, control de flujo	Digitalización del control de volumen de carga
15	Carga/Descarga	Generación de vapores inflamables	Falta de ventilación, temperatura alta	Explosión, intoxicación del personal	5	D	24	Uso de sistemas de recuperación de vapores, ventilación adecuada	Implementar sistemas de extracción de gases automatizados
16	Carga/Descarga	Contaminación cruzada de productos	Falta de identificación de tanques y mangueras	Mezcla de hidrocarburos incompatibles, pérdida de calidad del producto	4	C	18	Identificación clara de productos y mangueras	Implementar sensores de reconocimiento de fluidos

17	Carga/Descarga	Exposición del personal a vapores tóxicos	Falta de EPP, derrames	Inhalación de vapores, problemas respiratorios	4	B	14	Uso de EPP, ventilación adecuada, detección de gases	Monitoreo ambiental con sensores de toxicidad en tiempo real, utilizar detector de gases.
18	Carga/Descarga	Colapso de la estructura de carga	Fatiga de materiales, diseño inadecuado	Derrames masivos, daño a infraestructura	5	D	24	Mantenimiento estructural periódico, inspecciones	Implementar sensores de fatiga en estructuras de carga
19	Carga/Descarga	Fallo en válvulas de seguridad	Acumulación de presión, desgaste mecánico	Explosión, derrames	5	C	22	Revisión periódica de válvulas, pruebas de presión	Uso de sensores inteligentes para monitoreo de presión
20	Carga/Descarga	Error en la medición del volumen de carga	Sistemas descalibrados, error humano	Sobrellenado, pérdida de producto	4	D	21	Verificación de sistemas de medición, calibración periódica	Implementar sensores digitales de medición de nivel
21	Carga/Descarga	Fallo en los sistemas de detección de fugas	Falta de mantenimiento, sensores descalibrados	Derrames no detectados, contaminación	5	C	22	Pruebas de funcionalidad, mantenimiento de sensores	Implementación de análisis en tiempo real con IoT
22	Carga/Descarga	Obstrucción en tuberías de carga/descarga	Sedimentos, corrosión interna	Reducción del caudal, fallos operacionales	4	D	21	Mantenimiento de tuberías, inspección con ultrasonido	Implementación de monitoreo con inteligencia artificial
23	Descarga	Incendio por chispas en área de descarga	Equipos defectuosos, uso de celulares	Incendio, explosión	5	A	15	Áreas libres de fuentes de ignición	Revisar herramientas y equipos de trabajo
24	Todas	Fallo en la comunicación operativa	Equipos dañados, cobertura insuficiente	Coordinación deficiente, incidentes	3	A	6	Radios certificados, canales alternos	Pruebas regulares de comunicación
25	Todas	Fatiga operativa por jornadas prolongadas	Turnos extendidos, falta de pausas	Errores humanos, accidentes	3	B	9	Rotación de personal, descansos programados	Monitoreo de carga laboral

26	Todas	Caídas a nivel y a distinto nivel	Superficies resbalosas, falta de señalización	Lesiones, fracturas	3	A	6	Superficies antideslizantes, señalización	Mejorar iluminación y limpieza
27	Todas	Contacto accidental con productos químicos	Derrames menores, salpicaduras	Quemaduras, irritación ocular	3	B	9	Uso de gafas, guantes y protección corporal	Capacitación en primeros auxilios químicos

Leyenda:

- **Etapas:**

Carga/Descarga → Peligros relacionados con la carga y descarga de hidrocarburos en la terminal o destino.

En ruta → Peligros durante el transporte del hidrocarburo en carretera.

- **Severidad (S):** 1 = Catastrófica, 2 = Mortalidad, 3 = Permanente, 4 = Temporal, 5 = Menor
- **Frecuencia (F):** E = Rara vez, D = Poco probable, C = Probable, B = Muy probable, A = Frecuente
- **Nivel de Riesgo (S x F):**
 - 1-8 = Alto (Riesgo inaceptable, detener la actividad).
 - 9-15 = Medio (Requiere control y mitigación. Evaluar acciones inmediatas para reducir el riesgo)
 - 16-25 = Bajo (Aceptable, monitoreo regular).

Figura 50 Matriz de riesgo.

SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			A	B	C	D	E
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
			FRECUENCIA				

NIVEL DE RIESGO		DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
ALTO		Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
MEDIO		Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72HORAS
BAJO		Este riesgo puede ser tolerable.	1 MES

Fuente: D.S. 024-2016-EM / Anexo 7 (2016).

La matriz de riesgo 5x5, Figura 50, se utiliza en HAZID porque permite evaluar los peligros de manera clara y estructurada, equilibrando detalle y simplicidad. Se compone de cinco niveles de probabilidad (Frecuencia) y cinco niveles de severidad, lo que facilita la diferenciación de riesgos sin generar excesiva complejidad.

Es ampliamente utilizada en la industria, incluyendo el transporte de hidrocarburos líquidos por cisternas, porque sigue estándares como la ISO 31000 y es fácil de interpretar por diferentes actores. Además, su representación visual en colores (verde, amarillo, rojo) permite priorizar los riesgos más críticos.

Por ejemplo, si se analiza el riesgo de un derrame de hidrocarburo líquido en carretera, podría clasificarse con una probabilidad "Podría suceder - C" y una severidad "Mortalidad", resultando en un riesgo Crítico que requiere medidas estrictas de mitigación.

Esta matriz ayuda a la toma de decisiones y a la gestión efectiva de los riesgos en la operación de transporte de hidrocarburos líquidos.

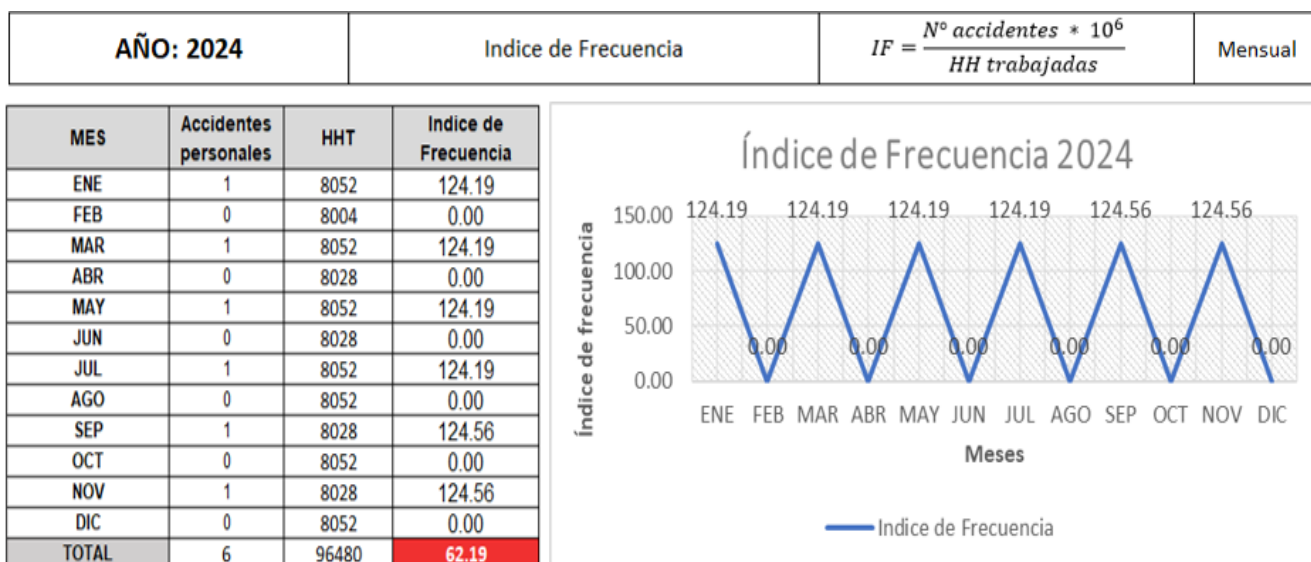
4.1.3. Evaluación de los indicadores de desempeño en seguridad durante el año 2024

Para la medición de los indicadores de seguridad utilizados en la gestión de riesgos laborales durante las operaciones de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, se empleó el Registro de Estadísticas de Seguridad y Salud en el Trabajo correspondiente al año 2024 (ver Anexo 13). Este instrumento permitió sistematizar y analizar la información relacionada con los eventos registrados, con especial atención en los riesgos críticos identificados. La técnica empleada se enmarca en los lineamientos establecidos por la norma ISO 45001:2018, así como por la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, y su reglamento aprobado mediante D.S. N° 005-2012-TR.

4.1.3.1. Índices de frecuencia de accidentes

Por cada millón (10⁶) de horas hombre trabajadas (HHT), la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. podría tener 62.19 posibles accidentes, como se muestra en la Figura 21.

Figura 21 Índice de frecuencia de accidentes 2024.

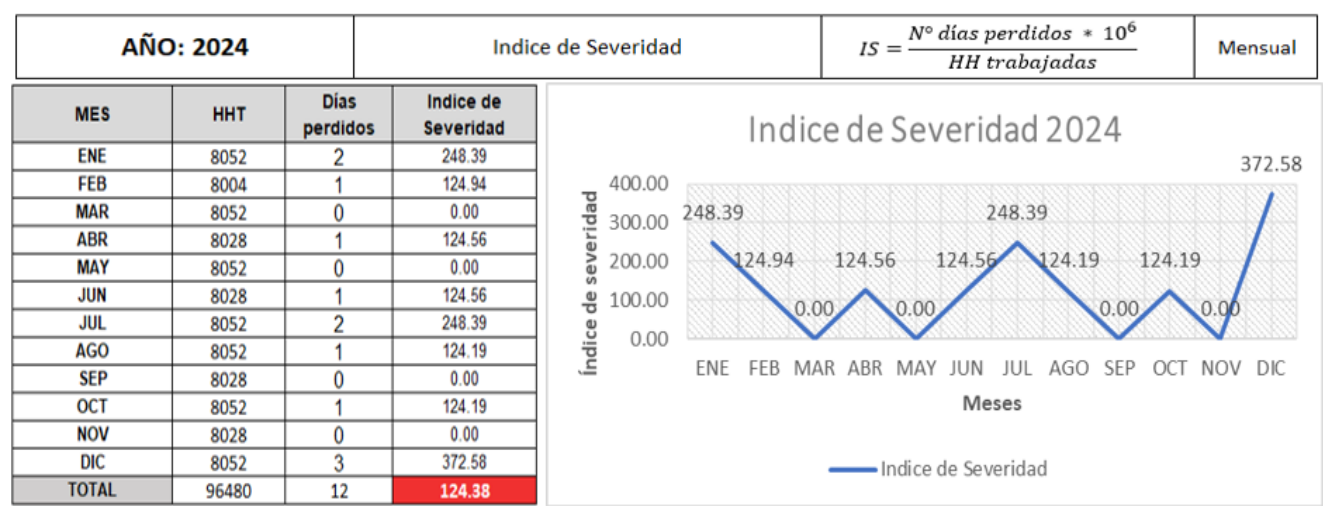


Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Índice de severidad de accidentes

Por cada millón (10⁶) de horas hombre trabajadas (HHT), la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. podría tener 124.38 días perdidos, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22 Índice de severidad de accidentes 2024.

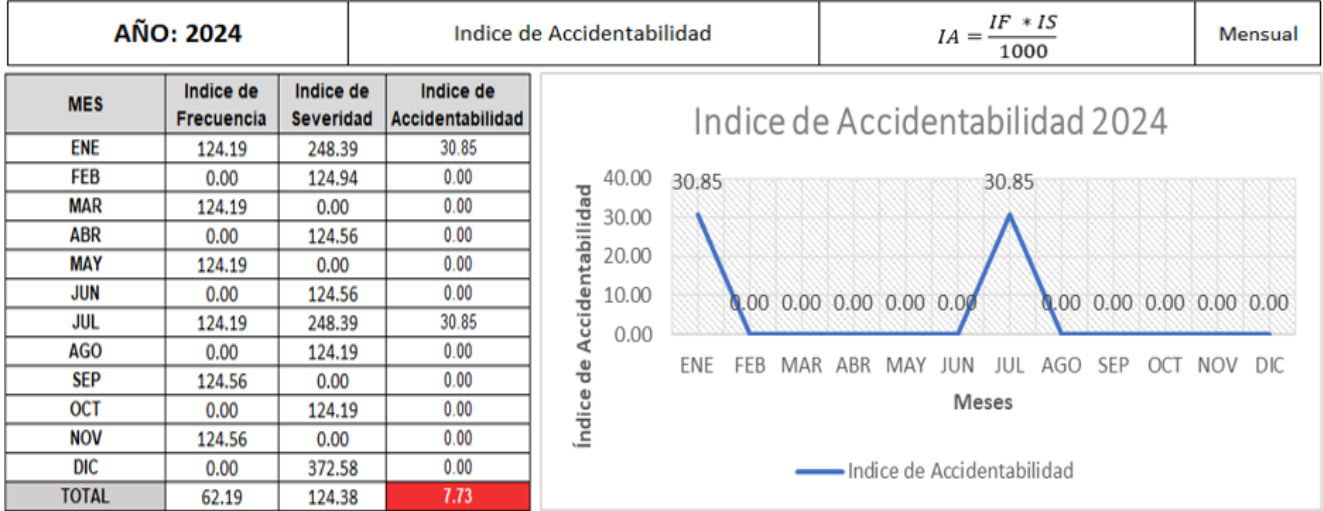


Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.3. Índice de accidentabilidad

La empresa Transportes M. Catalán S.A.C. tiene un índice de accidentabilidad de 7.73, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23 Índice de accidentabilidad 2024.

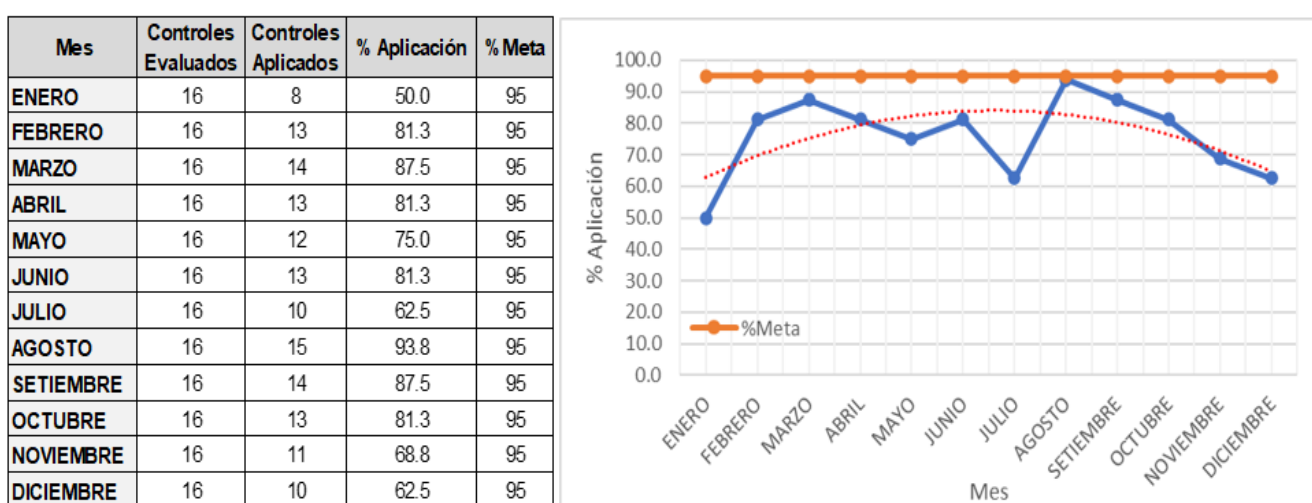


Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Estado situacional de los controles críticos aplicados durante el año 2024

Para determinar el porcentaje de controles críticos aplicados, se realizó durante el 2024 un seguimiento sistemático basado en los requisitos del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas (OSINERGMIN), ver Tabla 27. En la cual contamos con 16 controles aproximadamente y se requiere una meta de controles aplicados, por parte de la empresa, de un 95%. Se detalla en la Figura 24:

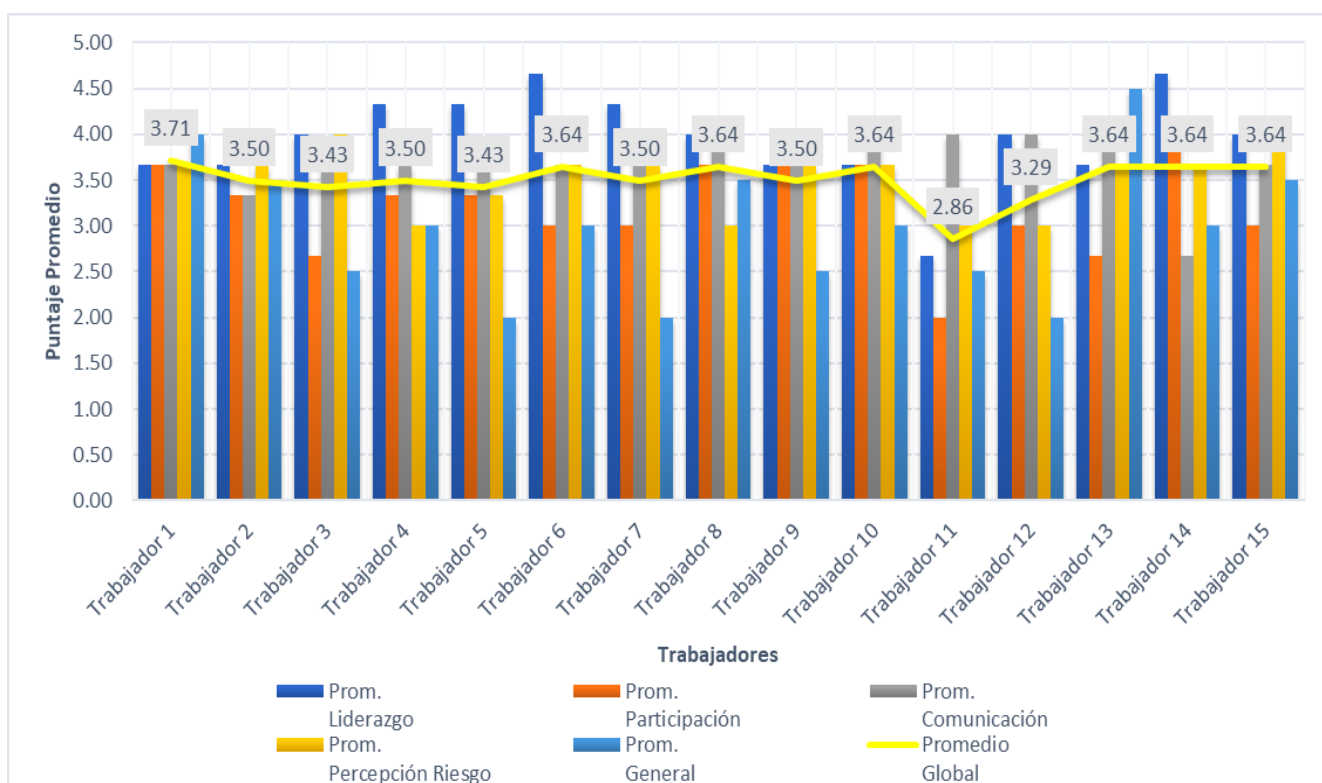
Figura 24 Porcentaje (%) de controles críticos aplicados 2024.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Revisión del panorama de la cultura preventiva en seguridad y salud en el trabajo durante el año 2024

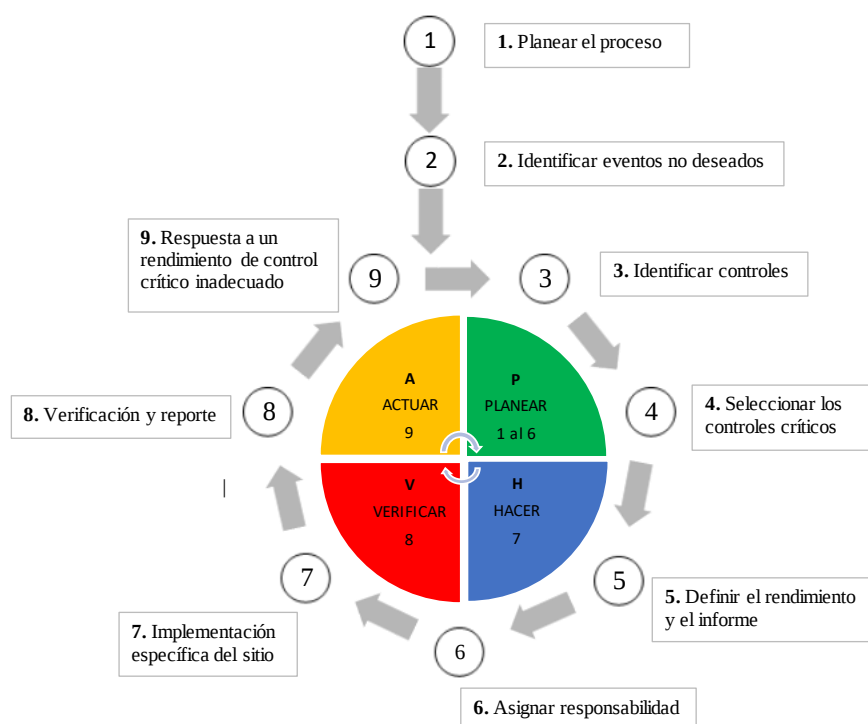
La percepción de seguridad representa la forma en que los trabajadores interpretan y valoran las condiciones de seguridad en su entorno laboral. Su evaluación resulta fundamental para identificar brechas entre las políticas implementadas y la realidad operativa. Para ello, se aplicó una encuesta estructurada (ver Anexo 14) que permitió recopilar opiniones, actitudes y niveles de compromiso respecto a la gestión preventiva. En la Figura 25 se presenta un gráfico que muestra, mediante una línea color amarillo, el puntaje promedio obtenido por cada trabajador en las preguntas formuladas. El promedio global alcanzado fue de 2.08, valor que se considera insatisfactorio para los estándares de la organización.

Figura 25 Puntaje promedio por trabajador de la encuesta durante 2024.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Gestión de controles críticos

En la Empresa de Transporte M. Catalán SAC se llevó a cabo el estudio de un conjunto de elementos que interactúan entre sí y ayudaron a prevenir la ocurrencia de eventos de alto potencial en la organización, eventos que podrían materializarse en la ocurrencia de accidentes fatales y catastróficos. El transporte terrestre por camión cisterna de hidrocarburos líquidos y OPDH, realizado por la empresa fue ilustrado para realizar la aplicación de cada paso del proceso en la gestión de controles críticos como se muestra en la Figura 26.

Figura 26 *Proceso de Gestión de Controles Críticos.*

Fuente: ICMM (2015).

4.2.1. Planear el proceso de seguridad y control en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas.

Para la Empresa de Transporte M. Catalán SAC se diseñó un plan de acción que pondrá en marcha para la implementación de una adecuada gestión organizacional, en este plan de acción se tomó en cuenta la descripción del contexto organizacional (grupo de trabajo con personal apropiado con roles y experiencia); el objetivo de implementar el proceso de la gestión de controles críticos, fue gestionar las responsabilidades, por medio de las metodologías necesarias para identificar los controles críticos, evaluar los riesgos y administrar los controles críticos. El plan de acción fue ubicado en el Anexo 1.

4.2.2. Identificar eventos no deseados en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas.

En este paso se estableció para la Empresa de Transporte M. Catalán SAC la identificación de las actividades críticas, para ello se tomó uno los recursos (Inputs) los cuales fueron plasmados en la Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER)

como base, en la cual fueron filtradas las actividades de más alto riesgo y sus controles como se muestran en el Anexo 2.

- Los High Potential Risks (*HP Risks*), eventos que han podido ser un accidente leve, pero en otro escenario pudo ser mortal o catastrófico.
- El historial de accidentes que han tenido en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos u OPDH mediante cisternas.
- Los riesgos críticos de seguridad, se realiza el principio estadístico de Pareto (80 – 20) para identificar riesgos y trabajamos con el 20% accidentes graves.

Con todos estos recursos se identificó las actividades que ocasionan accidentes catastróficos. Y es ahí donde se consideró como estudio el transporte terrestre por cisternas de hidrocarburos líquidos y OPDH; ya que cumplía con los requisitos para la aplicación de control de riesgos.

4.2.3. Identificación de controles en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.

Este paso es muy importante ya que en este fue donde se aplicó la metodología *Bow Tie* que permitió el análisis, gestión de riesgos y sus respectivos controles. Para esta investigación el método *Bow Tie* “no fue aplicado en el análisis o identificación de riesgos”. La identificación de riesgos se realizó en el IPERC BASE (Documento obligatorio según la LeyN°29873). Pero sirvió de base en la optimización de los controles que se han definido para la actividad de Transporte de Hidrocarburos y otros productos derivados del petróleo (OPDH) por cisternas la cual es una actividad de alto riesgo que puede generar escenarios catastróficos y/o fatales.

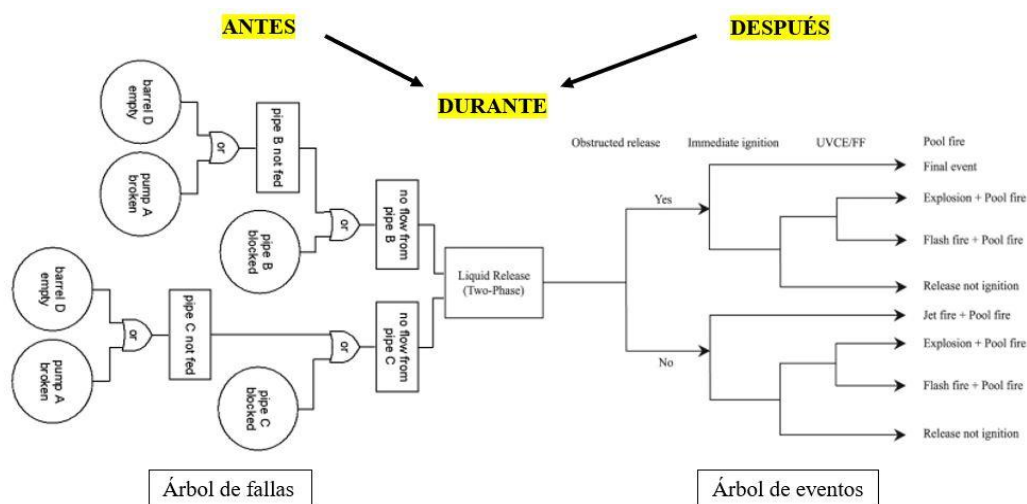
La metodología *Bow Tie* es una técnica esquemática de análisis causal que permitió visualizar y comprender en profundidad cual es un riesgo, sus causas, sus impactos y los tratamientos necesarios para su gestión. Esta metodología es recomendada dentro de las técnicas de apreciación del riesgo, las cuales incluyen un conjunto de 38 reglas, como se puede apreciar en la Tabla 1. En este estudio de optimización de control

de riesgo, el análisis *Bow Tie* ocupó la posición veintiuno dentro de dichas reglas y resultó aplicable para el caso analizado.

Cabe mencionar que *Bow Tie*, es un término en inglés que representa verbalmente la forma de un corbatín siendo el centro del nudo de la corbata la representación del evento de riesgo: A la izquierda se lista todas las causas que pueden involucrar ese riesgo y a la derecha se va a listar todos los impactos y/o consecuencias que se puede tener a raíz de una materialización de ese riesgo.

Para poder interpretar de manera fácil y practica la metodología de *Bow Tie*, se tuvo que interpretar el diagrama que ofrece el cual está estructurado por dos herramientas: El árbol de fallas y árbol de eventos. Con estas dos herramientas fue posible identificar el antes, durante y después. Se puede ver que da la forma de una corbata como se muestra en la Figura 27.

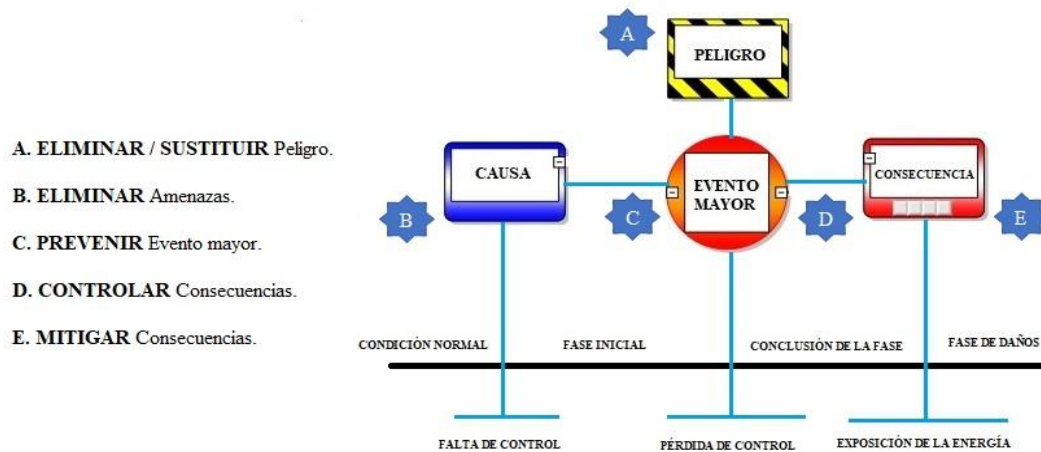
Figura 27 Árbol de Fallas + Árbol de Eventos.



Fuente: Tema (2019).

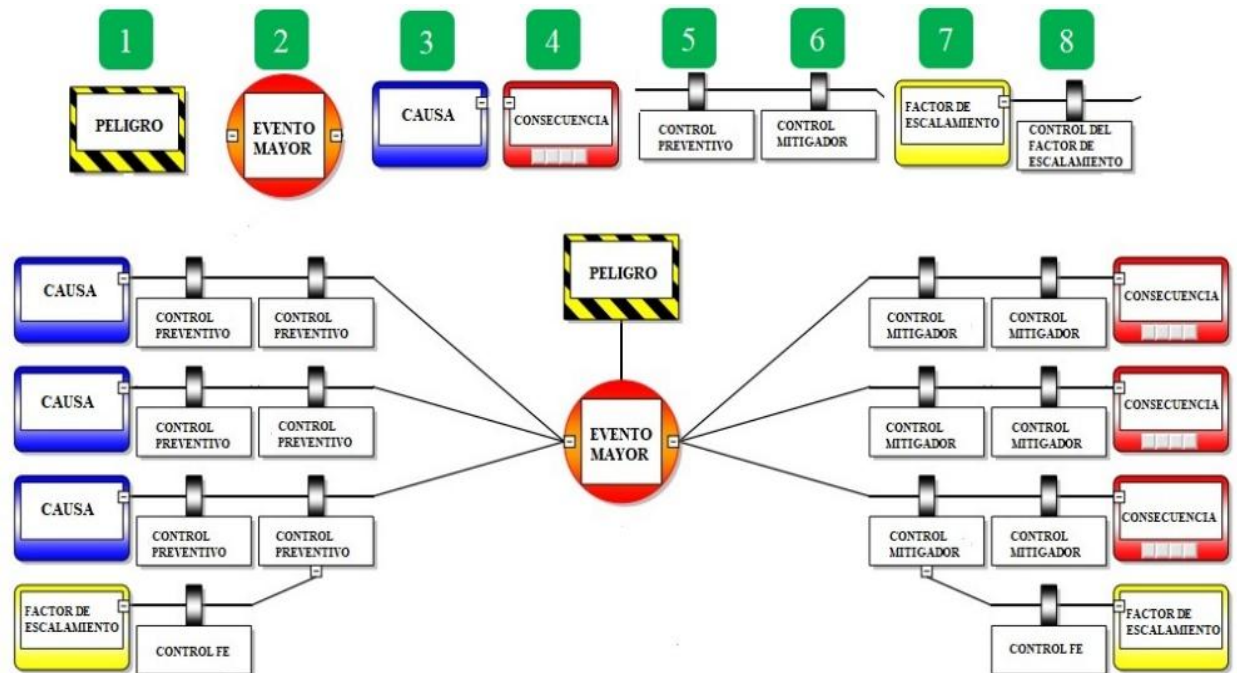
La metodología aplicada para este trabajo, expresa mediante su diagrama una visualización comprensible de los riesgos analizados en la actividad de Transporte de hidrocarburos líquidos y OPDH mediante cisternas. Para ello se detallan los ocho (08), Figura 29, pasos importantes implementados en el *Bow Tie* pudiendo así cumplir con las funciones de las barreras de control como muestra la Figura 28.

Figura 28 Funciones de los controles / barreras.



Fuente: CGE Risk (2022).

Figura 29 Los ocho (08) componentes del diagrama de Bow Tie.



Fuente: CGE Risk (2022).

▪ **PASO 1:** Peligro

Al evaluar el riesgo de transporte de hidrocarburos líquidos por camiones cisterna, se identificó que existe una posibilidad de fuga de producto, incendio o explosión relacionado con manipulación inadecuada, condiciones climáticas hostiles o fallas mecánicas. Por lo cual, decidieron llevar a cabo una evaluación en convoy desde la base de operaciones en

Barranca hasta una minera del departamento de Ancash. Esta ruta fue seleccionada para poder analizar los factores internos y externos implicados en el transporte de camiones cisterna desde la Costa hasta una altura de 3500 msnm. Esto incluye la evaluación de la seguridad de los camiones, su capacidad de maniobrabilidad, y la resistencia de los conductores a los cambios en el terreno y las condiciones climáticas. La Figura 30 muestra el recorrido de la valoración:

Figura 30 *Transporte de hidrocarburos líquidos y otros productos derivados de hidrocarburos por camión cisterna.*



Fuente: Transportes M. Catalán (2022).

- **PASO 2:** Evento Mayor (*Top event*)

Para este paso se realizó un análisis de la ruta a recorrer por el camión cisterna. Esto incluyó identificación de los peligros potenciales en la ruta, como carreteras con curvas, calles estrechas y accidentes geográficos, además de evaluar los riesgos asociados con el equipo utilizado para el transporte de los hidrocarburos líquidos. También permitió asegurarse de que el camión cisterna estuviera en buen estado, que las válvulas de

descarga fueran seguras y que el equipo de seguridad, como los extintores de incendios, estuvieran operativos.

Además, se debió realizar un análisis de todos los procedimientos relacionados con el transporte de hidrocarburos líquidos, como los requisitos de carga, descarga y almacenamiento. Se evaluaron los procedimientos de emergencia, como el plan de respuesta a derrames y el plan de evacuación y se realizó una evaluación de los factores humanos, como la selección y preparación adecuadas de los conductores y el establecimiento de reglas para el uso seguro de los vehículos. La Figura 31 muestra el desarrollo de este paso:

Figura 31 Manejo de camión cisterna para transporte de hidrocarburos líquidos.



Fuente: Transportes M. Catalán (2022).

▪ **PASO 3:** Causas / Amenazas / Desvío

Se identificó las principales causas y fuentes que pueden generar riesgos potenciales al transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Estas incluyeron, entre otras, la falta de mantenimiento adecuado de los vehículos, los errores humanos, las condiciones climáticas adversas, la negligencia y el uso inadecuado de los equipos y herramientas. De

igual manera, se identificaron como amenazas existentes relacionadas con el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna, derrame de combustible, contaminación ambiental, choque y vuelco del camión cisterna, el uso o la manipulación inapropiada de los equipos, el descuido y la falta de conocimiento de los trabajadores.

Mientras al realizar la evaluación de los diferentes desvíos se apreció que estos incluyen, el uso inapropiado del equipo, los errores humanos, la falta de capacitación adecuada de los trabajadores, el incumplimiento de las regulaciones, la falta de mantenimiento adecuado del equipo y la negligencia. Esto ayudó a identificar y evaluar los riesgos específicos que se encontraron durante el transporte ayudando además al establecimiento de medidas preventivas y correctivas para disminuir o eliminar la posibilidad de que se presenten estos riesgos. En referencia se muestra la Figura 32:

Figura 32 Causas: Climatológicas, huaycos, carreteras en mal estado, etc.



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

▪ **PASO 4:** Consecuencias

La evaluación de consecuencias fue un aspecto clave en la identificación de peligros y evaluación de riesgos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Este análisis consideró diversos impactos, incluyendo contaminación ambiental, daños a la propiedad y riesgos para la seguridad de las personas. Se analizaron los escenarios más

probables en caso de pérdida de contenido del camión cisterna, teniendo en cuenta factores como: Volumen del derrame y su alcance; tiempo de respuesta de los servicios de emergencia; capacidad de control del derrame, considerando el tipo de líquido transportado, las características del área y las condiciones meteorológicas o topográficas que puedan influir. Asimismo, se evaluaron los efectos a largo plazo, como: Costos y duración de la limpieza; impacto ambiental prolongado; consecuencias de fallas de seguridad, como deficiencias en el equipo o falta de capacitación de los conductores.

Además, se analizaron los riesgos asociados a incidentes como choques, atropellos, desbarrancos, incendios, volcaduras, derrames y contaminación, así como sus repercusiones en términos de daños materiales, lesiones, pérdidas humanas, impacto en la reputación de la empresa y responsabilidades financieras.

Las Figura 33 y Figura 34 muestran consecuencias de sucesos reales:

Figura 33 *Camión cisterna impacta viviendas en el Callao, deja a más de 30 personas afectadas y varios daños materiales.*



Fuente: La República (2024)

Figura 34 *Empresa de Transportes ITTSA y una cisterna de Transporte M. Catalán causan trágico accidente en carretera Panamericana Norte – Talara.*



Fuente: Regional de Piura (2018).

▪ **PASO 5:** Control Preventivo

En primer lugar, se desarrolló un sistema de inspección para el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Este incluyó la evaluación de la integridad estructural y los sistemas de seguridad del vehículo, la inspección del equipo y la revisión de los procedimientos de seguridad durante el transporte.

En segundo lugar, se garantizó que el conductor cumpliera con los requisitos y protocolos de seguridad, incluyendo la identificación de peligros y la evaluación de riesgos. Esto abarcó la verificación de los límites de carga y la correcta asignación de la carga al camión.

En tercer lugar, se establecieron políticas para el transporte seguro de hidrocarburos líquidos, definiendo procedimientos de seguridad, asignando roles y responsabilidades a los conductores y estableciendo límites de carga permitida.

En cuarto lugar, se implementó un programa de formación para los conductores, abarcando la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y el uso adecuado del equipo de seguridad.

En quinto lugar, se instauró un sistema de monitoreo y revisión del transporte, que incluyó la supervisión de los procedimientos de seguridad, el control de la carga y la vigilancia de los sistemas de seguridad del camión.

Finalmente, se estableció un sistema de documentación que abarca los registros de carga, los procedimientos de seguridad y la información de los conductores.

1. Inspección inicial – vuelta del gallo: Se realizó la "Vuelta del Gallo", una práctica rigurosa para detectar fallas a tiempo, prevenir accidentes y minimizar retrasos en ruta.

a) Revisión del Tracto

- Verificación del correcto funcionamiento del cinturón de seguridad, limpiaparabrisas, espejos, luces, alarma de retroceso y bocinas.
- Inspección del tablero de la cabina para asegurar el correcto funcionamiento de los manómetros de presión, nivel de combustible, temperatura, tacómetro y velocímetro.
- Revisión de los niveles de combustible, aceite y refrigerante.

- Detección de posibles filtraciones o derrames en el motor, radiador y otros componentes.
- Supervisión del orden y limpieza en la cabina, eliminando objetos sueltos.

b) Revisión de Neumáticos

- Inspección del estado de las llantas.
- Verificación del nivel de cocada según los estándares de la empresa (Anexo 3).
- Comprobación de la presión de aire y ajuste de tuercas.

c) Revisión del Semirremolque-Cisterna

- Inspección del estado de alarmas, luces y señalética.
- En maniobras de enganche y desenganche, verificación del estado de la quinta rueda y el King Pin mediante prueba de arrastre y revisión visual.
- Confirmación de la señalética adecuada según el tipo de hidrocarburo a transportar.

La Figura 35 muestra la revisión.

Figura 35 *Revisión de tracto, semirremolque, neumáticos y cisterna.*



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

- 2. Charla de 5min:** Se realizaron reuniones breves de seguridad o concienciación antes de iniciar tránsito de los camiones cisterna, con el objetivo de reforzar las buenas prácticas, recordar procedimientos y prevenir riesgos en la operación.

3. Pulseras de sueño: Se verificó la programación de los conductores asignados a los vehículos y se corroboraron sus horas de descanso mediante pulseras de sueño. Estos dispositivos monitorean la frecuencia cardíaca, la actividad física y los movimientos nocturnos.

Para autorizar la operación ("Go"), se revisó en la aplicación de las pulseras el cumplimiento de las horas de sueño requeridas:

- Más de 6 horas → Aprobado para operar el vehículo.
- Entre 4 y 6 horas → Según el cronograma, se puede invitar al conductor a descansar 2 horas o, en su defecto, asignar un reemplazo.
- Menos de 4 horas → Se reemplaza al conductor.

4. Horarios de ingresos y salidas en lugar de pernocte: Se realizaron supervisiones de ruta para definir los puntos de pernocte de conductores y vehículos, que en su mayoría incluían hospedajes con cochera y alimentación, la base de operaciones o zonas de descanso. El Supervisor de seguridad monitoreó estos lugares a través del cuadernillo de ingresos y salidas, complementado con las cámaras de seguridad, registrando los tiempos de llegada y salida de los conductores antes de iniciar o continuar su jornada. Garantizar el cumplimiento de las horas de sueño es fundamental para que los conductores operen los camiones cisterna en óptimas condiciones, reduciendo el riesgo de accidentes por fatiga o somnolencia.

5. Entrenamiento para transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna: Se capacitó a todos los colaboradores, quienes debían aprobar con una calificación mínima del 80% (16). A continuación, se detalla los cursos impartidos en la Tabla 11 y Tabla 12:

Tabla 11 Entrenamiento para supervisor escolta.

	CURSO	DOCUMENTACION DE ACREDITACION	HORAS	RENOVACION	TEMARIO BASICO
FORMATIVO GENERAL OBLIGATORIO PARA SER SUPERVISOR ESCOLTA E INICIAR OPERACIÓN Y SER AUTORIZADO PARA LA RUTA	Taller de control de fatiga y somnolencia	Certificado emitido por Plataforma	1	Anual	Salud e Higiene Ocupacional
	Taller de Unificado – Guía de transporte de Carga y Reglas por la vida	Certificado emitido por Plataforma	4	2 años	Teórico
	Prevención y Protección Contra incendios(Usos y Manejo de Extintores)	Registro de personal calificado	2	Anual	De acuerdo a Ley
	Primeros Auxilios	Registro de personal calificado	2	Anual	De acuerdo a Ley
	Materiales peligrosos Técnico (para los que transportan MATPEL)	Certificado de capacitadora homologada	36	3 años	Teórico – Práctico
	Materiales peligrosos Técnico (refresco)	Certificado de capacitadora homologada	12	Anual	Teórico – Práctico
	Disposición de residuos sólidos. Control de sustancias peligrosas (Manejo de Residuos)	Registro de personal calificado y autorizado	1	Anual	De acuerdo al estándar
	Notificación, Investigación y reporte de incidentes, Incidentes peligrosos y accidentes de trabajo	Registro de personal calificado	3	Anual	De acuerdo a Ley
	Respuesta a emergencias por áreas específicas (Plan de Contingencia)	Registro de personal calificado	4	Anual	Teórico
	Materiales peligrosos Nivel 2 (Para los que no transportan MATPEL)	Certificado de capacitadora homologada (Operaciones básicas)	8	Anual	Teórico
	Significado y uso de código de señales y colores	Registro de personal calificado	2	Anual	De acuerdo a Ley
	Higiene Ocupacional (agentes físicos, químicos, biológicos)	Registro de personal calificado	1	Anual	De acuerdo a Ley
	Manejo Defensivo y/o transporte de personal.	Certificado emitido por Plataforma	4	Anual	De acuerdo a Ley
	El uso de equipo de protección personal (EPP)	Registro de personal calificado	2	Anual	De acuerdo a Ley
	Reconocimiento de Reconocimiento		1 viaje. Solo para nuevos o ausencia más de 6 meses	Única vez si no sale por más de 6 meses de la operación, o de acuerdo a las indicaciones de Seguridad Vial.	Práctico / Copiloto
	Evaluación Psicosensométrica	Resultado de la evaluación	30 min	Indefinido	Práctico con simulador

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12 Entrenamiento para conductores.

	CURSO	DOCUMENTACION DE ACREDITACION	HORAS	RENOVACION
FORMATIVO GENERAL OBLIGATORIO PARA SER CONDUCTOR AUTORIZADO E INICIAR OPERACIÓN EN LARUTA.	Taller de Control de fatiga y somnolencia	Certificado emitido por Plataforma	1	Anual
	Taller Unificado -Guía de transporte de carga y Reglas por la vida	Certificado emitido por Plataforma	4	2 años
	Primeros Auxilios	Registro de personal calificado	2	Anual
	Prevención y Protección Contra incendios(Usó y Manejo de Extintores)	Registro de personal calificado	2	Anual
	Disposición de residuos sólidos. Control de sustancias peligrosas (Manejo de Residuos)	Registro de personal calificado y autorizado	1	Anual
	Notificación, Investigación y reporte de incidentes, Incidentes peligrosos y accidentes de trabajo	Registro de personal calificado	3	Anual
	Respuesta a emergencias por áreas específicas (Plan de Contingencia)	Registro de personal calificado	4	Anual
	Significado y uso de código de señales y colores	Registro de personal calificado	2	Anual
	Higiene Ocupacional (agentes físicos, químicos, biológicos)	Registro de personal calificado	1	Anual
	Manejo Defensivo y/o transporte de personal	Certificado emitido por Plataforma	4	Anual
	El uso de equipo de protección personal (EPP)	Registro de personal calificado	2	Anual
	Viaje de reconocimiento	1 viaje acompañado manejando		Única vez, siempre y cuando no salga de la operación por más de 6 meses, o de acuerdo a las indicaciones de Seguridad Vial.
	Materiales Peligrosos Nivel 1 (Advertencia)	Certificado de capacitadora homologada	4	Anual
	Materiales Peligrosos Nivel 2 (Operaciones básicas)	Certificado de capacitadora homologada	8	Anual Teórico

Fuente: Elaboración propia.

6. Instrumentos / Accesorios / Documentación

- Se revisó el kit de seguridad, kit de emergencia, kit de herramientas botiquín, extintores, tacos y conos. Estos materiales fueron revisados mediante un listado para la verificación diaria antes de iniciar el transporte respectivo del convoy (Anexo 4).
- Se revisó la documentación de la unidad y del conductor, asegurándose de contar con toda la documentación y permisos necesarios para iniciar el tránsito. Esta documentación fue observada mediante un listado para la verificación diaria antes de iniciar el transporte respectivo del convoy (Anexo 5).

- 7. Hoja de ruta del transporte por cisterna:** Se presentó un plan que establece la secuencia de eventos durante el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos el registro de las ocurrencias (Anexo 6).
- 8. Mapa de ruta del transporte por cisterna:** Fue un plano trazado o dibujado que se gestionó estratégicamente para determinar un trayecto terrestre durante el transporte de hidrocarburos (Anexo 7).
- 9. Procedimiento escrito de trabajo seguro:** Fue un documento en el cual se plasmó la descripción de las actividades de acuerdo a estándares condiciones y requisitos que se deben cumplir en el transporte de hidrocarburos líquidos u OPDH y sus escoltas en las rutas, áreas y actividades del lugar de operación; cumpliendo con la legislación nacional, y estándares internacionales vigentes relacionados al transporte de materiales / mercancías adoptadas por una organización (Anexo 1).
- 10. Control de alcoholemia:** Constó de un examen realizado a los operarios el cual mide la concentración de alcohol en la sangre de una persona, y que permite prevenir la pérdida de control del camión por parte del conductor. El instrumento utilizado para esto fue un alcoholímetro y debe estar calibrado. La muestra se observa en la Figura 36:

Figura 36 *Prueba de alcoholtest.*



Fuente: Transportes M. Catalán (2022)

- 11. Identificador de fatiga y somnolencia rápida:** La actividad consistió en un ejercicio visual en el que los participantes debían encontrar y marcar, en un tiempo limitado, palabras ocultas dentro de una cuadrícula de letras. Estas podían aparecer en dirección horizontal, vertical o diagonal, tanto en sentido normal como inverso. El objetivo de esta dinámica fue evaluar el estado anímico y psicológico del conductor, permitiendo determinar su aptitud antes de autorizar su salida para la operación de la cisterna en ruta.
- 12. Entrega de celulares:** Se explicó que el supervisor escolta sería el encargado de recabar todos los equipos celulares de todos los conductores del convoy a cargo (propio o de la empresa), siendo depositado en una bolsa o receptáculo, la misma que será liberado cuando exista la necesidad de comunicarse, pero en zonas autorizadas o puntos de fatiga. Esta entrega será registrada en un formato en el cual se identifica el número de celular, firma del conductor, vehículo que opera, etc.
- 13. Horarios de ruta:** Se explicó que el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, sólo se realizará a la luz del día; siendo los horarios de salida desde el Punto Cero (Base de operaciones) y/o Puntos de Despacho: en el Verano (noviembre-abril) 05.00 a.m. hasta las 06:30 pm y en el Invierno (mayo-octubre) 05.30 a.m. hasta las 06:00 pm.
- 14. Puntos fatiga y somnolencia:** Fueron los lugares asignados donde el convoy deberá detenerse 10 minutos para que el personal pueda realizar ejercicios recomendados (pausas activas) en el curso de control de fatiga y llenar una lista de verificación pre descansos y paradas en los puntos de control establecidos, liderar las coordinaciones iniciales en caso de presentarse emergencias, actuando de acuerdo a su Plan de Contingencia y comunicando el evento según el diagrama de comunicaciones vigente.
- 15. Puntos de control:** Fueron los lugares ubicados estratégicamente al inicio y final de la ruta correspondiente al transporte de hidrocarburos líquidos mediante cisterna. Se inspeccionó el equipamiento mínimo de seguridad de acuerdo al estándar o procedimientos aprobados por los socios estratégicos de la actividad:
- Botiquín, kit de seguridad, kit antiderrame, extintores, etc.

- Accesorio de seguridad, equipos de protección personal, cocadas de neumáticos, etc.
- Jaula interna (Camionetas escoltas).
- Inspección visual interna y externa. (Camión cisterna y camionetas escoltas)
- Señalética, etiquetado, etc.
- Equipos y medio de comunicación (Handy).
- Si la ruta contempla altitud geográfica:
 1. Formatos médicos ocupacional y/o Certificado médico ascenso a altitud).
 2. Control de presión arterial, saturación de oxígeno, etc.

Al estar acorde con la inspección se les entregó un formato con el sello de conformidad el cual debieron mostrar en su punto destino. Si se llegaban a encontrar condiciones de no conformidad, los conductores tendrían la oportunidad de corregir estas condiciones en alguna localidad cercana o punto cercano.

16. Mantenimiento preventivo del tracto y cisterna: Las principales actividades concernientes al mantenimiento de las cisternas de transporte de hidrocarburos demarcadas hicieron referencia a sustituciones y/o reparaciones, entre las que se destacaron:

- Reparación y sustitución de válvulas: cinco efectos, válvula de venteo, de recuperación de gases, de carga y descarga, de fondo y el API de carga y descarga.
- Bombas: de suministro, bombas Trief.
- Reparación de contadores mecánicos y electrónicos.
- Distintos sistemas de equipos de precintos: electrónicos y neumáticos.
- Equipos de corte por alto nivel (Scully).
- Mangueras, reparación y pruebas de presión.
- Termistores y sondas ópticas.
- Reparación de devanaderas.

Se tomó en cuenta inspecciones para las cisternas que transportan materiales peligrosos, y se les explicó que éstas se deben repetir puede ser cada 3 o 6 años.

Dichas inspecciones son las siguientes:

- Cada tres años:
 - Prueba de la estanqueidad a la cisterna (neumática).
 - Verificación de que la cisterna no haya sufrido modificaciones respecto a su homologación.
 - Inspección del estado exterior.
 - Inspección del estado interior.
 - Verificar que las válvulas funcionan correctamente (cinco efectos, de fondo, de recuperación de gases).
 - Supervisar estado de las masas.
 - Troquelado de la placa de la cisterna.
- Cada seis años:
 - Prueba de presión hidráulica a la cisterna.
 - Troquelado de la placa de la cisterna.

La Figura 37 muestra dicho proceso de inspección:

Figura 37 *Mantenimiento preventivo y correctivo.*



Fuente: Transportes M. Catalán (2022).

17. Telemetría: Se instaló el sistema de telemetría que mejoró la seguridad, eficiencia y control operativo mediante el monitoreo en tiempo real de los vehículos y conductores.

Para ello utilizaron dispositivos como:

- Monitoreo Vehicular: GPS, acelerómetros y unidad de control telemático.
- Sensores de Seguridad: Presión, temperatura, nivel de combustible y apertura de válvulas.
- Comunicación y Alertas: Modem LTE/5G, geocercas.

Los beneficios que nos brindó la implementación de este sistema fueron:

- Monitoreo en Tiempo Real
 - Seguimiento de la ubicación exacta del vehículo mediante GPS.
 - Registro de velocidad, frenado brusco y aceleraciones repentinas.
 - Control de tiempos de descanso y fatiga del conductor.
- Optimización de la Seguridad
 - Alertas en caso de exceso de velocidad o rutas no autorizadas.
 - Notificación inmediata en caso de desvío, apertura de válvulas no autorizadas o intentos de robo.
 - Integración con sensores de temperatura y presión para evitar fugas o sobrepresión en los tanques.
- Reducción de Costos y Mantenimiento Preventivo
 - Análisis del rendimiento del combustible y consumo excesivo.
 - Alertas de mantenimiento preventivo, reduciendo averías y costos de reparación.
 - Diagnóstico remoto de fallas mecánicas antes de que se conviertan en problemas críticos.
- Cumplimiento Normativo y Reportes Automáticos
 - Registro digital de horas de conducción para evitar incumplimientos legales.
 - Reportes automáticos sobre condiciones de la carga, rutas seguras y cumplimiento de normativas ambientales.

- Generación de informes para auditorías y certificaciones de seguridad.

La telemetría ha permitido una gestión más segura, eficiente y sostenible en el transporte de hidrocarburos líquidos, alineándose con normativas y mejores prácticas del sector.

18. Botón de pánico: Se instaló en los camiones el botón de pánico, un dispositivo de seguridad que permite enviar una alerta inmediata en caso de emergencia. Se activa manualmente con solo presionar un botón, en la mayoría de casos se encuentra ubicado en la parte inferior del volante. Este envía una señal a la central de monitoreo o autoridades, la cual puede estar vinculado con GPS para compartir la ubicación en tiempo real, algunas versiones incluyen alertas silenciosas para evitar represalias en casos de robo o secuestro. Las situaciones más recurrentes que se ha utilizado han sido en intento de robo o secuestro, accidentes graves o fallas mecánicas, emergencias médicas del conductor, eventos de derrames o incidentes con la carga. Este sistema es clave en el transporte de hidrocarburos líquidos, ya que ayuda a reaccionar rápidamente ante cualquier riesgo y mejorar la seguridad de la operación.

19. Sistema ADAS (*Advance Driver Assistance Systems*): Se aplicó esta herramienta para optimizar la seguridad en camiones cisterna que transportan hidrocarburos líquidos. Se utilizó sensores, cámaras y radares para detectar peligros y asistir al conductor en tiempo real. Las principales funciones del ADAS se describen en:

- Frenado Autónomo de Emergencia (AEB): Detecta obstáculos y frena automáticamente si el conductor no reacciona.
- Control de Crucero Adaptativo (ACC): Mantiene una distancia segura con el vehículo de adelante.
- Alerta de Cambio de Carril (LDW): Advierte si el camión se desvía sin usar direccionales.
- Detección de Fatiga y Distracción: Monitorea signos de cansancio y alerta al conductor.

- Reconocimiento de Señales de Tráfico: Identifica límites de velocidad y señales en la carretera.

- Monitoreo de Punto Ciego: Detecta vehículos en los ángulos muertos del camión.

Dentro de la cabina se han implementado diversos sensores para garantizar un transporte seguro. Estos dispositivos cuentan con un sistema de audio que reproduce alertas en tiempo real según el evento que ocurra en el momento, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 *Eventos detectados en cabina por el sistema ADAS.*

Evento	Mensaje de voz	Condición gatilladora
Fumar	"FUMAR"	Cuando el conductor se encuentra con el cigarro en la mano o boca mientras conduce.
Uso de celular	"CELULAR"	Cuando el conductor usa el celular o la radio PTT mientras conduce.
Ojos cerrados	"OJOS CERRADOS"	Cuando el conductor mantiene los ojos cerrados por más de 2 segundos.
Bostezar	"BOSTEZO"	Cuando el conductor bosteza mientras conduce.
Distracción	"DISTRACCIÓN"	Cuando el conductor mira al lado izquierdo o derecho por más de 5 segundos.
Conductor ausente	"CONDUCTOR AUSENTE"	Cuando el conductor quita el rostro del foco de la cámara DMS mientras conduce.
Usar anteojos polarizados	"LENTE DE SOL"	Cuando el conductor usa gafas de sol tipo espejo.
No usar cinturón	"CINTURON"	Cuando el conductor no usa cinturón de seguridad.
Cámara cubierta	"CÁMARA CUBIERTA"	Cuando el conductor cubre la cámara por más de 10 segundos mientras conduce.
Peligro de choque	"PELIGRO DE CHOQUE"	Cuando el vehículo se aproxima a un vehículo delantero a mayor velocidad.
Vehículo cercano	"VEHÍCULO CERCANO"	Cuando existe un vehículo adelante invadiendo carril.
Cambio de carril	"CAMBIO DE CARRIL"	Cuando el conductor cambia de carril para adelantar o descarrilarse.
Cruce de peatón motorizado	"PEATÓN"	Cuando existe una persona motorizada en la vía.
Vehículo adelante	"VEHÍCULO DELANTERO"	Cuando existe un vehículo delante de la vía.

Fuente: Elaboración propia.

20. Limitador de velocidad: Se implementó un limitador de velocidad que permite al conductor fijar un tope máximo, evitando que el camión cisterna lo exceda. Además, todas las unidades deben contar con GPS con geocercas programadas, que emiten alarmas audibles al superar los límites de velocidad establecidos. Esta medida mejora

la seguridad, ya que tanto el exceso como la falta de velocidad son factores clave en muchos accidentes. Asimismo, se estableció un distanciamiento adecuado entre vehículos en ruta: entre 50 y 100 metros entre camiones cisterna y 100 metros entre la camioneta escolta y la primera unidad del convoy. Adicionalmente, se monitorearon las velocidades máximas conforme a lo indicado en el Anexo 10. La Figura 38 muestra el proceso de monitoreo.

Figura 38 *Velocidad a 60km/h y distanciamiento entre cisternas en el transporte de hidrocarburos líquidos.*



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

- 21. Simulacros:** Los simulacros se llevaron a cabo para evaluar la respuesta ante emergencias y fortalecer la preparación y conciencia de los conductores y demás personas involucradas en caso de desastres naturales o antropogénicos (Anexo 11). La Figura 39 ilustra el simulacro.

Figura 39 *Simulacro Nivel I: Accidente vehicular, primeros auxilios.*



Fuente: Transportes M. Catalán (2022)

22. Equipos de comunicación: Las radios Handy, fueron los equipos sugeridos ya que permiten agilizar la transmisión y recepción de la comunicación entre los colaboradores del convoy y avance de las operaciones en ruta, así como los reportes en los puntos de control hacia las centrales de tráfico de existentes de acuerdo al canal de radio. Cada convoy debió contar con su propia frecuencia de comunicación radial para evitar interferencias entre los convoyes.

23. Supervisor escolta: Se evaluó al conductor para determinar si estaba calificado para dirigir el convoy de camiones cisterna que transportan el hidrocarburo líquido. La evaluación consideró su conocimiento sobre los riesgos de la ruta y su autoridad para tomar decisiones en caso de eventualidades, asegurando así la llegada segura del convoy a su destino.

Como herramienta de trabajo, el conductor utiliza una camioneta 4x4 totalmente acondicionada, ubicándose en la parte delantera del convoy. El supervisor escolta, cuya posición y responsabilidad visual se ilustran en la Figura 40, tiene asignadas funciones específicas detalladas en el Anexo 1.

Figura 40 Conductor escolta guiando convoy.



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

24. Equipos de protección personal (EPP): Siguiendo la Ley 29783, se explicó a los conductores que los equipos de protección personal (EPP) son dispositivos, materiales e indumentaria destinados a protegerlos en cada tarea, reduciendo el riesgo de accidentes que puedan afectar su integridad física o mental. Los EPP complementan de manera temporal las medidas preventivas colectivas (Ley N° 29783, 2012).

El equipo de protección personal básico requerido para el transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna, especialmente durante la identificación de riesgos, incluye:

- Uniforme completo de algodón adecuado al área de trabajo, cargo que desempeña y condiciones climáticas del entorno: camisa, pantalón, chaleco reflectante, chompa y casaca para adaptarse a cambios climáticos en zonas de altitud.
- Casco de seguridad con barbiquejo.
- Gafas de seguridad ANSI Z87: monogafas transparentes para evitar salpicaduras y chispazos, además de lentes oscuros y transparentes según la normativa.
- Protección auditiva: tapones para oídos y orejeras adaptables al casco.
- Respirador con filtros para partículas y cartucho para vapor orgánico, aprobado por NIOSH para ciertos ambientes con partículas aceitosas y no aceitosas.
- Guantes: de badana para manipulación de herramientas y equipos, y de nitrilo para la posible manipulación de hidrocarburos líquidos.
- Calzado de seguridad: botas impermeables resistentes al combustible, con punta de baquelita, propiedades antideslizantes y dieléctricas.
- Traje impermeable para utilizar en condiciones climáticas adversas como la lluvia.
- Traje de protección tipo C, para utilizar en la manipulación de hidrocarburos líquidos en cantidades.
- Arnés de seguridad y línea de vida.

La Figura 41 muestra el uso de EPP:

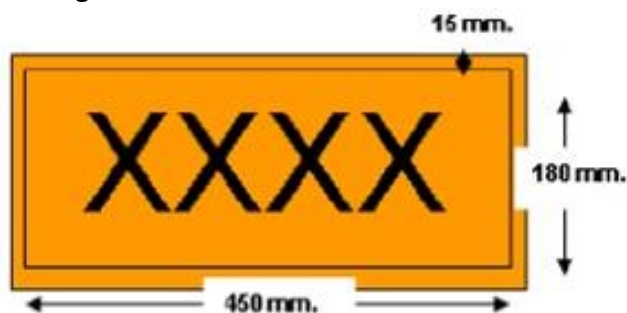
Figura 41 *Uso de EPP en actividades diarias.*



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

- 25. Señalización para el transporte de hidrocarburos líquidos en cisternas:** Se explicó que los camiones cisternas que transporten hidrocarburos líquidos deberán estar identificados adecuadamente con el riesgo que requiera según el producto.
- Fue importante recordar que las Naciones Unidas, cataloga los materiales Peligrosos (MATPEL) por su número de clase (o división) o por nombre. Los hidrocarburos líquidos están clasificados en: CLASE 3 – Líquidos inflamables [y líquidos combustibles] y la numeración de 4 dígitos lo podemos encontrar en la Guía de Respuesta en caso de Emergencia (GRE, 2020), identificando en el libro el tipo de material que se transporta. Las medidas mínimas a usarse para el transporte, desde el punto de inicio hasta el punto destino, se muestran en la Figura 42:

Figura 42 *Dimensiones de Letrero UN.*



Fuente: GRE (2020).

Se explicó las clases de líquidos según la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 30, para tener una información fundamental en almacenaje y

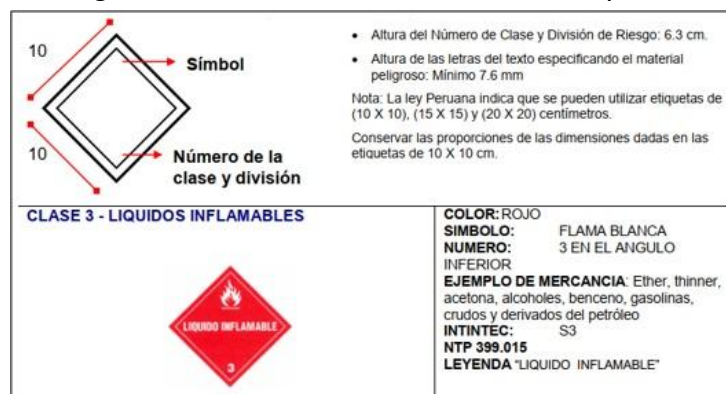
transporte; clasifica a los líquidos inflamables y combustibles según su punto de ebullición en cuatro clases:

- **Clase I**, líquido inflamable, cuyo punto de inflamación es menor de 37.8°C (100°F).

Se subclasifican en tres clases:

- **Clase IA**, líquidos que poseen puntos de inflamación por debajo de 73 °F (22.8 °C) y puntos de ebullición por debajo de 100°F (37.8°C).
- **Clase IB**, líquidos que poseen puntos de inflamación por debajo de 73 °F (22.8 °C) y cuyos puntos de ebullición son iguales o superiores a 100°F (37.8°C).
- **Clase IC**, líquidos cuyos puntos de inflamación son 73 °F (22.8 °C) o superiores, pero inferiores a 100°F (37.8°C).
- **Clase II**, líquido combustible, cuyo punto de inflamación igual o mayor a 37,8°C (100°F), pero menor de 60°C (140°F).
- **Clase III A**, líquido combustible, cuyo punto de inflamación es igual o mayor a 60°C (140°F), pero menor de 93°C (200°F).
- **Clase III B**, líquido combustible, aquellos que tienen el punto de inflamación igual o mayor a 93°C (200°F). Aquí se encuentran a los combustibles de uso común: gasolinas, diésels, kerosene, combustible para aviación (turbo), combustible de uso marino (búnker), residuales. La Figura 43 muestra el cumplimiento de la normativa mediante dimensiones necesarias en el cartel de transporte:

Figura 43 Dimensiones de cartel de transporte.



Fuente: GRE (2020).

Fue también necesario durante la identificación de riesgos explicar que la Asociación nacional de protección contra incendios de Estados Unidos (NFPA, *National Fire Protection Association*) diseñó la NFPA 704 como norma para la identificación de peligros en materiales de respuesta ante emergencias. La Norma NFPA 704 establece un sistema consiste en asignar colores y números, y dar una “clasificación” a un producto, manejando una escala del 0 al 4, dependiendo del grado de su peligrosidad. Cada uno de estos peligros está asociado a un color específico. Las cuatro divisiones tienen colores asociados con un significado:

- El azul hace referencia a los riesgos para la salud.
- El rojo indica el peligro de inflamabilidad.
- El amarillo señala los riesgos por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto.
- A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo).

La Figura 44 muestra el código de colores permitidos y la Figura 45 la implementación de señalizaciones:

Figura 44 Código de colores Rombo NFPA 704 Para el índice de peligrosidad.



Fuente: GRE (2020).

Figura 45 Implementación de señalética en camiones cisterna de hidrocarburos líquidos.



Fuente: Transporte M. Catalán (2022).

Para el letrero del vehículo escolta, se explicó las características con las cuales debe cumplir: el fondo es de color azul (letreros de información) y las letras blancas. Al reverso del letrero no debe ir ninguna inscripción solo el color azul y las dimensiones. Pueden observarse en la Figura 46.

Figura 46 Letrero de vehículo escolta.



Fuente: Elaboración propia.

26. Seguridad avanzada y respuesta de emergencia: Se consideró implementar en un futuro, a partir del año 2027, los siguientes equipos tecnológicos para revolucionar la seguridad y eficiencia en el transporte de hidrocarburos:

- Drones para inspección y respuesta rápida
 - Inspección aérea de derrames en carreteras y zonas de difícil acceso.
 - Monitoreo con cámaras térmicas para detectar puntos calientes o fugas.
- Robots de intervención en derrames
 - Equipos automatizados para desplegar barreras absorbentes.
 - Robots diseñados para contener y recuperar hidrocarburos en caso de accidente.
- Realidad Aumentada (AR) y Realidad Virtual (VR) para capacitación
 - Simulaciones en VR para entrenar a conductores y personal de emergencia.
 - Uso de AR para asistencia en mantenimiento y reparaciones en ruta.

▪ **PASO 6:** Control Mitigador

Medidas tomadas para mitigar o recuperar el evento y las consecuencias no sean mayor.

1. Frenos ABS: *Antilock Braking System* (Sistema de Frenos Antibloqueo). Es un sistema, incorporado en la flota vehicular de camiones cisternas y camionetas escoltas; que actúa sobre los frenos hidráulicos evitando la pérdida de control del vehículo en caso de una frenada de emergencia o súbita. Para aplicar este paso e identificar los posibles peligros asociados con el transporte de los hidrocarburos líquidos, se procedió a analizar los riesgos potenciales asociados con los peligros identificados, establecer medidas de control para mitigar los riesgos identificados, evaluar la eficacia de las medidas de control adoptadas para el transporte de los hidrocarburos líquidos, implementar las medidas de control efectivas para reducir los riesgos identificados y se sugirió la realización de un seguimiento y evaluación periódica de las medidas de control implementadas. Por lo tanto, se explicó que el control mitigador es una herramienta útil para garantizar la seguridad.

Adicionalmente se les explicó la conceptualización de lo siguiente:

- 2. Cinturón de seguridad:** Es un arnés diseñado para sujetar y mantener en su asiento al conductor de una la flota vehicular si ocurre alguna eventualidad.
- 3. Air bag:** Dispositivo de seguridad, incorporado en la flota vehicular de camiones cisternas y camionetas escoltas; colocado frente al conductor. Consiste en una bolsa que se infla de un gas inofensivo en caso de colisión violenta.
- 4. Equipo de monitoreo de gases:** Instrumento de medición ideal para controlar la calidad de aire en puestos de trabajo. El medidor de gas es ideal para protocolar de forma continua la temperatura y humedad del aire, el CO₂, las partículas PM 2,5 y la presión atmosférica. Nos permite alertar si hay alguna fuga, fisura, etc. En la cisterna con hidrocarburos líquidos que va ser transportada.
- 5. Jaula antivuelco para camionetas escoltas:** La jaula interna de seguridad está diseñada para proteger la integridad física de los ocupantes de la camioneta escolta en caso de choque o volcadura. Para este fin se deben cumplir los parámetros de diseño y montaje que se detallan en el Anexo 12.
- 6. Neblineros:** Dispositivo luminoso, incorporado en la flota vehicular de camiones cisternas y camionetas escoltas; apto para combatir la falta de visibilidad que produce la neblina.
- 7. Supresor de chispas:** Dispositivo, incorporado en la flota vehicular de camiones cisternas y camionetas escoltas; que mata las chispas antes de que puedan causar alguna eventualidad al contacto con los hidrocarburos líquidos o gases. Estos son acondicionados en el tubo de escape vehicular.
- 8. Plan de emergencia/contingencia:** Documento sobre el curso de las acciones a ser ejecutadas en caso de producirse un derrame, fuga, incendio, que envuelva el potencial de exposición de seres humanos a condiciones que atenten contra la salud, durante la carga, transporte y descarga de Materiales, Químicos y Residuos Peligrosos, según legislación vigente basado en el contenido de la ley 28256 “Ley que regula el transporte terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos” y su

reglamento emitido a través del Decreto Supremo N° 021-2008 MTC y su modificación emitida mediante el DS N° 030-2008-MTC.

9. Kit de derrame: Es un conjunto de herramientas, suministros y Equipo de Protección Personal que ayudará al conductor, operario, escolta, etc. entrenada a responder a un derrame que se pueda ocasionar de alguna eventualidad del camión cisterna de hidrocarburos líquidos.

10. Tecnología para sostenibilidad y reducción de emisiones:

- Uso de combustibles alternativos:
 - Gas Natural Licuado (GNL): Se espera que su uso aumente significativamente en América Latina a partir del año 2028, especialmente en rutas de largo recorrido, debido a su menor impacto ambiental y mayor eficiencia energética.
 - Hidrógeno: Considerado una solución a largo plazo, con una implementación más amplia prevista a partir del año 2030, a medida que se desarrolle la infraestructura necesaria y disminuyan los costos de producción del hidrógeno verde.
 - Biocombustibles (biodiésel y bioetanol): Se prevé su incorporación a partir del 2028 como una alternativa de transición, aprovechando su compatibilidad con motores existentes y su menor huella de carbono.
 - Reduce emisiones de CO₂ y partículas contaminantes.
 - Motores híbridos o eléctricos en desarrollo para unidades de transporte de materiales peligrosos.
- Cisternas con materiales más ligeros y resistentes
 - Uso de aleaciones avanzadas para reducir el peso de la unidad y mejorar la eficiencia del combustible.
 - Revestimientos internos anticorrosivos para prolongar la vida útil de la cisterna.
- Sistemas de recuperación de vapores
 - Capturan los vapores de hidrocarburos durante la carga y descarga para evitar contaminación atmosférica.

11. Gestión de huella de carbono: Se aplicaron un conjunto de estrategias y acciones para medir, reducir y compensar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por la actividad del transporte terrestre de hidrocarburos líquidos. La empresa tiene 50 camiones cisterna que transportan hidrocarburos líquidos. Cada camión:

- Recorre 100,000 km/año.
- Consume 30 litros de diésel por cada 100 km (rendimiento de 3.33 km/l).
- Utiliza 15 MWh de electricidad al año en su base de operaciones.
- Genera 5 toneladas de residuos industriales al año.

• **Calcular emisiones por consumo de diésel**

Datos

- Consumo total de diésel:

$$50 \text{ camiones} \times 100,000 \text{ km} \times \frac{30 \text{ litros}}{100} = 1,500,000 \text{ litros de diésel}$$

- Factor de emisión de diésel (según IPCC): 2.68 kg CO₂e/litro.

Cálculo de emisiones

$$1,500,000 \text{ litros} \times 2.68 \text{ kg CO}_2\text{e/litro} = 4,020,000 \text{ kg CO}_2\text{e} = 4,020 \text{ tCO}_2\text{e}$$

• **Calcular emisiones por consumo de electricidad en la base de operaciones**

Datos

- Consumo anual de electricidad: 15 MWh (15,000 kWh).
- Factor de emisión de electricidad (promedio mundial): 0.5 kg CO₂e/kWh.

Cálculo de emisiones

$$15,000 \text{ kWh} \times 0.5 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh} = 7,500 \text{ kg CO}_2\text{e} = 7.5 \text{ tCO}_2\text{e}$$

• **Calcular emisiones por generación de residuos industriales**

Datos

- Residuos generados: 5 toneladas/año.
- Factor de emisión promedio para residuos industriales: 600 kg CO₂e/tonelada.

Cálculo de emisiones

$$5 \text{ t} \times 600 \text{ kg CO}_2\text{e/t} = 3,000 \text{ kg CO}_2\text{e} = 3 \text{ tCO}_2\text{e}$$

• **Calcular huella de carbono total**

$$4,020 + 7.5 + 3 = 4,030.5 \text{ tCO}_2\text{e/año}$$

• **Estrategias de reducción**

Para reducir la huella de carbono, la empresa podría:

- Optimizar rutas para reducir el consumo de diésel en un 10% → reduciría 402 tCO₂e.
- Usar biodiésel (B20, mezcla 20% biodiésel, 80% diésel) → reduciría 804 tCO₂e.
- Cambiar a electricidad renovable en la base de operaciones → reduciría 7.5 tCO₂e.

Después de estas acciones, la nueva huella de carbono sería:

$$4,030.5 - (402 + 804 + 7.5) = 2,817 \text{ tCO}_2\text{e/año}$$

▪ **PASO 7:** Factor de escalamiento

Se explicó que el factor de escalamiento es una herramienta útil para identificar y evaluar los riesgos asociados con el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Esto se debe a que permite a los evaluadores considerar los diferentes niveles de peligro asociados con el transporte de materiales peligrosos. El factor de escalamiento proporciona una mayor precisión y detalle al evaluar los riesgos, lo que permite una mejor identificación de los peligros y una mejor evaluación de los riesgos.

Por ejemplo, el factor de escalamiento puede ayudar a determinar el nivel de seguridad necesario para el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. Esto se logra evaluando los riesgos asociados con el transporte y asignando un valor numérico para cada uno. Estos valores se pueden usar para determinar el nivel de seguridad necesario para el transporte. Esto ayudó a los operadores de camión cisterna a tomar las medidas de seguridad adecuadas para prevenir accidentes y daños. Esas medidas fueron:

- El error humano.
- Lapsus, violaciones de reglas.
- Personal no está capacitado.

▪ **PASO 8:** Control de factor de escalamiento

Es la barrera o medidas que se agregan para asegurar que un control funcione como se debe. Deben estar orientados más a los controles de: ingeniería, sustitución o eliminación.

1. Calibración.
2. Capacitación.
3. Requisitos de personal.
4. Documentación para tránsito en carretera.

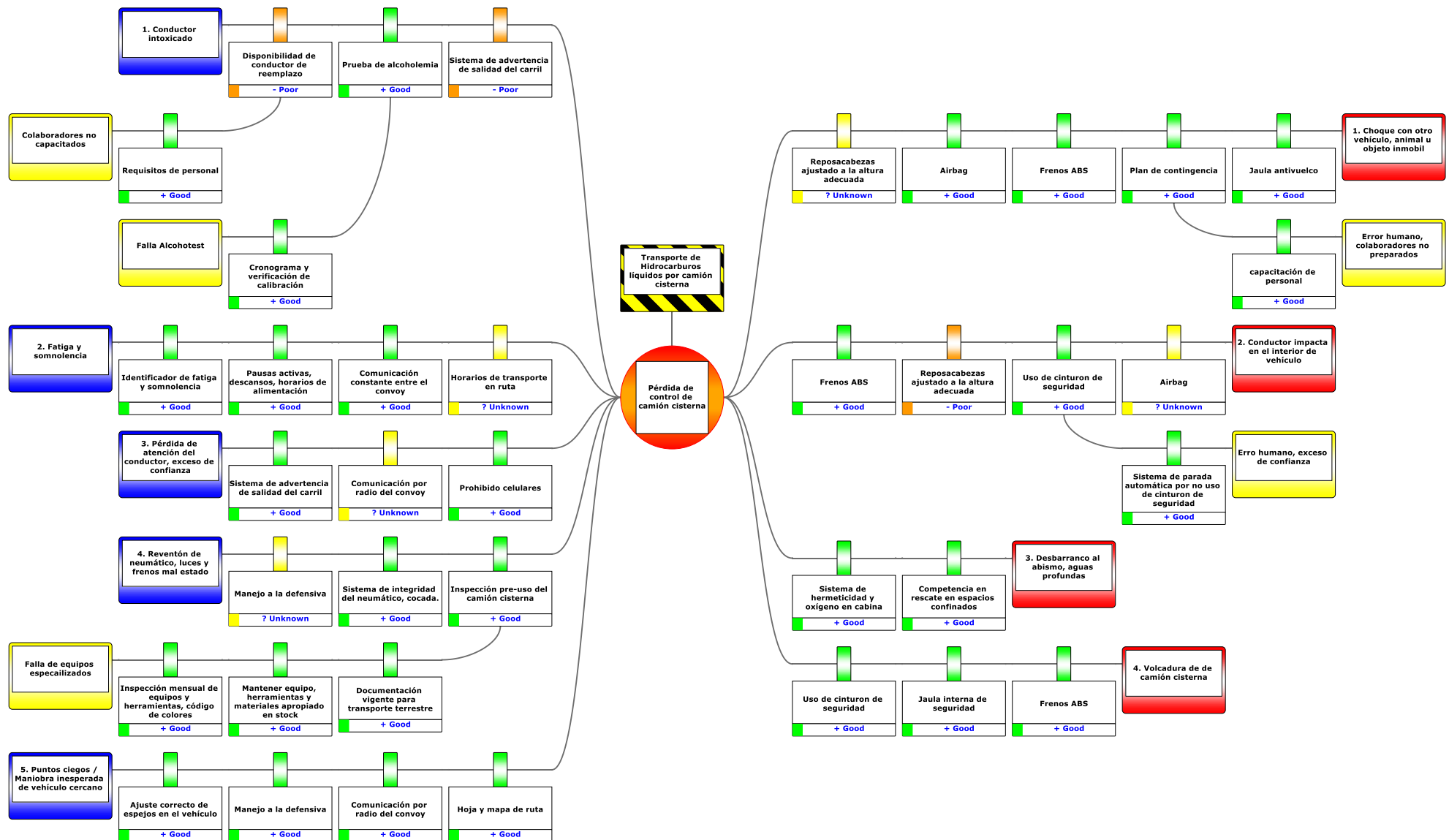
Durante su implantación se consideró la ejecución de los pasos siguientes:

- a) Se explicaron los factores de seguridad del vehículo: Estos incluyen el estado de mantenimiento del vehículo, la calidad de los componentes, el cumplimiento de las regulaciones de seguridad, el diseño de la cisterna, su capacidad de contener los productos transportados, etc.
- b) Se explicaron los factores de seguridad del conductor: Estos incluyen el nivel de conocimientos del conductor, el uso de equipos de protección personal adecuados, su nivel de descanso, la obediencia a las regulaciones de tránsito, etc.
- c) Se explicaron los factores de seguridad del entorno: Estos incluyen el estado de la carretera, la ubicación de los puntos de carga y descarga, el cumplimiento de las regulaciones medioambientales, la ubicación de áreas de almacenamiento adecuadas, etc.
- d) Se explicaron los factores de seguridad de la carga: Estos incluyen la identificación de los productos transportados, el cumplimiento de las regulaciones de transporte, la documentación adecuada, etc.

De esta forma, el Control de factor de escalamiento permitió evaluar los principales factores de riesgo relacionados con el transporte de hidrocarburos líquidos por camión

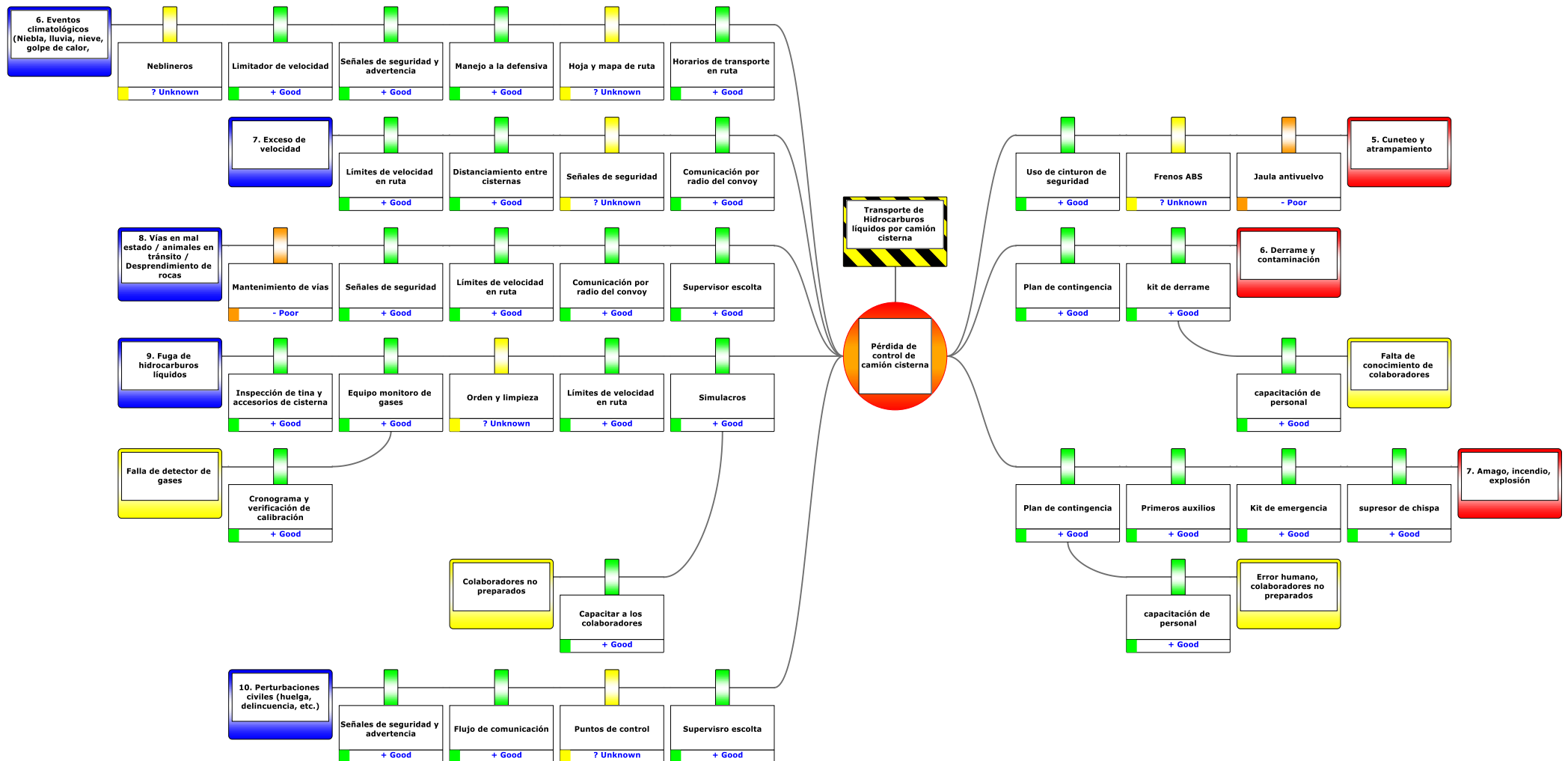
cisterna, permitiendo una adecuada identificación de peligros y evaluación de riesgos en la seguridad y luego del desarrollo de los componentes, se procedió a la optimización del diagrama de *Bow Tie* en la seguridad y control de riesgo de la actividad de transportes de hidrocarburos líquidos por camión cisterna y para ello hemos utilizaremos el programa BOW TIE XP visual *risk assessment*, que facilitó realizar diagramas para la evaluación de riesgo como se puede apreciar en las Figura 47 y Figura 48 respectivamente:

Figura 47 Bow Tie en el Transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 48 Bow Tie en el Transporte de hidrocarburos líquidos por cisterna.



Fuente: Elaboración propia.

Analizando las Figura 47 y Figura 48, se puede deducir criterios para identificar controles críticos:

1. Al identificar un control que se repite varias veces, ya sea preventivo o mitigador, se puede distinguir que es un control crítico.
2. Al identificar sólo un control por cada causa o consecuencia, se puede divisar que es un control crítico.
3. El equipo especializado y multidisciplinario encargado de la gestión de riesgo, puede determinar que un control es crucial.

4.2.4. Evaluación del riesgo en el transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por camión cisterna.

La apreciación del riesgo es el siguiente paso que se utilizó luego de la identificación de controles mediante la metodología *Bow Tie*. Esta evaluación fue complementada con:

1. La Jerarquía de Controles, que es una herramienta de gestión utilizada para minimizar o mitigar los riesgos laborales. Esta se aprecia en la Figura 49:

Figura 49 Medidas de prevención y protección.



Fuente: RIMAC (2019).

2. La matriz de riesgos, herramienta de gestión permitió determinar los riesgos críticos. Tal y como se muestra en la Figura 50:

Figura 50 Matriz de Riesgos.

SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11	NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16	ALTO	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
	Permanente	3	6	9	13	17	20	MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72HORAS
	Temporal	4	10	14	18	21	23	BAJO	Este riesgo puede ser tolerable.	1 MES
	Menor	5	15	19	22	24	25			
			A	B	C	D	E			
			Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda			
			FRECUENCIA							

SEVERIDAD	CRITERIOS		
	Lesión personal	Daño a la propiedad	Daño al proceso
Catastrófico	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto mayor a US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.
Mortalidad (Pérdida mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10,001 y US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes
Pérdida permanente	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdida por un monto entre US\$ 5,001 y US\$ 10,000	Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.
Pérdida temporal	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica.	Pérdida por monto mayor o igual a US\$ 1,000 y menor a US\$ 5,000	Paralización de 1 día.
Pérdida menor	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Pérdida por monto menor a US\$ 1,000	Paralización menor de 1 día.

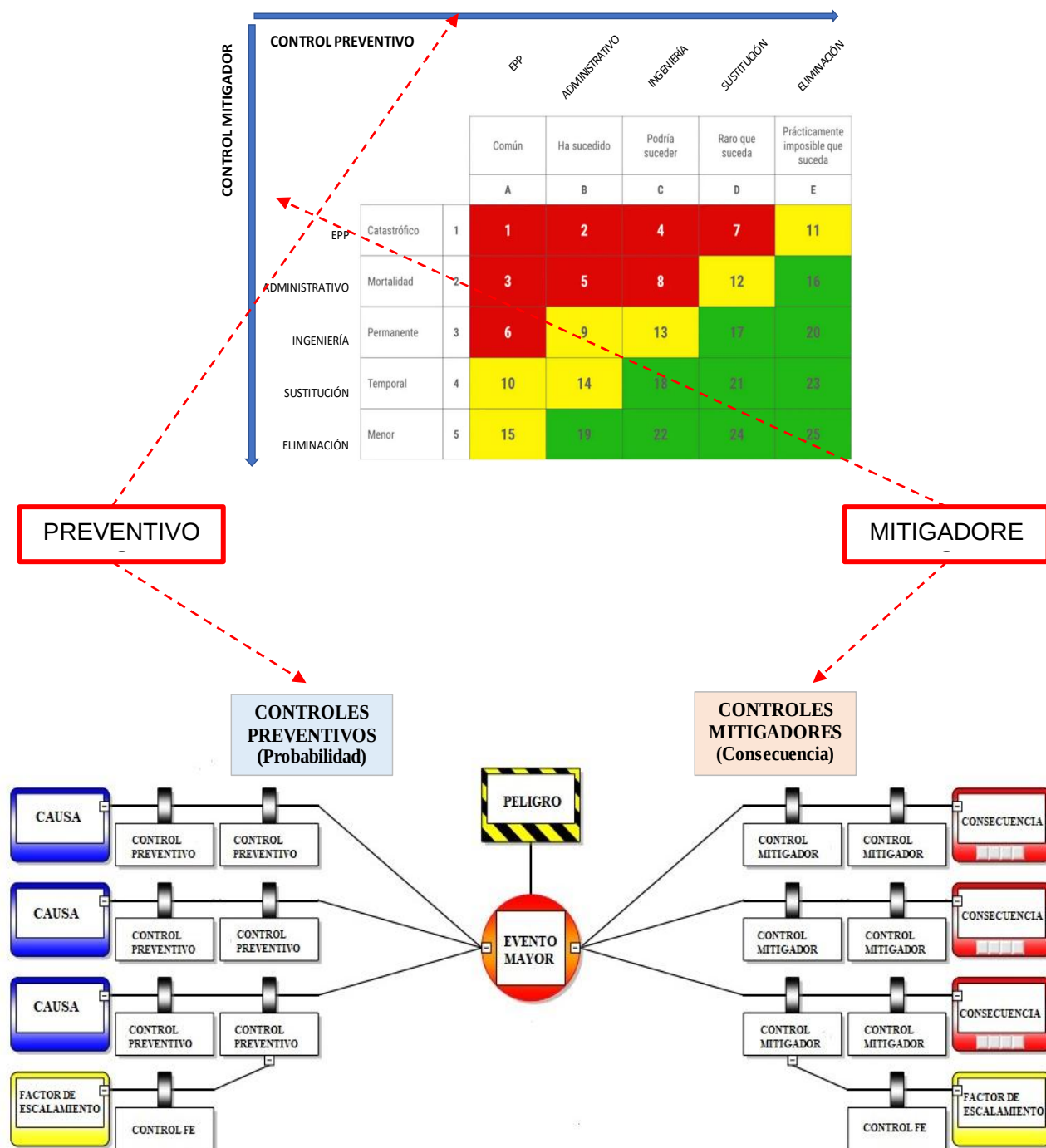
PROBABILIDAD	CRITERIOS	
	Probabilidad de frecuencia	Frecuencia de exposición
Común (muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día.
Ha sucedido (probable)	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.
Podría suceder (posible)	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente.
Raro que suceda (poco probable)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.
Prácticamente imposible que suceda.	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

Fuente: D.S. 024-2016-EM / Anexo 7 (2016).

Al tener controles preventivos el desplazamiento es de forma horizontal bajando la Frecuencia (Probabilidad) mientras los controles mitigadores atacan a la severidad (consecuencia) de forma vertical. Y si la implementación son controles preventivos y

mitigadores entonces hay una descendencia transversal. Tal como se muestra en la Figura 51:

Figura 51 Gestionar el riesgo.

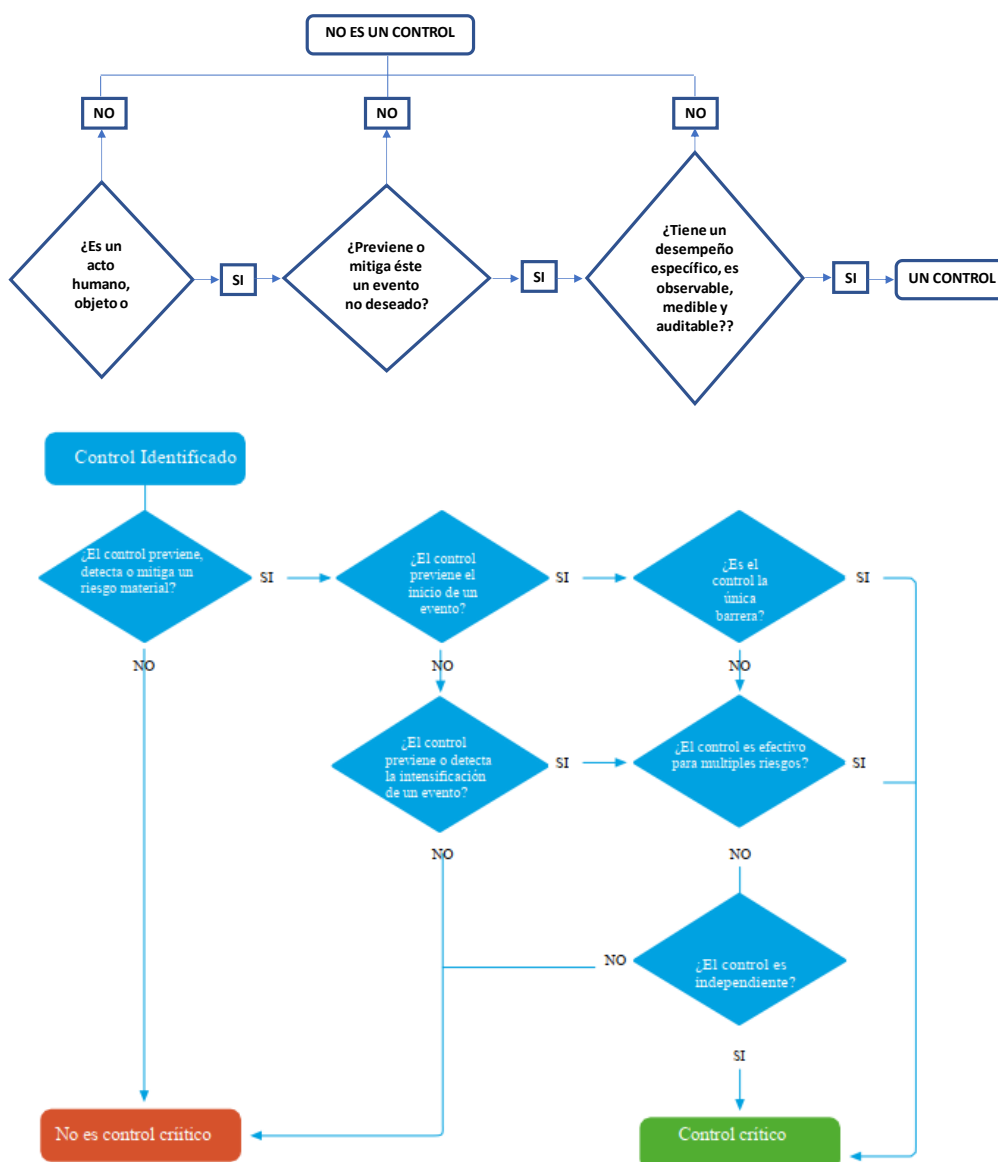


Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Seleccionar los controles críticos

El primer paso para la elección de controles es mediante el Árbol de Decisión de identificación de control se correspondió a la selección de controles críticos. Para su identificación, fueron tomados en cuenta ciertos criterios, los cuales se extrajeron del árbol de decisión, que fue la herramienta que ayudó a identificar si un control era o no crítico. Con relación a ello se presenta la Figura 52:

Figura 52 Árbol de decisión de identificación de control crítico.



Fuente: ACARP (2015).

4.2.6. Definir el rendimiento y el informe

Cada control crítico debe tener una hoja de desempeño. Está ayudó a responder ¿Qué acciones debían garantizarse para que ese control fuera efectivo? Este paso definió los objetivos de los controles críticos y los requerimientos de desempeño para cada control crítico. Este demarcó el desempeño mínimo requerido para el control crítico pudiendo asegurar su efectividad para la prevención y mitigación de un riesgo del evento mayor. En adelante se identifican las actividades que tuvieron impacto en el desempeño del control. Esas actividades proporcionaron una ayuda para entender cómo deben ser verificados estos controles críticos en la práctica (en campo) y un mecanismo para monitorear el control crítico. La Tabla 14 muestra el modelo de hoja de desempeño utilizado:

Tabla 14 Modelo de hoja de desempeño.

	Rol en Gestión de control crítico	Cargo	Responsabilidades
Nivel: Organización		Gerente y equipo corporativo	Recibir informes del equipo de liderazgo bianual.
		Jefe de Seguridad y Salud en el trabajo	Discutir la salud y controles críticos del Evento Top con frecuencia semanal o quincenal.
		Jefe de operaciones	Recibir y recopilar los informes del Evento Top y controles críticos de la operación (es) de la empresa, y generar informes corporativos.
Nivel: Operación	Responsable del Evento Top	- Gerente de operación - Gerente de Seguridad y Salud en el trabajo. - Comité de seguridad.	Monitorear y revisar cada mes los informes de seguridad y salud de evento top y controles críticos, y entregarlos al equipo de liderazgo de la compañía.
	Responsable del control crítico	Jefe de Seguridad y Salud en el trabajo.	Informar sobre la salud y salud del control crítico al responsable del evento top cada semana.
	Responsable de la verificación e informes.	Supervisor de Seguridad y Salud en el trabajo.	Emprender o supervisar las actividades de verificación, y proporcionar informes constantes de la actividad del responsable del control crítico.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.7. Asignar responsabilidad

En este punto se asignó a los colaboradores las responsabilidades para cada evento mayor, control crítico y actividades de verificación, desde un nivel operativo hasta administrativo y/o gerencial. Estas responsabilidades fueron asignadas a roles o

posiciones específicas dentro de la organización, lo cual permitieron asegurar continuamente la gestión del rol, según se muestra en la Tabla 15:

Tabla 15 *Modelo de responsabilidad de actividad y controles.*

	Rol en Gestión de control crítico	Cargo	Responsabilidades
Nivel: Organización		Gerente y equipo corporativo	Recibir informes del equipo de liderazgo bianual.
		Jefe de Seguridad y Salud en el trabajo	Discutir la salud y controles críticos del Evento Top con frecuencia semanal o quincenal.
		Jefe de operaciones	Recibir y recopilar los informes del Evento Top y controles críticos de la operación (es) de la empresa, y generar informes corporativos.
Nivel: Operación	Responsable del Evento Top	- Gerente de operación - Gerente de Seguridad y Salud en el trabajo. - Comité de seguridad.	Monitorear y revisar cada mes los informes de seguridad y salud de evento top y controles críticos, y entregarlos al equipo de liderazgo de la compañía.
	Responsable del control crítico	Jefe de Seguridad y Salud en el trabajo.	Informar sobre la salud y salud del control crítico al responsable del evento top cada semana.
	Responsable de la verificación e informes.	Supervisor de Seguridad y Salud en el trabajo.	Emprender o supervisar las actividades de verificación, y proporcionar informes constantes de la actividad del responsable del control crítico.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.8. Implementación específica del sitio

El equipo especializado se encargó de implementar a nivel de campo la gestión de controles críticos, para ello se adaptó la documentación realizada en pasos anteriores para una integración en la operación y posteriormente se desarrolló un plan de seguridad con estrategias para los controles críticos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna. (Anexo 1).

4.2.9. Verificación y reporte

Las actividades de verificación y reporte fueron llevadas a cabo por los responsables de cada actividad: Comité operacionales, Comité de seguridad, Comité estratégico de directorio, etc. En este caso Se tuvo un seguimiento del Plan de acción= Planificado vs Ejecutado, lo cual permitió una evaluación a nivel de la organización de los controles críticos que deben ser identificados.

- Se revisó los informes de actividades de verificación regularmente por el responsable(s) del control crítico, con los informes resumidos del control crítico.
- Se analizó la verificación de las actividades que se están llevando a cabo por el responsable(s) de la actividad de verificación, con un resumen de los informes de verificación regulares.
- Se revisó el resumen de los informes de controles críticos de manera regular por el responsable del evento top, quién proporcionará un resumen de los reportes de los controles y eventos mayor.
- Se revisó y recolectó los resultados de los informes de evento mayor por un miembro del equipo de liderazgo quién divulgará las acciones que son necesarias con directivos superiores en el sitio y con el gerente corporativo encargado de la Gestión de Controles Críticos.
- Se chequeó los archivos de monitoreo.
- Se acompañó a los operadores en las inspecciones de rutina para asegurar la calidad.
- Se reevaluó los requerimientos de desempeño de los controles críticos, por ejemplo: un control crítico "calibración de Alcohólimetro" debería ver el responsable del control evaluando si los ajustes de calibración son apropiados para tomar lecturas precisas.

4.2.10. Respuesta a un rendimiento de control crítico inadecuado

La respuesta al desempeño inadecuado de los controles críticos fue determinada por los resultados de las actividades de verificación e informes discutidas en la verificación y reporte. Esta respuesta fue importante ya que apoyó a la revisión de controles críticos, y ayudó con la mejora de método de gestión de controles críticos de manera global.

Los responsables de los controles críticos y el evento mayor estuvieron al tanto del desempeño del control crítico. Si los controles críticos no estaban rindiendo, ocurría un incidente, se explicó que se deberá investigar y tomar acciones para mejora de su desempeño o remover el estado crítico de los controles.

4.3. Análisis e interpretación de resultados

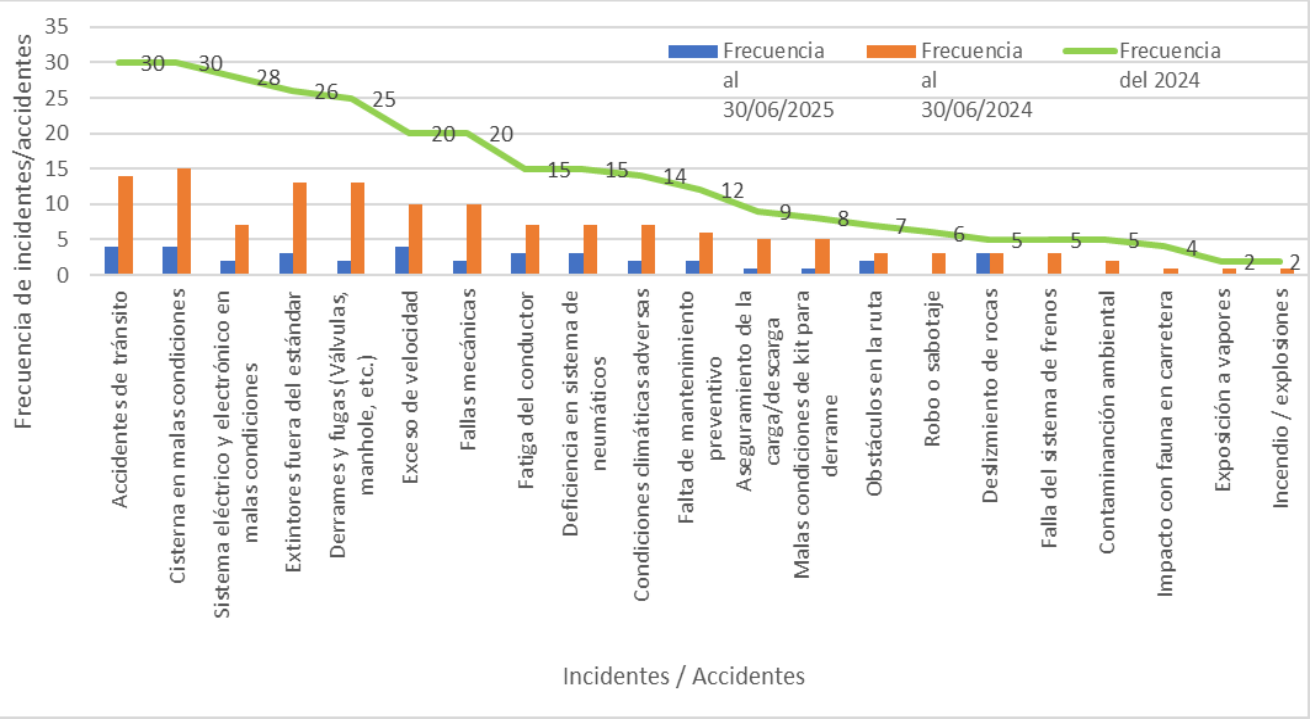
En esta sección se examinaron los hallazgos obtenidos a partir de los instrumentos aplicados en el año 2025, con el propósito es identificar patrones, brechas o fortalezas que expliquen el comportamiento de las variables estudiadas.

4.3.1. N° de incidentes/accidentes

En La Figura 5 muestra la frecuencia mensual de incidentes y accidentes en 2024. Tras aplicar la metodología y los controles críticos, se evidenció una reducción significativa, especialmente en eventos como fatiga y somnolencia, fallas mecánicas en cisternas y excesos de velocidad, que representaron el 20% de los casos según el diagrama de Pareto. Al comparar los datos acumulados hasta junio de 2024 con los de 2025, se observó una disminución considerable, reflejando la efectividad de la metodología *Bow Tie* en la gestión de control de riesgos (ver Figura 53).

Figura 53 Frecuencia de incidentes/accidentes hasta junio 2025

Incidentes / Accidentes	Frecuencia al 30/06/2025	Frecuencia al 30/06/2024	Reducción de Frecuencia (%)
Accidentes de tránsito	4	14	71.43
Cisterna en malas condiciones	4	15	73.33
Sistema eléctrico y electrónico en malas condiciones	2	7	71.43
Extintores fuera del estándar	3	13	76.92
Derrames y fugas (Válvulas, manhole, etc.)	2	13	84.62
Exceso de velocidad	4	10	60.00
Fallas mecánicas	2	10	80.00
Fatiga del conductor	3	7	57.14
Deficiencia en sistema de neumáticos	3	7	57.14
Condiciones climáticas adversas	2	7	71.43
Falta de mantenimiento preventivo	2	6	66.67
Aseguramiento de la carga/descarga	1	5	80.00
Malas condiciones de kit para derrame	1	5	80.00
Obstáculos en la ruta	2	3	33.33
Robo o sabotaje	0	3	100.00
Deslizamiento de rocas	3	3	0.00
Falla del sistema de frenos	0	3	100.00
Contaminación ambiental	0	2	100.00
Impacto con fauna en carretera	0	1	100.00
Exposición a vapores	0	1	100.00
Incendio/ explosiones	0	1	100.00
Total	38	136	

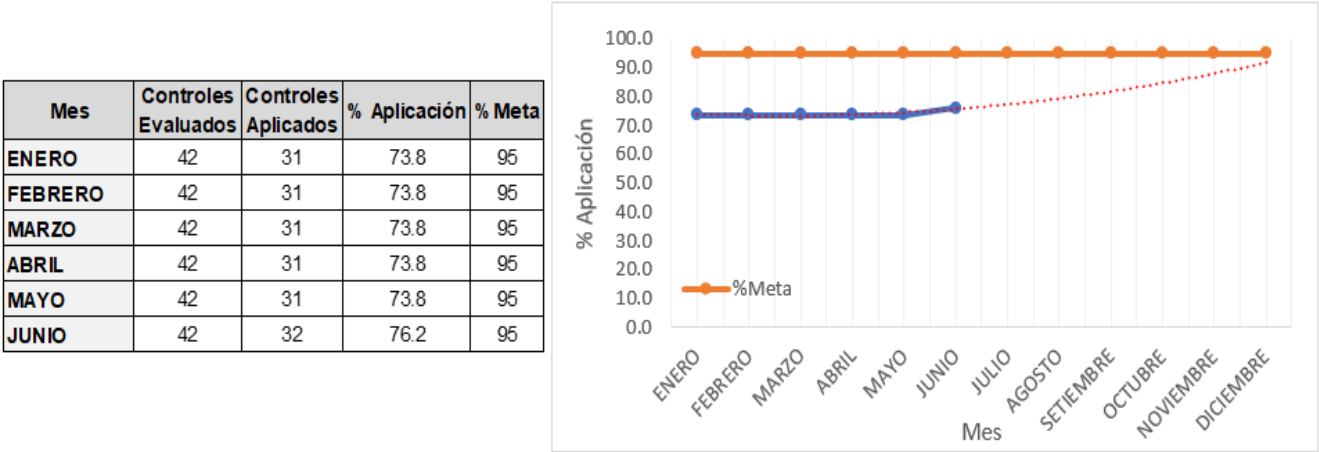


Fuente: Elaboración propia.

4.3.2. Porcentaje de controles críticos aplicados correctamente

Para determinar el porcentaje de aplicación de controles crítico, se realizó un seguimiento durante el periodo de enero a junio de 2025, conforme a los requisitos establecidos en la presente tesis (ver Tabla 27). Se evaluaron aproximadamente 42 controles, con una meta establecida por la empresa del 95% de aplicación. A pesar del incremento en la cantidad de controles evaluados, se evidenció una aplicación constante y sostenida, lo que ha contribuido significativamente a la reducción de incidentes y accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos. Asimismo, se evidenció una tendencia positiva hacia el cumplimiento del objetivo propuesto, como se muestra en la Figura 54.

Figura 54 Porcentaje (%) de controles críticos aplicados hasta junio 2025



Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Indicadores de desempeño de seguridad

Para la medición de los indicadores de seguridad utilizados en la gestión de riesgos laborales durante las operaciones de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos, se empleó el Registro de Estadísticas de Seguridad y Salud en el Trabajo correspondiente al año 2025 (ver Anexo 15), en el periodo de enero a junio, donde hubo un aumento de personal y por ende aumentó de horas hombres trabajadas (HHT).

4.3.3.1. Índice de frecuencia de accidentes

Por cada millón (10⁶) de horas hombre trabajadas (HHT), la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. podría tener 36.41 posibles accidentes (Ver Figura 55). Sin embargo, al comparar este valor con el índice de frecuencia registrado hasta junio 2024, se observó una reducción significativa de 25.81 puntos, como se muestra en la Figura 56.

Figura 55 Índice de frecuencia 2025

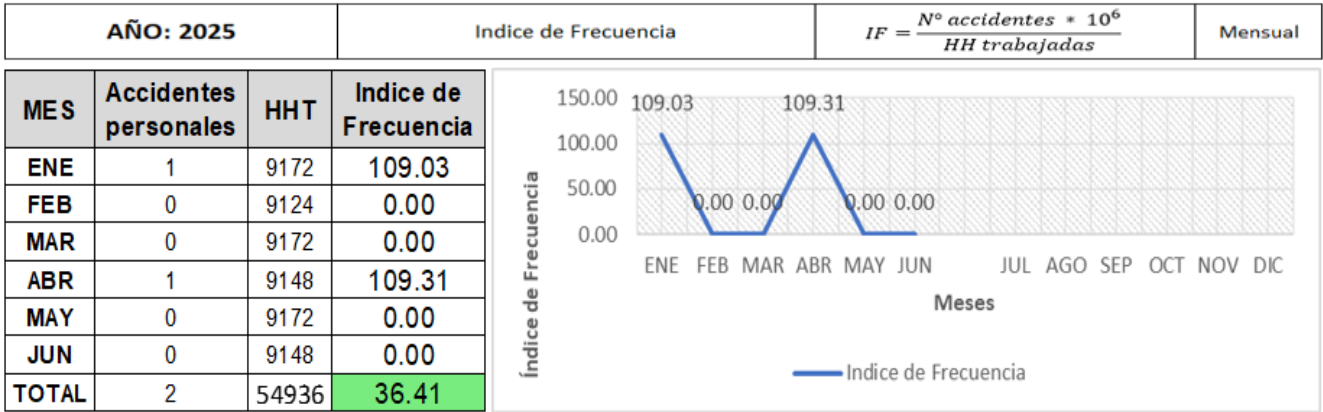
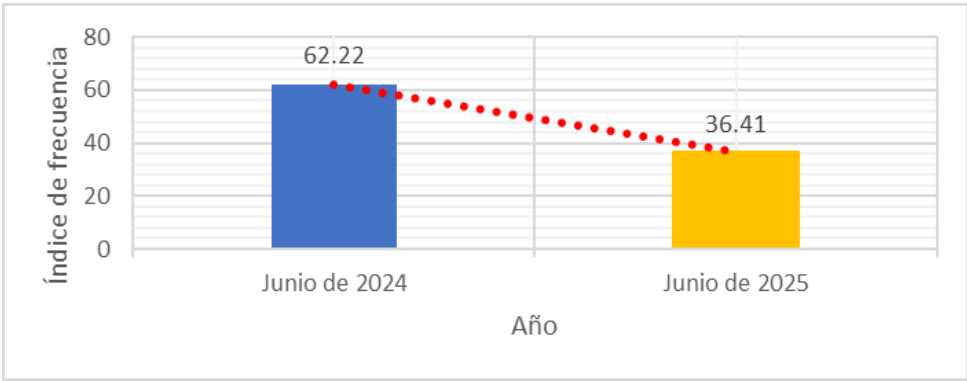


Figura 56 Comparación de Índice de frecuencia junio 2024 – 2025



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.2. Índice de severidad de accidentes

Por cada millón (10⁶) de horas hombre trabajadas (HHT), la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. podría tener 54.61 días perdidos (ver Figura 57). Sin embargo, al comparar este valor con el índice de severidad registrado hasta junio 2024, se observó una reducción significativa de 49.09 puntos, como se muestra en la Figura 58:

Figura 57 Índice de severidad 2025

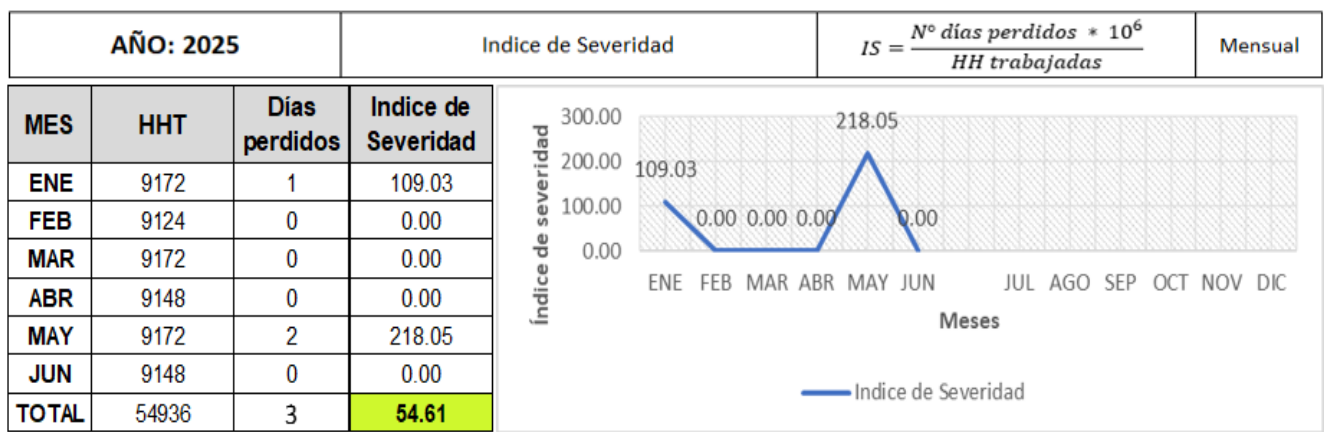
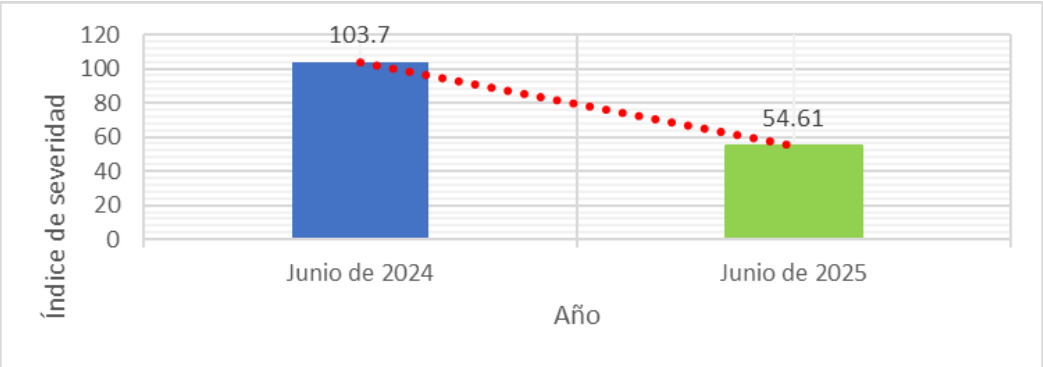


Figura 58 Comparación de índice de severidad junio 2024 – 2025



Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.3. Índice de accidentabilidad

La empresa Transportes M. Catalán S.A.C. tiene un índice de accidentabilidad de 1.99 (ver Figura 59). Sin embargo, al comparar este valor con el índice de accidentabilidad registrado hasta junio 2024, se observó una reducción significativa de 4.46 puntos, como se muestra en la Figura 60:

Figura 59 Índice de accidentabilidad 2025

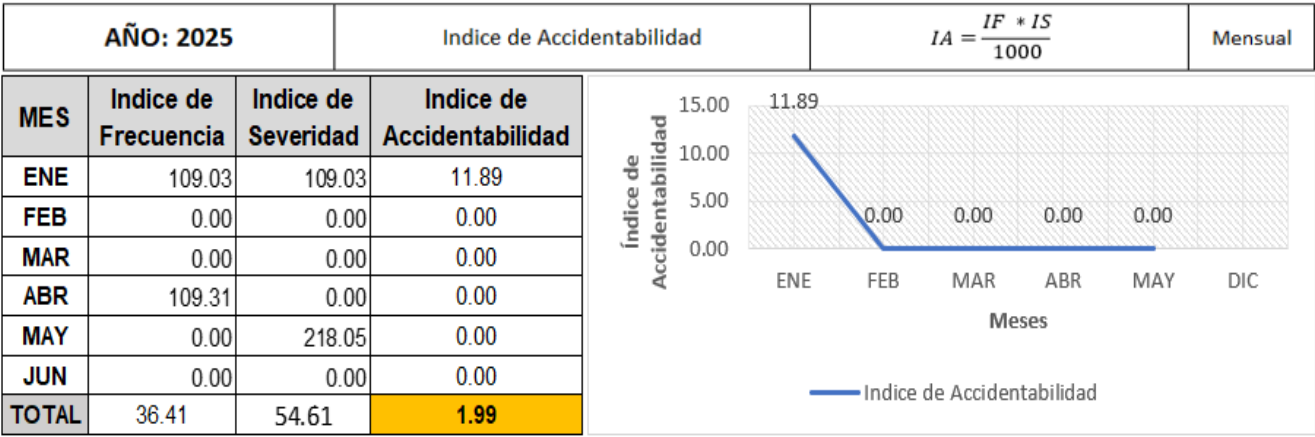
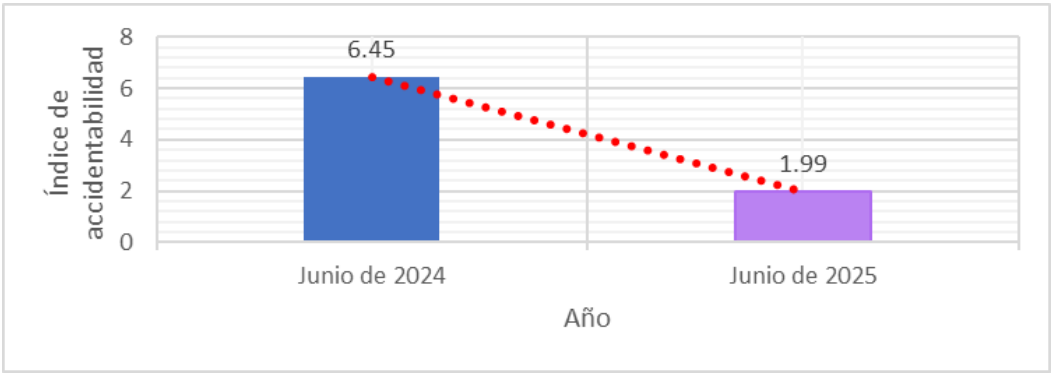


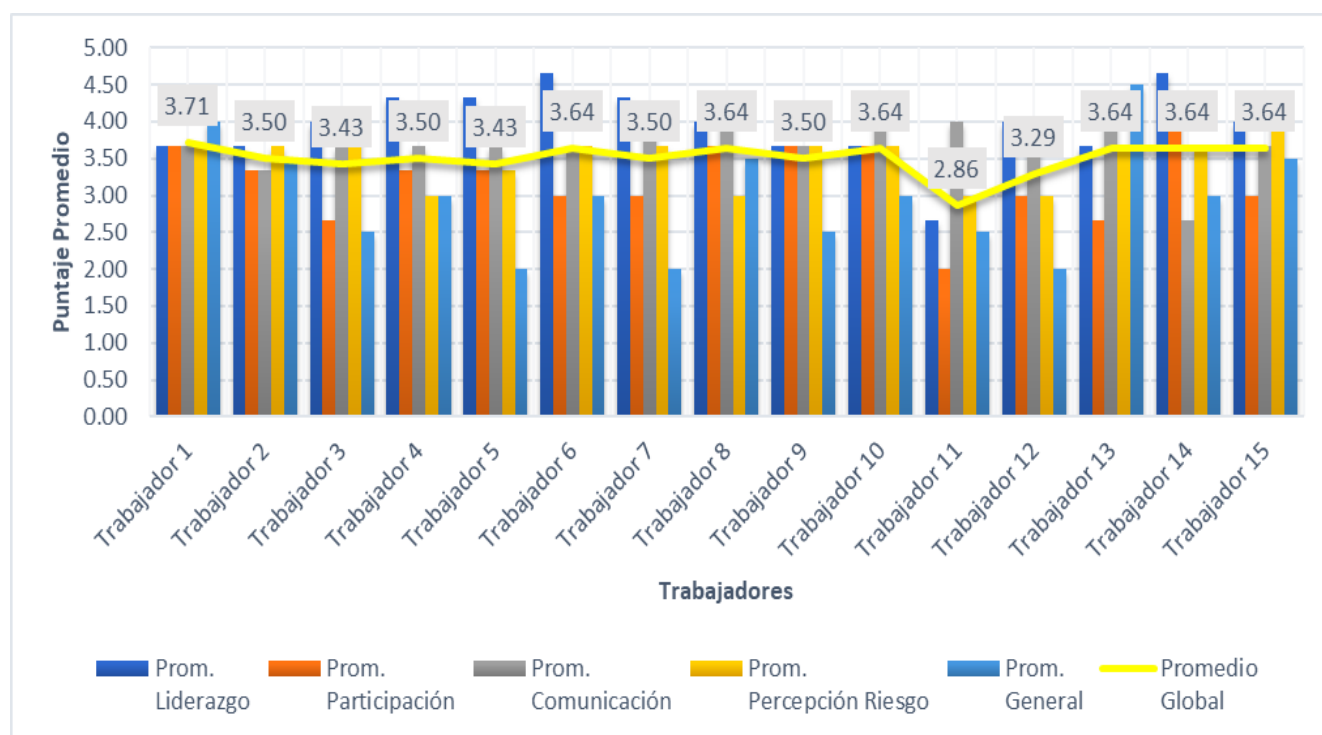
Figura 60 Comparación de índice de accidentabilidad junio 2024 – 2025



Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Encuesta de percepción de seguridad

Se aplicó la encuesta estructurada semestral (ver Anexo 14) que permitió recopilar opiniones, actitudes y niveles de compromiso respecto a la gestión preventiva. En la Figura 61 se presenta un gráfico que muestra, mediante una línea amarilla, el puntaje promedio obtenido por cada trabajador. El promedio global alcanzado fue de 3.50, considerado satisfactorio para los estándares de la organización. Y en comparación con los resultados de la encuesta anterior (ver Figura 25), se evidencia un incremento 1.42 puntos en la percepción general.

Figura 61 Puntaje promedio por trabajador de la encuesta junio 2025.

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo V: Análisis Económico

5.1. Descripción de escenarios para la optimización de la seguridad y control de riesgo en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna

5.1.1. Escenario optimista

Con la finalidad de cumplir con la normativa peruana de seguridad, salud en el trabajo, las de transporte y manejo de residuos; fue necesario el mantenimiento de la operación equipada con las herramientas necesarias para la atención inmediata ante cualquier emergencia; y además sin que se presentará ninguna eventualidad, en la que los camiones cisternas de hidrocarburos líquidos y el equipo de trabajo funcione a la perfección. En respuesta a ello, se muestra en la Tabla 16 el presupuesto requerido para la optimización de la seguridad y control de riesgo, suponiendo un escenario optimista:

Tabla 16 Costos del escenario optimista.

Producto / Servicio	Precio (S/.)
1. Transporte de hidrocarburos líquidos	
• Inspección Técnica vehicular	4,320.00
• Rotulado de las unidades	52,800.00
• Permisos, licencias y autorizaciones de transporte	458.40
• MSDS fichas de seguridad en español	0.00
• Kit de emergencia	16,926.96
• Kit de herramientas, de auxilio mecánico	227,298.24
• Kit anti-derrames	72,692.16
• Supervisor de ensayos no destructivos	36,000.00
• Cintas reflectivas	9,480.00
2. Plan de contingencia	
• Kit anti-derrames	72,692.16
• Equipamiento de rescate	16,967.52
• Equipamiento contra incendios	17,010.00
• Botiquín primeros auxilios	103,883.04
• EPP's	12,396.48
• Supervisor de convoy	42,000.00
• Supervisor de flota	24,000.00
• Conductor de apoyo	18,000.00
• Personal de mantenimiento	14,400.00
• Inspector de turno	12,000.00

• Punto de control	14,400.00
• Sistema GPS	36,000.00
• Sistema de comunicación radial	95961.60
• Teléfono satelital	37,476.00
• Camioneta escolta Pick up 4X4	1,284,360.00
• Camionetas rurales	1,915,440.00
• Combis de pasajeros	932,736.00
3. Programa de capacitación	
• Programa de capacitación de transportista de materiales peligrosos	10,752.00
• Programa de capacitación bi-anual de Seguridad en vías	14,160.00
• Programa de capacitación tri-anual de conductor de camioneta escolta	38,880.00
• Cursos de MATPEL	14,400.00
• Programa de capacitación del manejo de residuos sólidos	120,000.00
4. Manejo de residuos	
• Contratación de empresa de recolección y transporte de residuos sólidos	2,131,632.00
• Contenedores de plástico o metal (55 glns.)	1,876.80
TOTAL	7,401,399.36

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2. Escenario moderado

En el escenario moderado la organización requiere para ser equipada con lo necesario para optimizar la seguridad y el control de riesgo de un presupuesto con una variación que eleva los costos; este aumento de los costos podría ser consecuencia de las eventualidades surgidas a causa de los cambios de clima que se presentan en la ruta, como lluvia, sismos y desprendimiento de rocas. Por ello se identifican los siguientes costos, que se muestran en la Tabla 17:

Tabla 17 Costos de la ocurrencia de un escenario moderado.

Servicio	Precio (S/.)
Ocurrencia de derrame en zona rural no habitada	
• Tratamiento de la tierra contaminada	6,000.00
• Tratamiento de las fuentes de agua contaminadas	15,000.00
TOTAL	21,000.00

5.1.3. Escenario pesimista

En el escenario pesimista se incluyó la ocurrencia de derrames ocasionados por accidentes de tránsito, en zonas urbanas o cercanas a ecosistemas con especies originarias de la zona. Este presupuesto de costos en un escenario pesimista se describe en la Tabla 18:

Tabla 18 Costos de la ocurrencia de un escenario pesimista.

Servicio	Precio (S/.)
Ocurrencia de un sismo en zona urbana	
• Personal encargado del tratamiento de alcantarillado contaminado	90,000.00
Ocurrencia de un accidente de tránsito con derrame en zona urbana	
• Remoción de tierra contaminada	4,000.00
• Tratamiento de tierra contaminada	6,000.00
• Contaminación de fuentes de agua	10,000.00
• Tratamiento de fuentes de agua contaminadas	10,000.00
• Auditoría de partículas magnéticas	15,000.00
TOTAL	140,000.00

5.2. Flujo de caja proyectados

A continuación, se presentan los flujos de caja proyectados a partir de la información contable del periodo anterior; se han considerado 3 escenarios con diferentes tasas de crecimiento. Los mismos se muestran en la Tabla 19:

Tabla 19 Supuestos de los escenarios.

Concepto	Escenario Optimista	Escenario Moderado	Escenario Pesimista
Ingresos	(+) 5%	(+) 2%	(-) 1%
Costo de ventas	(+) 2%	(+) 2%	(+) 2%
Gastos administrativos	(+) 5%	(+) 5%	(+) 5%

Posterior a la determinación de los costos del sistema, se consolido el siguiente plan de inversiones, mostrado en la Tabla 20:

Tabla 20 *Resumen de inversiones.*

Resumen de inversiones	
I. Inversión fija	7,262,326.08
A. I.F. Tangible	4,874,923.68
* Maquinaria y Equipo	4,132,536.00
* Muebles y Enseres	742,387.68
B. I.F. Intangible	2,387,402.40
II. Capital de trabajo	139,073.28
Flujo de inversiones	7,401,399.36

Es importante destacar que se consideró una depreciación lineal del 20% (por ser la máxima tasa a la que se depreciación), el detalle se muestra en la Tabla 21, mientras la Tabla 22 muestra un escenario optimista, la Tabla 23 uno moderado y la Tabla 24 uno pesimista:

Tabla 21 *Depreciación lineal del 20%.*

RUBROS	MONTO (S/)	% Dep.	Dep. Anual
Maquinaria y Equipo	4,132,536.00	20%	826,507.20
Muebles y Enseres	742,387.68	20%	148,477.54
Total			974,984.74

Tabla 22 Escenario optimista.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total de ingresos por actividad ordinaria		2,797,621.38	2,937,502.45	3,084,377.57	3,238,596.45	3,400,526.27	3,570,552.58	3,749,080.21	3,936,534.22	4,133,360.93	4,340,028.98
Costo de ventas		-1,175,000.98	-1,198,501.00	-1,222,471.02	-1,246,920.44	-1,271,858.85	-1,297,296.03	-1,323,241.95	-1,349,706.79	-1,376,700.92	-1,404,234.94
<i>Utilidad Bruta</i>		1,622,620.40	1,739,001.45	1,861,906.55	1,991,676.01	2,128,667.42	2,273,256.56	2,425,838.27	2,586,827.44	2,756,660.01	2,935,794.04
Gastos administrativos		-279,762.14	-293,750.25	-308,437.76	-323,859.65	-340,052.63	-357,055.26	-374,908.02	-393,653.43	-413,336.10	-434,002.90
Depreciación		-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Utilidad operativa</i>		367,873.52	470,266.46	578,484.05	692,831.62	813,630.06	1,916,201.30	2,050,930.24	2,193,174.01	2,343,323.92	2,501,791.14
Impuesto a la Renta (29.5%)		-108,522.69	-138,728.61	-170,652.80	-204,385.33	-240,020.87	-565,279.38	-605,024.42	-646,986.33	-691,280.56	-738,028.39
<i>Utilidad Neta</i>		259,350.83	331,537.86	407,831.26	488,446.30	573,609.19	1,350,921.91	1,445,905.82	1,546,187.68	1,652,043.36	1,763,762.75
(+) Depreciación		974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo operativo		1,234,335.57	1,306,522.59	1,382,815.99	1,463,431.03	1,548,593.93	1,350,921.91	1,445,905.82	1,546,187.68	1,652,043.36	1,763,762.75
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de inversión	-7,401,399.36										
Flujo operativo		1,234,335.57	1,306,522.59	1,382,815.99	1,463,431.03	1,548,593.93	1,350,921.91	1,445,905.82	1,546,187.68	1,652,043.36	1,763,762.75
Flujo de Caja Económico	-7,401,399.36	1,234,335.57	1,306,522.59	1,382,815.99	1,463,431.03	1,548,593.93	1,350,921.91	1,445,905.82	1,546,187.68	1,652,043.36	1,763,762.75

Tabla 23 *Escenario moderado.*

Se le adiciona a la inversión inicial el monto de 21,000.00 soles por la ocurrencia de un suceso imprevisto.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total de ingresos por actividad ordinaria		2,797,621.38	2,853,573.81	2,910,645.28	2,968,858.19	3,028,235.35	3,088,800.06	3,150,576.06	3,213,587.58	3,277,859.33	3,343,416.52
Costo de ventas		-1,175,000.98	-1,198,501.00	-1,222,471.02	-1,246,920.44	-1,271,858.85	-1,297,296.02	-1,323,241.94	-1,349,706.78	-1,376,700.92	-1,404,234.94
<i>Utilidad Bruta</i>		1,622,620.40	1,655,072.81	1,688,174.26	1,721,937.75	1,756,376.50	1,791,504.03	1,827,334.11	1,863,880.80	1,901,158.41	1,939,181.58
Gastos administrativos		279,762.14	293,750.25	308,437.76	323,859.65	340,052.63	357,055.26	374,908.02	393,653.43	413,336.10	434,002.90
Depreciación		974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Utilidad operativa</i>		367,873.52	386,337.82	404,751.77	423,093.37	441,339.14	1,434,448.77	1,452,426.09	1,470,227.37	1,487,822.32	1,505,178.68
Impuesto a la Renta (29.5%)		-108,522.69	-113,969.66	-119,401.77	-124,812.54	-130,195.05	-423,162.39	-428,465.70	-433,717.07	-438,907.58	-444,027.71
<i>Utilidad Neta</i>		259,350.83	272,368.17	285,350.00	298,280.82	311,144.09	1,011,286.38	1,023,960.39	1,036,510.30	1,048,914.73	1,061,150.97
(+) Depreciación		974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo operativo		1,234,335.57	1,247,352.90	1,260,334.73	1,273,265.56	1,286,128.83	1,011,286.38	1,023,960.39	1,036,510.30	1,048,914.73	1,061,150.97
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de inversión	-7,422,399.36										
Flujo operativo		1,234,335.57	1,247,352.90	1,260,334.73	1,273,265.56	1,286,128.83	1,011,286.38	1,023,960.39	1,036,510.30	1,048,914.73	1,061,150.97
Flujo de Caja Económico	-7,422,399.36	1,234,335.57	1,247,352.90	1,260,334.73	1,273,265.56	1,286,128.83	1,011,286.38	1,023,960.39	1,036,510.30	1,048,914.73	1,061,150.97

Tabla 24 *Escenario pesimista.*

Al monto de inversión se le adiciona el monto de 140,000.00 soles por un suceso imprevisto.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Total de ingresos por actividad ordinaria		2,797,621.38	2,769,645.16	2,741,948.71	2,714,529.23	2,687,383.93	2,660,510.09	2,633,904.99	2,607,565.94	2,581,490.28	2,555,675.38
Costo de ventas		-1,175,000.98	-1,198,501.00	-1,222,471.02	-1,246,920.44	-1,271,858.85	-1,297,296.03	-1,323,241.95	-1,349,706.79	-1,376,700.92	-1,404,234.94
<i>Utilidad Bruta</i>		1,622,620.40	1,571,144.16	1,519,477.69	1,467,608.79	1,415,525.08	1,363,214.07	1,310,663.05	1,257,859.16	1,204,789.36	1,151,440.44
Gastos administrativos		-279,762.14	-293,750.25	-308,437.76	-323,859.65	-340,052.63	-357,055.26	-374,908.02	-393,653.43	-413,336.10	-434,002.90
Depreciación		-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	-974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Utilidad operativa</i>		367,873.52	302,409.18	236,055.20	168,764.40	100,487.72	1,006,158.81	935,755.02	864,205.73	791,453.27	717,437.54
Impuesto a la Renta (29.5%)		108,522.69	89,210.71	69,636.28	49,785.50	29,643.88	296,816.85	276,047.73	254,940.69	233,478.71	211,644.07
<i>Utilidad Neta</i>		259,350.83	213,198.47	166,418.91	118,978.90	70,843.84	709,341.96	659,707.29	609,265.04	557,974.55	505,793.47
(+) Depreciación		974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	974,984.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flujo operativo		1,234,335.57	1,188,183.21	1,141,403.65	1,093,963.64	1,045,828.58	709,341.96	659,707.29	609,265.04	557,974.55	505,793.47
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de inversión	-7,536,399.36										
Flujo operativo		1,234,335.57	1,188,183.21	1,141,403.65	1,093,963.64	1,045,828.58	709,341.96	659,707.29	609,265.04	557,974.55	505,793.47
Flujo de Caja Económico	-7,536,399.36	1,234,335.57	1,188,183.21	1,141,403.65	1,093,963.64	1,045,828.58	709,341.96	659,707.29	609,265.04	557,974.55	505,793.47

5.3. Determinar TIR y VAN

Considerando los datos de cada uno de los tres escenarios planteados en las Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24 respectivamente y tomando en cuenta la tasa interna de descuento del BCP del 12.56% el TIR y el VAN arrojaron para los diferentes escenarios los resultados presentados en la Tabla 25:

Tabla 25 Descripción del TIR en diferentes escenarios.

Optimista	
TIR	38%
VAN	S/ 5.986.817,64
Moderado	
TIR	-18%
VAN	-S/ 17.105.383,31
Pesimista	
TIR	24%
VAN	S/ 2.243.080,92

De acuerdo con el escenario optimista y el escenario pesimista la inversión es rentable, cabe destacar que de acuerdo con los ingresos del entorno moderado presentes en la Tabla 23 y la inversión inicial de este escenario moderado presente en la Tabla 17 y donde solo se incrementó 21.000 soles al valor inicial este cálculo para VAN y TIR resulto negativo. Sin embargo, esto indica que la empresa cuenta con los ingresos suficientes para llevar a cabo un sistema de seguridad y salud ocupacional y medio ambiente; garantizando condiciones adecuadas de trabajo a sus colaboradores y procedimientos amigables con el medio ambiente; dado que el material que transportan es altamente dañino para la humanidad y biodiversidad.

5.4. Periodo de recuperación de la inversión

Tabla 26 Periodo de recuperación de la inversión.

Escenario	Periodo de Recuperación
Escenario optimista	6 años, 7 meses y 7 días
Escenario moderado	8 años y 3 días
Escenario pesimista	12 años, 6 meses y 9 días

Respecto a los periodos de recuperación, se obtuvo que tanto en el escenario optimista como moderado se recupera la inversión antes de los dos años; sin embargo, hasta un escenario pesimista puede extenderse el periodo de recuperación hasta en poco más de 12 meses.

Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

La seguridad operativa en el cumplimiento de los controles a tenido una mejora significativa, el seguimiento realizado durante el primer semestre de 2025 permitió verificar una aplicación constante y sostenida de los controles críticos, incluso con un incremento en su número: de 16 controles evaluados en 2024 a 42 en 2025. El porcentaje de aplicación registrado en 2025 alcanza el 74.2%, lo que representa más del 100% respecto al total aplicado en 2024. Este resultado evidencia el compromiso de la organización con la mejora continua y la prevención de riesgos, contribuyendo a una reducción significativa de incidentes y accidentes en el transporte de hidrocarburos líquidos. Además, la tendencia positiva observada respalda el progreso hacia el objetivo institucional del 95% de aplicación, confirmando la efectividad de la gestión preventiva implementada.

La reducción en la frecuencia de incidentes y accidentes, durante el primer semestre del 2025 reflejó una mejora significativa en su desempeño preventivo, registrada en la reducción de incidentes y accidentes, especialmente en causas recurrentes identificadas en el 20% del diagrama de Pareto del 2024. Destacan reducciones importantes en accidentes de tránsito (-71.43%), cisternas en malas condiciones (-73.33%), sistema eléctrico y electrónico (-71.4%), extintores fuera de estándar (-76.92%), derrames y fugas (-84.62%), exceso de velocidad (-60%), fallas mecánicas (-80%), fatiga del conductor (-57.14%), deficiencia en el sistema de neumáticos (-57.14%), condiciones climáticas adversas (-71.43%), entre otros factores críticos. Esta tendencia positiva reafirma la eficacia de los controles implementados y la necesidad de seguir priorizando eventos de alto impacto.

El fortalecimiento de la cultura de seguridad se hizo visible en la evaluación realizada mediante una encuesta, evidenció una mejora significativa de la percepción de la gestión preventiva por parte de los trabajadores, con un incremento de 1.42 puntos respecto a la medición anterior en el 2024. El promedio global obtenido en el 2025 es de 3.50 no solo

supera el resultado previo, sino que también se considera satisfactorio conforme a los estándares de la organización. Estos resultados reflejan un avance sostenido en el compromiso del personal y en la consolidación de una cultura preventiva dentro de la empresa.

Los indicadores de seguridad evidencian mejoras significativas en la gestión preventiva de la empresa. La optimización de controles críticos ha permitido disminuir la probabilidad de eventos catastróficos, como derrames o explosiones, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y la seguridad de las comunidades cercanas a las rutas de transporte. En cuanto al índice de frecuencia, por cada millón de horas hombre trabajadas (HHT), la empresa Transportes M. Catalán S.A.C. podría registrar 36.41 accidentes potenciales en el año 2025. Sin embargo, al comparar este valor con el índice de frecuencia registrado hasta junio del 2024, se evidencia una reducción significativa de 25.81 posibles accidentes, reflejando una mejora en el desempeño en materia de seguridad operacional. Respecto al índice de severidad, la empresa podría registrar 54.61 días perdidos por cada millón de horas hombre trabajadas (HHT), en el año 2025. Al comparar este valor con el índice de severidad registrado hasta junio del 2024, se evidencia una reducción significativa de 49.19 posibles días perdidos, demostrando una mayor eficiencia operativa y también un mayor compromiso con la salud y seguridad de los trabajadores. Finalmente, la reducción de 4.46 puntos en el índice de accidentabilidad hasta junio de 2024 pone en evidencia una mejora sustancial en el desempeño en seguridad de la empresa. Este resultado refleja la efectividad de las medidas implementadas en la gestión preventiva y el compromiso organizacional por disminuir los riesgos asociados a sus operaciones.

Los procedimientos legales y la optimización de procesos en el transporte de hidrocarburos líquidos por camión cisterna tienen como objetivo garantizar la seguridad de los conductores y la carga. Para ello, se implementaron medidas como la formación adecuada de los conductores, inspecciones regulares de los vehículos, monitoreo de los cargamentos, cumplimiento estricto de normativas y el uso de equipos de seguridad

apropiados. Estas acciones no solo redujeron el riesgo de incidentes y accidentes, sino que también mejoraron la seguridad del transporte y protegen el medio ambiente. Además, contribuyeron para optimizar la eficiencia operativa y reducir costos, beneficiando así a los operadores de transporte.

En el enfoque económico-financiero, se demostró que la optimización de la seguridad y el control de riesgos no representa una pérdida en un escenario optimista. En este caso, la tasa interna de retorno (TIR) alcanzó el 38%, con un período de recuperación de la inversión estimado en 6 años, 7 meses y 7 días. En un escenario moderado, la rentabilidad se reduce debido a menores ingresos anuales, mientras que, en un escenario pesimista, aunque la rentabilidad se mantiene positiva, su valor disminuye considerablemente. En conclusión, la inversión en seguridad se recupera en dos de los tres escenarios evaluados, lo que refuerza su viabilidad técnica y económica.

En ese sentido, la implementación del modelo de *Bow Tie* permitió una optimización práctica de la gestión de riesgos asociados al transporte de hidrocarburos líquidos a través de camiones cisternas, generando resultados positivos en los ámbitos operativo, normativo y económico. Los indicadores de seguridad registraron mejoras sostenidas, reflejadas en una reducción significativa en la frecuencia, severidad y accidentabilidad de los eventos operacionales. Este avance estuvo acompañado del cumplimiento sistemático de los controles críticos, evidenciando adecuada implementación de barreras preventivas y mitigadores. Así mismo, se verificó el cumplimiento riguroso de los procedimientos legales y normativos por parte del personal administrativo y operativo. Se fortaleció la cultura de seguridad dentro de la organización, aspecto que se manifestó en una mayor participación del personal en actividades de prevención, inspección, reporte de actos y condiciones subestándar, este compromiso se reflejó en los resultados positivos obtenidos en la encuesta de percepción de seguridad. Desde una perspectiva económica, la mejora en la gestión de riesgos permitió optimizar recursos al reducir costos operativos asociados a incidentes, tiempos de inactividad y sanciones regulatorias. De igual forma se reforzó la

relación con las entidades fiscalizadoras mediante auditorías internas y mecanismos de supervisión alineados con estándares internacionales.

Para evaluar la eficacia de los controles críticos propuestos en la presente investigación, se realizó una comparación con los requisitos de seguridad exigidos por OSINERGMIN en las etapas de carga, transporte y descarga de hidrocarburos líquidos en camiones cisterna. La comparación demuestra que, si bien las regulaciones actuales establecen lineamientos mínimos de seguridad, el uso de la metodología Bow Tie permite una gestión de riesgos más precisa y efectiva, diferenciando los controles preventivos de los mitigadores. Además, la propuesta de esta investigación incorpora herramientas adicionales como check-lists operacionales, sensores de detección de fugas, análisis de rutas seguras, supervisión interna, hojas de desempeño, señalización reforzada, autoevaluaciones periódicas y simulacros frecuentes, aportan un enfoque más integral, participativo y preventivo, lo que optimiza la seguridad y minimiza los riesgos de incidentes en cada una de las fases del proceso de transporte y es orientado a la mejora continua de la seguridad operativa. A continuación, se presenta una tabla comparativa, Tabla 27, que resume los principales puntos evaluados.

Tabla 27 Cuadro comparativo de controles de seguridad en el transporte de hidrocarburos líquidos.

Aspecto de Seguridad	Requisitos según OSINERGMIN	Controles adicionales propuestos en la Tesis
Marco Normativo	Basado en normas como D.S. N° 043-2007-EM, D.S. N° 026-94-EM, Ley N° 28551, y reglamentos complementarios.	Aplicación reforzada del marco normativo nacional e internacional más técnicas ISO 31000 e IEC/ISO 31010 para gestión y evaluación de riesgos. Una gestión de riesgos eficaz fortalece la toma de decisiones y la resiliencia organizacional. Las normas internacionales proporcionan principios, directrices y herramientas para identificar, analizar y tratar riesgos de forma estructurada. El marco normativo, tanto nacional como internacional, comprende leyes, regulaciones y acuerdos que definen el contexto legal en el que debe operar la gestión de riesgos. • ISO 31000:2018: ofrece un enfoque universal para gestionar riesgos, aplicable a cualquier organización, sector o tamaño. Cubre todo el ciclo de gestión, desde la identificación hasta la mejora continua. • IEC/ISO 31010: complementa la ISO 31000 con técnicas específicas para evaluar riesgos según el contexto y los objetivos de la organización. Beneficios de su implementación: • Decisiones más precisas. • Mayor resiliencia ante eventos adversos. • Optimización operativa y de recursos. • Protección de activos, reputación y continuidad. • Cumplimiento y acceso a certificaciones (ISO 9001, 14001, 45001).
Identificación de Riesgos	Exigencia de matrices IPERC y análisis de peligros.	Implementación del análisis Bow Tie para diferenciar causas, consecuencias y controles críticos (preventivos y mitigadores) en actividades críticas.
Planes de Contingencia	Plan obligatorio aprobado por OSINERGMIN.	Mejora continua del plan mediante escenarios simulados y alineación con herramientas de gestión de desempeño.
Documentación del vehículo	SOAT, póliza de seguro de responsabilidad civil.	Tarjeta de circulación tracto y cisterna, tarjeta de propiedad, guía de transportista, permiso para transporte IQBF, MSDS/Hoja de resumen del hidrocarburo líquido u OPDH, hoja de ruta, hoja de control de ruta, registro de tránsito de mercancías, lista de verificación de la unidad previo al viaje.
Capacitación del Personal	Obligatoria según ley de SST. OSINERGMIN fiscaliza su cumplimiento: Seguridad y salud en el trabajo, manejo de residuos peligrosos, Plan de contingencia y respuesta de emergencia, primeros auxilios, uso de EPP, conducción defensiva, manipulación de carga y descarga, seguridad vial.	Adicional a los propuestos por OSINERGMIN, tenemos: Taller de control de fatiga y somnolencia, taller unificado-reglas por la vida, uso y manejo de extintores, manejo de residuos sólidos, reporte de incidentes y accidentes de trabajo, significado y uso de código señales y colores, higiene ocupacional, recorrido de reconocimiento de rutas.
Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)	Cumplimiento de la Ley N° 29783, DS N° 005-2012-TR, ISO 45001.	Enfoque integrado con la gestión de controles críticos, seguimiento de KPI's y herramienta de responsabilidad por actividad y control ().

Supervisión y Fiscalización	Supervisión externa por OSINERGMIN con visitas inopinadas.	Charlas de seguridad de 5 minutos, autoevaluaciones mensuales con hoja de desempeño (Figura 41), supervisiones en ruta, supervisión escolta o custodia dependiendo el caso, auditorías internas y externas y seguimiento de indicadores de seguridad.
Señalización y Rotulación	Estándares del “Libro Naranja” y códigos NFPA 704.	Aplicación visual mejorada: señalética reforzada, letreros visibles, e identificación clara del tipo de producto (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).
Carga de Hidrocarburos	Uso de conexión a tierra, revisión de mangueras, válvulas y puntos de carga.	Control adicional con check-list previo, sensores de presión en mangueras y análisis de sobrellenado.
Transporte de Hidrocarburos	Vehículos habilitados, inspección técnica vigente, revisión de neumáticos y frenos.	Monitoreo continuo con check-list diario, evaluación de rutas seguras y limitadores de velocidad en zonas de alto riesgo, sistemas ADAS.
Descarga de Hidrocarburos	Aplicación de protocolos para evitar derrames, supervisión obligatoria.	Uso de sensores de detección de fugas, doble verificación del operador y simulacros trimestrales.
Gestión de Emergencias	Requiere plan de contingencia aprobado por OSINERGMIN y simulacros anuales.	Mejora continua del plan mediante simulacros trimestrales y alineación con herramientas de desempeño y gestión de riesgos, kit antiderrame, botiquín.
Controles Técnicos/Ingeniería	Requiere vehículos habilitados: - Inspección técnica vigente. - Válvulas normadas. - No permitido transportar varios semirremolques (parecido a un tren). - Sistema de monitoreo GPS, etc. - Letrero en su parte delantera y trasera en pintura reflectante con leyenda PELIGRO COMBUSTIBLE o PELIGRO INFLAMABLE (para otros derivados) el cual es visible en carreteras. - Contar con rombo NFPA, el número producto UN en placas metálicas de acuerdo al producto que transporta. - Cada compartimiento de la cisterna debe contar con su cúpula (tapa manhole) y válvula de descarga correspondiente. - Las válvulas de descargas deben estar protegidas por un parachoques y/o chasis. - La parte superior del tanque, utilizada como piso debe ser construido con planchas o pisos antideslizantes. - Los compartimientos deben contar con sistema de llenado en la parte inferior y sistema de recuperación de vapores. - La cisterna debe contar con cable para descarga de electricidad estática. - El tanque debe tener su placa de aforación (cubicación) por empresas certificadas por Inacal donde indica la fecha de fabricación, margen de espesor, tipo de material.	Propone el monitoreo de condiciones técnicas con check-list diarios: - Encendido y apagado normal de motor. - Baterías con buen borne, cubiertas aislantes y no empalmes. - Control master eléctrico se debe encontrar fuera de la cabina. - Luces altas, bajas, neblineros, de freno, de retroceso, de emergencia, laterales en buen estado. - Alarma de retroceso operativo. - Quinta rueda, kin-ping asegurado (candado o precinto) y pie de apoyo operativo. - Parabrisas, limpiaparabrisas, espejos en buen estado. - Neumáticos en buen estado, cocada y reencauche. - Cinturón de seguridad de tres puntos, retráctiles y en buen estado. - 3 Extintores PQS (1 de cabina y 2 para semirremolque) vigente, de acuerdo a la NTP. - Tanque de combustible en buen estado, sin fugas, con tapa original y rotulado. - 4 Conos y 4 tacos de seguridad, con cintas reflectivas. - Botiquín de primeros auxilios. - Bocina y claxon operativos - Sistema ADAS operativo - Tubo de escape material antichispa, ubicación alejado de cualquier material peligroso apunte hacia arriba, y que contenga malla antichispa. - Sistema euro5 con tanques de urea para evitar la emisión de gases contaminantes. - Estado de la cisterna, sin abolladuras, fisuras o poros, sin remanentes de productos. - Tapas y empaques en buen estado, buen cierre hermético y sin fuga. - Válvulas de descargas, recuperación de gases, mangueras y accesorios de descarga en buen estado, sin fugas, conexiones herméticas. - Defensas antichoque delantera, trasera y lateral, que sobresalgan con señalización reflectiva. - Rombo NFPA/DOT/Naciones unidas de acuerdo al requerimiento del producto. - Instalaciones eléctricas aisladas y protegidas. - Caja de herramientas.

		- Escaleras en buen estado, con cintas antideslizantes. - Implementación de barandas o líneas de anclaje en la parte superior de la cisterna, para anclaje de línea de vida en la supervisión de manhole. - Pulseras de sueño. - Telemetría. - Botón de pánico. - Equipos de comunicación radio en cabina y radio handy. - Equipo de monitoreo de gases. - Camionetas con jaulas antihuelcos. - Mantenimientos periódicos preventivos y correctivos de tracto y cisterna.
Controles administrativos	-----	- Horarios de ingresos y salidas del lugar de pernocte. - Procedimiento escrito de trabajo seguro. - Control de alcoholemia. - Identificador de fatiga y somnolencia. - Entrega de celulares a supervisor escolta antes del inicio de la carga, transporte o descarga. - Horarios de tránsito en rutas. - Puntos de pausas activas cada 2 horas de manejo. - Gestión de huella de carbono.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda alinear la gestión de riesgo con los sistemas integrados seguridad, medio ambiente y calidad, promoviendo un enfoque transversal que facilite el cumplimiento normativo y la mejora continua.
- Estandarizar el modelo de *Bow Tie* como herramienta central en la gestión de riesgos, asegurando su aplicación continua en los procesos de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos a través de cisternas.
- Fortalecer la relación con entidades reguladoras, mediante auditorías internas y externas, mecanismos de cooperación técnica (simulacros, capacitaciones, programas de formación, tecnologías y buenas prácticas) y cumplimiento transparente de los requisitos legales.
- Impulsar una cultura de seguridad proactiva, reforzando la participación del personal mediante programas de seguridad, campañas, cursos y reportes de actos y condiciones subestándar.
- Optimizar los indicadores de seguridad incorporando matrices predictivas que permitan tomar decisiones oportunas, optimizar tiempos de acción y prevenir incidentes de manera más eficiente.
- Desarrollar un sistema de monitoreo de indicadores de desempeño de controles críticos, que permita evaluar la mejora continua y validar la eficacia de su implementación de forma sostenida en el tiempo.

Capítulo VII: Referencias Bibliográficas

Referencias

- Camejo Giniebra, J. J.; Casas Vázquez, E.; Rizo, I. (2012). Método para la cuantificación de riesgos de accidentes tecnológicos en ductos para hidrocarburos. *I Congreso Internacional de Ingeniería Química, Biotecnológica y Alimentaria; XVI Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Palacio de Convenciones, La Habana. Cuba.* (PDF) MÉTODO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE RIESGOS DE ACCIDENTES TECNOLÓGICOS EN DUC, 5.
https://www.researchgate.net/publication/355493212_METODO_PARA_LA_CUANTIFICACION_DE_RIESGOS_DE_ACCIDENTES_TECNOLOGICOS_EN_DUCTOS_PARA_HIDROCARBUROS
- CGE RISK. (2022). https://www.cgerisk.com/knowledgebase/La_historia_de_bowtie
- Chizhevskaya, E. L.; Zemenkov, Yu. D.; GladenkoShow, A. A.; Zavarzin, V. A. (2021). Innovative technologies for dispatch control in transport and hydrocarbon storage facilities. *AIP Conference Proceedings*, 2412(1), 12-24.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0075957>
- Comerma, E. (2005). Capítulo III: Los hidrocarburos son compuestos que contienen carbono e hidrógeno. Las formas líquidas de estos compuestos se denominan comúnmente petróleo, mientras que la forma gaseosa se conoce como gas natural. Ambos son fuentes de combustibles fósiles. *Modelado del Comportamiento de Hidrocarburo vertidos al mar*.
<https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6404/TECP3de4.pdf?sequence=3>
- Consejo Nacional de Seguridad. (2020). *Convoy de Seguridad: Manual de Operaciones*. 12 de junio 2020. (Consejo Nacional de Seguridad, 2020)
- Cortina Bermudez, J. (2019). *Análisis del transporte de GNL con camión cisterna en España* [Máster en Ingeniería de Minas. Universidad Politécnica de Madrid].

- <https://oa.upm.es/56066/>
- Cruz, F. (2019). *Escolta Vehicular*. <https://www.sijt.es/escolta-vehicular/>
- Doral Perú. (2019). *Emergencias de Riesgo*. <https://www.doralperu.com/emergencias-de-riesgo/>
- El Comercio. (2021). *Carretera Central: así quedó tramo luego de incendio de camiones cisternas que dejó un muerto*. 27 de Marzo de 2021. <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/carretera-central-asi-queda-tras-explosion-que-provoco-incendio-en-cadena-y-dejo-un-muerto-fotos-camiones-cisternas-nndc-noticia/>
- Enciclopedia Humanidades. (2023). *Definición y Características de Hidrocarburos*. 18 de enero de 2023. <https://humanidades.com/hidrocarburos/>
- Fernández, J. C. (2016). Gestión de riesgos operacionales en el ámbito de la aviación. *Revista Española de Investigación, Seguridad y Salud en el Trabajo*, 5(1), 10-20. <http://www.revista-isi.com/index.php/ISI/article/view/57/pdf>
- García, M. (2020). *¿Qué significa SSMA?* <https://www.lifeder.com/que-significa-ssma/>
- Gobierno de España. (2020). *Estrategia de Movilidad*. [https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/esmovilidad/20200917_Ddebate_\(doble_p\)_vf2.pdf](https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/esmovilidad/20200917_Ddebate_(doble_p)_vf2.pdf)
- Gobierno del Perú. (2021). *Accidentes en carreteras: Autos, camionetas y camiones de carga protagonizaron la mayor cantidad siniestros*. 02 de marzo de 2021. <https://www.gob.pe/institucion/sutran/noticias/344542-accidentes-en-carreteras-autos-camionetas-y-camiones-de-carga-protagonizaron-la-mayor-cantidad-siniestros>
- Gómez Silva, B. A.; Sánchez Ormeño, R. A. (2022). *Implementación del coaching en el programa de Seguridad Basado en el Comportamiento (SBC) para la reducción de incidentes/accidentes en el transporte de materiales peligrosos en la empresa Cargo Transport S.A.C.* [Ingeniería de Gestión Minera. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/659076>
- González, J. (2020). *Evaluación del riesgo*. 18 de julio de 2020. <https://www.spseguridad.es/blog/evaluacion-del-riesgo/>

- González, O. (2020). *Matriz de Riesgo*. <http://www.matrizderiesgo.com/>
- González, P. (2020). *Identificación del Peligro*. 8 de agosto de 2020. <https://www.monografias.com/trabajos98/identificacion-peligro/identificacion-peligro.shtml>
- ISO. (2018a). *ISO 31000:2018. Gestión de riesgos - Principios y directrices*. Ginebra, Suiza: ISO.
- ISO. (2018b). *ISO 45001 Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. <https://www.iso.org/standard/68960.html>
- isotankcentral. (2023). *Equipment for fuel tankers equiptank*. 08 de marzo de 2023. <https://isotankcentral.com/equiptank/>
- La Vanguardia. (2020). *La explosión de un camión cisterna en Lima deja al menos 5 muertos*. 24 de enero de 2020. <https://www.lavanguardia.com/sucesos/20200124/473097161855/explosion-camion-cisterna-lima-peru-muertos.html>
- Labán Salguero, M. E. (2022). *Mejora del cumplimiento del plan de entrega de crudo en camiones cisternas de la empresa TRANSBER S.A.C. en la ruta estación 5 (Saramiriza – Loreto) – Terminal Bayovar (Piura)* [Administración de Empresas. Universidad San Ignacio de Loyola.]. <https://repositorio.usil.edu.pe/items/3f648197-6d77-41f0-9d71-7f86666c9d61/full>
- Lardé, J. (2020). *Multiplicadores de los Servicios de Transporte y Almacenamiento en América Latina. Un análisis comparativo*. (N.º 161). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46683/1/S2000794_es.pdf
- Lizarazo Pinedo, J. L. ., Fernández Castro, I. ., & Puente Escorcía, A. (2021). *Evaluación de los controles establecidos en el proceso de recepción de residuos sólidos y líquidos, transporte, almacenamiento y disposición final de los mismos en la empresa Soluciones Ambientales Portuarias S.A.S. de la ciudad de Santa Marta* [Economía, administración, contaduría. Universidad Cooperativa de Colombia]. <http://www.knowledgecap.bigstarcreative.com/handle/20.500.12494/35673>

- MINAN. (2016). *Derrame*. <https://www.minam.gob.pe/minam/diccionario/t/derrame>
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (2020). *Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST)*. <https://www.mtss.go.cr/sst/>
- Moncada Rincón, L. P. (2022). *Propuesta de Estrategias de Producción Más Limpia (PML) para el Transporte de Combustibles Líquidos derivados del petróleo en la empresa Dispetrocom Ltda* [Ingeniería Ambiental. Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/44270>
- Morantes Astros, J. ., Lesmes Bedoya, A. M. ., & Martinez Maldonado, G. (2019). *Propuesta plan de manejo de riesgos y amenazas en el transporte de hidrocarburos y sustancias peligrosas en la corporación Prodensa* [Especialización en gerencia de la seguridad y salud en el trabajo. Universidad ACCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2412>
- Núñez, B. E.; Meléndez Pertuz, F.; González Coneo, J.; Vilorio, P. (2017). Integridad estructural de tuberías de transporte de hidrocarburos: Panorama actual Structural integrity of pipelines for hydrocarbons transportation: Current scenario Contenido. *Revista Espacios*, 38(17), 1. https://www.researchgate.net/publication/316172430_Integridad_estructural_de_tuberias_de_transporte_de_hidrocarburos_Panorama_actual_Structural_integrity_of_pipelines_for_hydrocarbons_transportation_Current_scenario_Contenido
- Oposición Bombero Online. (2022). *Valvula de 5 efectos*. <https://www.youtube.com/watch?v=XFfunoli614>
- OSINERGMIN. (2017). *La Industria de los Hidrocarburos Líquidos en el Perú. En Osinergmin, La Industria de los Hidrocarburos Líquidos en el Perú*. Lima: GRÁFICA BIBLOS S.A. https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro-industria-hidrocarburos-liquidos-Peru.pdf
- PDVSA. (2020). *Manual de operaciones de transporte*. <https://www.pdvsa.com/es/manual-de-operaciones-de-transporte/>

Reason, J. (1990). *Cisternas armables*.

Rodríguez Prieto, A.; Callejas Cano, M. (2019). *Análisis técnico-económico de la vida útil de materiales, equipos e infraestructuras para el transporte de hidrocarburos* [Dirección de Inspección y Asistencia Técnica. SGS TECNOS].
https://www.researchgate.net/publication/335105546_Analisis_tecnico-economico_de_la_vida_util_de_materiales_equipos_e_infraestructuras_para_el_transporte_de_hidrocarburos

Transportes M. Catalán. (2015). *Unidades de Transporte*.
<https://mcatalan1000.wordpress.com/>

UNIVISIÓN. (2018). *Fatal accidente paraliza autopista de Los Ángeles y este fue el gesto de una hispana en medio del tráfico*. 24 de agosto de 2021.
<https://www.univision.com/local/los-angeles-kmex/fatal-accidente-paraliza-autopista-de-los-angeles-y-este-fue-el-gesto-de-una-hispana-en-medio-del-trafico#:~:text=Accidentes-,Fatal accidente paraliza autopista de Los Ángeles y este fue,el cual fallecieron>

usmpetrolero. (2012). *Transporte de Hidrocarburos*. 13 de julio de 2012.
<https://usmpetrolero.wordpress.com/2012/07/13/transporte-de-hidrocarburos/>

Vallejos, C. R. (2022). *Evaluación de la condición de criticidad en la válvula interna de la línea de descarga de un camión cisterna de transporte de gas licuado de petróleo* [Ingeniería Mecánica de Fluidos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18879/Carlos_vc.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Право, М. (2022). Ensuring Safety and Environmental Protection During International Sea Transportation of Hydrocarbons. *Международное право*, 2022(4), 12-22.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25136/2644-5514.2022.4.39140>

ANEXOS

Anexo 1 Plan de seguridad y salud en el trabajo.

	PROYECTO OPERACIÓN ANTIMINA	Revisión: 01
	PLAN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS POR CAMIÓN CISTERNA	Fecha: 24/09/19
		Página 1 de 4

1. RESPONSABILIDADES

Serán responsables de la aplicación y cumplimiento los siguientes gestores:

1.1. Organización

- La organización, será responsable del transporte terrestre especializado de hidrocarburos líquidos, desde el punto de partida hasta que el material o producto sea entregado en los almacenes o lugar indicado por el cliente.
- La organización deberá velar por el correcto cumplimiento de esta normativa y asegurarse que los transportistas sean entrenados y lo cumplan. Así mismo deberán proporcionar los recursos necesarios para el cumplimiento del presente documento.
- Proveer al transportista y al cliente la hoja de datos de seguridad del producto (MSDS) actualizado y en español, y el resumen de la Hoja de Seguridad.
- Definir de acuerdo a las hojas de datos de seguridad, la señalización de la carga (número de ONU y rótulos de riesgo), asimismo del embalaje y etiquetado según corresponda y entregar al conductor un juego completo de la señalética para que sea colocada en la unidad de transporte de acuerdo a lo estipulado en el DS 021-2008 MTC.
- Asegurar la formalidad del estado laboral de los colaboradores que prestan servicio en la empresa transportista y sus terceros.
- Asegurar que se cumplan los tiempos de trabajo y descanso para el personal aprobado por organización.

1.2. Operadores

Es responsable del transporte de la carga desde el punto de carga hasta el punto de descarga cumpliendo con este procedimiento.

2. REQUERIMIENTOS

2.1. Carga, producto o mercancía

- La señalización de los materiales peligrosos debe ser de acuerdo con la hoja de datos de seguridad (MSDS) del material a transportar.
 - Los IQBF están regulados por la ley N° 1126, ley de control de insumos químicos y bienes fiscalizados.
 - Para el transporte en cisternas de Hidrocarburos se deberá contar con las autorizaciones de Osinergmin.

2.2. Vehículos

- Los vehículos deberán cumplir con los permisos establecidos en la legislación del MTC y del sector que corresponda. adicionalmente.

- Todos los vehículos deberán mantenerse en óptimas condiciones mecánicas, eléctricas y electrónicas, sistemas de freno, dirección, estado de neumáticos, parabrisas, limpia parabrisas, espejos laterales, retrovisor y cinturones de seguridad de acuerdo a lo establecido en la legislación vigente.
- Antes de cada viaje se deberá realizar la verificación de los camiones cisterna de acuerdo al formato estándar de lista de verificación (Anexo 5)
- El equipamiento mínimo de seguridad, botiquines y kit de derrame deben estar de acuerdo al DS -016-2009-MTC y al procedimiento de la organización. (Anexo 4).
- Todos los acoplados/remolques que transporten hidrocarburos líquidos u OPDH deberán ser rotulados de acuerdo al material que transportan y a lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de materiales y residuos peligrosos D.S N° 021-2008- MTC.
- Las cisternas deberán contar con una prueba hidrostática anual como mínimo, de acuerdo a Ley, otorgada por una entidad certificadora.
- El convoy debe contar con equipos de comunicación para comunicarse entre sí y al menos una de las unidades deberá contar con un equipo de comunicación que le permita contactar con el centro de control de los puntos correspondientes a la operación. Dichos equipos deben encontrarse en buenas condiciones de funcionamiento.
- Cuando viaje una unidad en forma individual, esta deberá ser acompañada por un supervisor escolta y contar con un equipo de comunicación que le permita contactar con el centro de control de los puntos correspondientes a la operación.
- Las condiciones mínimas de los neumáticos (cocadas y número de reencaches) deberán cumplir con el estándar de la organización (Anexo 3).
- Los vehículos deben tener un sistema GPS y la organización debe realizar la gestión del monitoreo de sus unidades de acuerdo a lo establecido por Ley.
- Portar la documentación requerida (Anexo 5).
- Los vehículos que requieran ingresar a operaciones mina / petroleras:
- Deberán contar con pértiga con luz y banderola con una altura de 4.0 metros del piso al foco de la pértiga, resorte, cuerpo, banderola, capsula y foco en buen estado, montada sobre la barra contra volcaduras externa, equipo de radio con frecuencia de acuerdo a la operación, luz estroboscopia ámbar ubicada en el techo de la cabina.

2.3. Uso de vehículos escoltas

- Los vehículos que desempeñen la función de escolta deberán ser camionetas 4x4, no se permite el uso de autos, buses, mini buses, camiones o maquinarias.
- El uso de camionetas escoltas será de acuerdo al Anexo 1.
- La unidad escolta deberá estar dotada del equipo mínimo de seguridad de acuerdo al estándar de la organización, ver Anexo 4.
- La unidad escolta debe tener un letrero cuyo fondo será azul con letras blancas de acuerdo a la normativa del MTC (ver Figura 34).
- Este letrero debe retirarse cuando haya terminado la tarea de escolta.

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	Revisión: 01
	PLAN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS POR CAMIÓN CISTERNA	Fecha: 24/09/19
		Página 2 de 4

- Las unidades escolta llevarán letreros indicando el número de unidades que componen el convoy, los letreros no tendrán escrituras por ambos lados, en el caso que acompañen dos escoltas un convoy, la primera escolta llevará la escritura hacia delante y la segunda escolta lo llevará hacia atrás (Figura 34).
- En caso el convoy cuente con una sola unidad escolta, la última unidad del convoy llevará el letrero indicando el número de unidades del que consta el convoy en la parte posterior de su unidad.
- La unidad escolta deberá contar con jaula interna de seguridad (Anexo 12).

2.4. El convoy

- Un convoy está compuesto por una escolta o más y hasta un máximo de 5 unidades de carga que viajan juntas.
- El convoy debe ser de unidades que lleven materiales similares o compatibles.
- La distancia mínima entre las unidades en un convoy debe ser de 50 metros.
- La distancia máxima entre unidades en un convoy no debe ser mayor a 100 metros.
- La separación entre un convoy y otro debe ser no menor a 15 minutos si son productos compatibles o 25 minutos si son productos incompatibles.
- La distancia entre la escolta y la primera unidad de carga del convoy no debe ser mayor a 250 metros.
- Si el convoy contase con una segunda escolta, esta deberá ubicarse entre 50 y 100 metros detrás de la última unidad que integra el convoy.
- Un convoy solo podrá ser adelantado en una parte de la vía en línea recta y donde la visibilidad lo permita.
- Al ser adelantado el convoy, deberá disminuir su velocidad para permitir el pase pronto del vehículo o vehículos que lo adelantan.
- Cuando el convoy no cuente con escolta posterior la última unidad llevará el letrero de cierre de convoy de acuerdo a las características establecidas en la Figura 34.
- Cuando alguna unidad del convoy se retrase más de 500 metros, deberá comunicarse con la escolta, indicándole el motivo del retraso, debiendo la escolta disminuir la velocidad del convoy o parar en un lugar seguro hasta que estén todas las unidades en el rango de la distancia establecida.

2.5. El tránsito

- Los horarios de circulación deben estar de acuerdo a la legislación peruana en lo que este regulado y en lo que no esté regulado de acuerdo al estándar de la organización (Anexo 8).
- Las horas de conducción de los operadores de vehículos de carga deben cumplir con lo establecido en el Reglamento Nacional de Administración de transportes (máximo 5 horas seguidas de día o 4 horas de noche o 12 horas en 24 horas).
- En caso de emergencia el flujo de comunicaciones se hará de acuerdo al Anexo 9.
- La evaluación de riesgos de la ruta se revisará trimestralmente o cuando haya cambios en ella.

- El derecho de paso:
 - El vehículo que sube tiene la preferencia al vehículo que baja.
 - El vehículo cargado tiene preferencia al vehículo descargado.
 - Los vehículos de emergencia que estén con luces encendidas y/o sirenas tendrán preferencia de pase.
 - El adelantamiento se realizará verificando que el pase sea seguro. De ser posible el convoy que será adelantado debe parar en un lugar seguro.
- La velocidad máxima en la ruta será:
 - Panamericana: hasta 80 Km/ hora.
 - Tramo punto inicio – destino final: hasta 45 Km / hora.
 - Se deberá circular en los poblados y zonas rurales 10 KPH por debajo de la señalización de velocidad del MTC. Ejemplo: Señal de 45 KPH, se debe transitar a 35 KPH en las curvas existentes en la carretera se deberá tener especial cuidado y la velocidad no debe ser mayor a 30 KPH.
- Para el control de velocidades las unidades la organización usará los equipos de GPS, con el cual se realizará el monitoreo de sus unidades.
- Todas las unidades realizarán las paradas de control de fatiga establecida.
- Las unidades se detendrán en un lugar seguro cuando sea solicitado por el Supervisor de Seguridad y salud en el trabajo.

2.6. Los controles

- La organización ha establecido puntos de Control obligatorios para todas las unidades en tránsito hacia los puntos destinos de acuerdo a cada operación:
 - En estos controles se verificará el cumplimiento de los requisitos legales en los temas que correspondan, haciendo hincapié en la revisión de la lista de verificación. Una vez revisado y estando todo conforme (unidad, carga y conductor) se le colocará un sello de conformidad en el dorso de la guía de remisión, el que será verificado en los controles de seguridad (garita de ingreso) previo al ingreso de la unidad al cliente o destino final. Si no se cumple con el sellado de la guía no se le dará el visto bueno para el ingreso a las instalaciones.
 - Control de fatiga: En los lugares asignados (Anexo 6), el convoy deberá detenerse 10 minutos para que el personal pueda realizar ejercicios recomendados en el curso de Control de fatiga y llenar la lista de verificación Pre – arranque (Anexo 5).
 - Monitoreo en ruta: La organización ha establecido la unidad del Supervisor de Seguridad y salud en el trabajo quien realiza el monitoreo en la carretera durante todo el recorrido de ruta, estas unidades están autorizadas a intervenir a las unidades de transporte en cualquier momento en un lugar seguro.

2.7. La hoja de ruta

Será de acuerdo al formato establecido en el Anexo 6.

2.7.1. Antes del viaje

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	Revisión: 01
	PLAN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS POR CAMIÓN CISTERNA	Fecha: 24/09/19
		Página 3 de 4

- Todos los viajes deberán ser planificados y documentados a través de la “Hoja de Ruta” (Anexo 6).
- En la Hoja de Ruta se deberá tener en consideración los lugares de descanso, alimentación y las áreas de descontaminación establecidas (lavado y limpieza de vehículo).
- Las unidades de transporte deberán contar con algún sistema o equipo de comunicaciones (cuando se transporte en convoy y/o vaya acompañado de un vehículo escolta uno de ellos al menos deberá contar con dicho equipo).
- Deberá cumplir con las normativas legales vigentes estipuladas en la legislación peruana
- La carga se debe encontrar en buenas condiciones; de lo contrario se deberá rechazar el material cuyo etiquetado/rotulado no corresponda o se encuentren signos de deterioro respecto a lo declarado por el proveedor.
- Colocar en sus vehículos y unidades de carga la señalización correspondiente, en caso de no hacerlo no podrá iniciar el viaje.
- Adicionalmente la organización cuenta con su plan de contingencia al MTC, así como las gestiones para la aprobación de acuerdo a lo dispuesto en la Ley N°28256 y su reglamentación DS 021-2008-MTC.
- Deberán contar con un programa de mantenimiento para asegurar la operatividad del vehículo. Estos registros son auditables.
- Deberá contar con la póliza de seguros correspondiente (en concordancia a lo establecido en el DS 021-2008-MTC y a sus plazos establecidos)
- Deberá cumplir con el registro único, permiso de operación especial y certificado de habilitación de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos y OPDH para transporte en carretera en concordancia a lo establecido en el DS 021-2008-MTC y a sus plazos establecidos.
- Realizar la lista de verificación de acuerdo al formato establecido en el presente procedimiento. Debe contar con los nombres, apellidos y firmas de las personas responsables (operador, supervisor escolta y supervisor de seguridad). Anexo 5.
- Deberá dotar a sus unidades y escolta del equipamiento necesario para situaciones de emergencia del producto que transportan.
- Asegurarse de realizar la selección y capacitación del personal involucrado en el transporte de acuerdo al perfil requerido, así como lo indicado en la normativa nacional.
- Todos sus conductores y supervisores escoltas deberán tener y usar el equipo de protección personal básico para el ingreso a la operación correspondiente (casco, lentes de seguridad, guantes de cuero, zapatos de seguridad, chaleco reflectivo y ropa adecuada para el trabajo) que la organización debe proporcionar.
- Los conductores deberán tener la licencia de conducir especial de acuerdo a lo establecido en el DS 021-2008-MTC y a sus plazos establecidos.
- Verificar el estado de operatividad de la unidad, las buenas condiciones y aseguramiento de la carga, la señalización y la rotulación antes de iniciar el viaje.
- Mantener en la cabina del vehículo la documentación necesaria (Anexo 5).

Operador de vehículo de carga (Conductor)

- Realizar la lista de verificación previa al viaje, antes de salir de su base y diariamente durante el viaje.
- Cumplir con las políticas y procedimientos internos de la organización.
- Estar en buenas condiciones físicas y mentales, al momento de conducir.
- Es responsable de su presentación personal.
- Es responsable de la presentación de su unidad.
- Contar con la documentación requerida actualizada.
- Cuando realice su labor debe portar obligatoriamente la licencia de conducir, su documento Nacional de Identidad (DNI).
- Contar con su certificado de capacitaciones.
- Es responsable de verificar:
 - La operatividad y funcionalidad de la unidad y del acoplado.
 - El aseguramiento y distribución de la carga
 - La señalización de la carga y unidad
 - El EPP necesario para su labor y su uso correcto.
 - Los equipos y accesorios de seguridad
 - Los equipos de respuesta para contingencias
 - El botiquín de primeros auxilios
 - Los extintores (ubicación y condición)
- Reportar todos los incidentes en ruta.
- Reportar las condiciones y actos sub estándares.
- Elaborar la hoja de ruta y anotar su cumplimiento inmediato a su cumplimiento.
- No llevar pasajeros sin autorización
- Cumplir con las horas máximas de conducción y descanso de acuerdo al Reglamento de Administración del Transporte. (Anexo 8)
- Respetar los límites de velocidad. Su incumplimiento será considerado como falta grave.
- Sólo transportar carga autorizada.
- Cumplir con la política de alcohol y drogas.
- Cumplir la política de negarse a realizar un trabajo en condiciones inseguras.
- Portar el Resumen Hoja de datos de seguridad cuando transporte hidrocarburos líquidos.

Supervisor Escolta

- Realizar la lista de verificación de su unidad y verificar que los conductores de las unidades de su convoy realicen la lista de verificación previa al viaje, antes de salir de su base y diariamente durante el viaje.
- Cumplir con los horarios de tránsito establecidos en el Anexo 8.
- Es el responsable del convoy.
- Es responsable de la velocidad de tránsito de su convoy.

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	Revisión: 01
	PLAN DE TRANSPORTE TERRESTRE DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS POR CAMIÓN CISTERNA	Fecha: 24/09/19
		Página 4 de 4

- Verificar que los conductores tengan la documentación correspondiente.
- Verificar con el conductor las condiciones, el trincado y estiba de la carga con el conductor (antes y durante el viaje).
- Verificar con el conductor el estado de las unidades (antes, durante y después del viaje)
- Es responsable de que las unidades ajenas al convoy lo visualicen para que tomen las medidas preventivas necesarias.
- Deberá portar la hoja de datos de seguridad del hidrocarburo líquido.
- Portar y ejecutar la hoja de ruta establecida para el viaje.
- Verificar el entrenamiento de los conductores antes de viaje.
- Verificar el Equipo de protección personal, el equipamiento para derrames, de los conductores y unidades.
- Realizar a los conductores la prueba de alcoholemia antes de comenzar el viaje.
- Reportar periódicamente el avance del convoy en ruta a su base o centro de control.
- Reportar los incidentes y novedades en ruta.
- Ejecutar en caso de emergencia la primera respuesta.
- Participar la charla de cinco minutos en forma diaria antes del inicio del viaje y durante este.
- Verificar el estado de salud del(os) conductor(es) antes y durante el viaje.
- Verificar el estado de la camioneta escolta.
- Verificar la señalización reglamentaria (rotulado y etiquetado de los camiones).
- Portar y conocer el Plan de Contingencias
- Verificar el conocimiento de los conductores del Plan de Contingencias.
- Asegurar que el descanso de todos los conductores del convoy se realice en un lugar que cumpla las condiciones necesarias para un buen descanso y el tiempo de descanso efectivo sea de 8 horas.

2.7.2. Durante del viaje

- Cumplir con la Hoja de ruta establecida
- Cumplir con las actividades de reporte establecida
- Cumplir con las paradas programadas.

2.7.3. Durante del viaje

- Entrega segura y oportuna de la carga.
- Luego de la entrega de la carga realizar la limpieza y descontaminación de su unidad en los lugares permitidos de acuerdo a legislación correspondiente.

ANEXO 2 Identificación de peligros y evaluación de riesgos.

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	Revisión: 01
	IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGOS	Fecha: 10/06/20
	(PER BASE)	Página 1 de 4

FECHA DE ESTUDIO:	Junio 2019	PROCESO O ACTIVIDAD:	Transporte terrestre de hidrocarburos líquidos por cisternas,		
GERENCIA:	Seguridad	TIPO DE ACTIVIDAD:	Normal ☒	Anormal ☐	De Emergencia ☐
JEFATURA:	Seguridad	TURNO DE TRABAJO:	Día - Lima ☒	Noche - Lima ☐	Provincia ☒ Ambos Turnos ☒
NOMBRE (S) DEL EQUIPO EVALUADOR:	Edgar Medina Ninanya – HS&SE		-Conductor		
	David Yaya Anchante				

ESCENARIO					VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DEL PROCEDIMIENTO SEGURO				
Nº	TAREA	PELIGRO	RIESGO	PROCEDIMIENTO SEGURO	ND	NE	NP	NC	NR
1	Transporte	Cisternas no cuentan con Señalética.	Choque de Vehículos particulares contra Convoy. Identificación deficiente del material peligroso	Procedimiento de Inspección de Unidades Procedimiento Negativa a Trabajar Aplicación de señaléticas según el MTC.	2	1	2	60	120
		No contar con Equipos de Primera Respuesta (Botiquín Primeros Auxilios)	Actuación deficiente de Respuesta a Emergencias	Procedimiento de Inspección de botiquín. Inspección de Unidades (Equipos de Primera Respuesta, Botiquín)	2	1	2	60	120
		No contar con EPP	Exposición de partes vulnerables del cuerpo	Procedimiento De Uso de EPP. Inspección de EPP.	2	1	2	60	120
		Fallas de mantenimiento (luces, frenos, llantas, etc.)	Vararse en el camino, Choque, Asaltos, Desatención en casos de emergencias.	Inspección Pre-Usos Unidades Mantenimiento de Unidades. Control de GPS. Botón de Pánico.	0	1	0	60	0
		No utilizar cinturón de seguridad No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos inmóviles: Golpearse contra el parabrisas de la unidad.	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos El supervisor deberá Solicitar confirmación que los conductores cumplan estos con las normas de seguridad. Sensor magnético de colocación de cinturón de seguridad.	0	1	0	60	0
		Falta de Orden y limpieza No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos móviles: Las cosas pueden golpear al conductor	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Procedimiento de Seguridad, Orden y Limpieza. Inspección SOL.	2	1	2	60	120
		Exceso de velocidad No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos móviles: Accidentes vehiculares	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. La escolta debe mantener la velocidad en los límites que te solicita la minera. Control GPS. Sistema de frenos ABS.	0	1	0	60	0
		Exceso de velocidad en curvas cerradas	Volcadura	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos Aplicación de las cinco llaves de manejo defensivo. Reducción de velocidad en curvas. Sistema de frenos ABS.	0	1	0	100	0
		Camión volcado	Accidente, Derrame, Contaminación	Procedimiento de Primera Respuesta a Emergencias. Kit Anti derrame. Kit de parchado. Uso de EPP.	0	1	0	100	0
		No revisa los puntos ciegos en forma constante No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos móviles: Accidentes vehiculares	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Verificar el supervisor escolta los Check List. A	0	1	0	60	0

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	
	IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGOS (IPER BASE)	
	Revisión: 01	Fecha: 10/06/20
		Página 2 de 4

ESCENARIO					VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DEL PROCEDIMIENTO SEGURO				
Nº	TAREA	PELIGRO	RIESGO	PROCEDIMIENTO SEGURO	ND	NE	NP	NC	NR
				los conductores. Uso del Sistema Smith para conducir. Sistema de control de espejos laterales y retrovisores que mejoran la visibilidad (Certificaciones por Volvo).					
		Alto tráfico vehicular No mantiene distancia correcta con respecto al vehículo frente a él No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos móviles: Accidentes vehiculares.	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Información del escolta de la congestión del lugar. Uso del Sistema Smith para conducir. Sistema de control de espejos laterales y retrovisores que mejoran la visibilidad (Certificaciones por Volvo).	0	2	0	25	0
		Vehículos particulares, transporte público, etc. Agentes externos (Otros conductores)	Choques contra objetos móviles: Las cosas pueden golpear al conductor	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Información del escolta de la congestión del lugar. Y vehículos estacionados. Uso del Sistema Smith para conducir. Sistema de control de espejos laterales y retrovisores que mejoran la visibilidad (Certificaciones por Volvo).	0	2	0	60	0
		Perforación de neumáticos Agentes externos	Choques contra objetos móviles: Las cosas pueden golpear al conductor	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Check List de las unidades. Medición del nivel de presión de aire.	0	1	0	25	0
		Recalentamiento del sistema de frenos	Amago de incendio	Procedimiento de Inspección de Unidades Inspección Pre-Useo Unidades. Mantenimiento de Unidades. Aplicación de las cinco llaves de manejo defensivo.	0	4	0	60	0
		Asientos de la unidad	Problemas ergonómicos	Asientos ergonómicos, asegurar y mantener el diseño propio del fabricante.	0	4	0	25	0
		Ruidos de la Unidad	Hipoacucia	Cumplimiento del Mantenimiento programado de la unidad. Inspecciones periódicas de ruido de las unidades. Las unidades cuentan con un grueso panel de insonorización global de la cabina que minimiza los ruidos procedentes del exterior.	0	4	0	10	0
		Vibraciones	Mareos y vómitos (mal de los transportes).	Programa de mantenimiento de las Unidades, con la finalidad de mantener los niveles de vibraciones dentro de los valores límites Permisibles de exposición. Calibración de los niveles de vibraciones dentro de la cabina (Muy baja Frecuencia 1 HZ).	0	4	0	10	0
		Trabajos nocturnos	Disminución de Visibilidad Choques contra objetos móviles: Choque contra vehículos en la ruta hacia la Planta de Abastecimiento.	Poner mayor atención donde las luces de alumbrado públicos son bajas. Uso de las luces de los vehículos (Luz Baja) en todo momento y correctamente. Las unidades cuentan con Faros de larga distancia, neblina y posición. Sistema de control de espejos laterales y	0	2	0	25	0

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA	Revisión: 01
	IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGOS (IPER BASE)	Fecha: 10/06/20
		Página 3 de 4

ESCENARIO					VALORACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DEL PROCEDIMIENTO SEGURO				
Nº	TAREA	PELIGRO	RIESGO	PROCEDIMIENTO SEGURO	ND	NE	NP	NC	NR
				retrovisores que mejoran la visibilidad (Certificaciones por Volvo).					
		Fatiga y somnolencia.	Choques contra objetos inmóviles. Choque contra vehículos estacionados.	Seguimiento de las horas de descanso de los conductores.	2	1	2	60	120
		Combustible	Incendio	Respuesta a Emergencia Uso de Equipos de Primera Respuesta (extintores, Kit antiderrame y parchado).	2	1	2	60	120
		Fuego	Quemadura	Primeros Auxilios. Respuesta a Emergencia. Uso de EPP.	2	1	2	25	50
		Combustible y fuego	Explosión	Respuesta a Emergencia (Flujo de Comunicaciones). Programación y Monitoreo de Unidades (GPS). Recuperador de vapores.	0	1	0	100	0
		Perturbaciones Civiles (Huelgas, delincuencia)	Agresión a conductor y daño a la unidad	Mantenerse en la cabina alejarse de las lunas y ponerse en posición de defensiva cubriéndose la cara y la cabeza. Comunicarse con tráfico (si las condiciones lo permiten)	2	1	2	25	50
2	Descanso y Alimentación	Mal parqueo al lado de vía No cumplimiento de procedimiento - Conductor	Choques contra objetos móviles: Accidentes vehiculares	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. Verificación del estacionamiento (Supervisor). Manejo defensivo Smith. Alarma de retroceso.	0	1	0	60	0
		Alimentos inadecuados Alimentos en mal estado, microorganismos.	Enfermedades por otras circunstancias: Enfermedades gastrointestinales	Reglamento Interno de Seguridad Coordinación con el cliente sobre lugares de alimentación y horarios.	0	1	0	60	0
		Ausencias de pausas de descanso programados No cumplimiento de procedimiento - Conductor Mala programación	Fatiga mental: Accidentes vehiculares (por cansancio)	Procedimiento de Transporte de Hidrocarburos. El supervisor realizara seguimientos de horarios y viajes programados e informara al jefe inmediato.	2	1	2	60	120

	PROYECTO OPERACIÓN ANTAMINA		Revisión: 01
	IDENTIFICACIÓN DE PELIGRO Y EVALUACIÓN DE RIESGOS		Fecha: 10/06/20
	(IPER BASE)		Página 4 de 4

Nivel de Deficiencia de Controles		Nivel de Exposición		Nivel de Probabilidad (NP)				Nivel de Probabilidad		Nivel de Consecuencia		Nivel de Riesgo (NR)						
	ND		NE	Nivel de Exposición (NE)					NP		NC	Nivel de Probabilidad (NP)						
				4	3	2	1					40-24	20-10	8-6	4-2			
Control de ingeniería, Procedim. escrito, PTR, EPP adecuado	0	Continua. Varias veces en la jornada y con tiempo prolongado. Varias veces a la semana	4	Nivel de Deficiencia (ND)	10	Muy Alta 40	Muy Alta 30	Alta 20	Alta 10	Muy Alta	Entre 40 y 24	Mortal o Catastrófico	100	100	I (4000-2400)	I (2000-1200)	I (800-600)	II (400-200)
Control en el medio, PTR, EPP adecuado	2	Frecuente. Varias veces en la jornada y con tiempo corto. Pocas veces a la semana	3		6	Muy Alta 24	Alta 18	Alta 12	Media 6	Alta	Entre 20 y 10	Muy Grave	60	60	I (2400-1440)	I (1200-600)	II (480-360)	II (240)
AST, IPER, EPP inadecuado.	6	Ocasional. Alguna vez en la jornada y con período cortó. Alguna vez al mes.	2		2	Media 8	Media 6	Baja 4	Baja 2	Media	Entre 8 y 6	Grave	25	25	I (1000-600)	II (500-250)	II (200-150)	III (100-50)
No hay controles o los existentes no reducen el riesgo.	10	Esporádica. Irregularmente, alguna vez al año.	1		0	BAJA 0	BAJA 0	BAJA 0	BAJA 0	Baja	Entre 4 y 2	Leve	10	10	II (400-240)	II (200)	III (80-60)	III (40)
																		IV (20)

Anexo 3 Estándares de cocadas de neumáticos

Condiciones Mínimas De Neumáticos De Vehículos Para Operación

Con la finalidad de estandarizar las condiciones mínimas de operatividad de los neumáticos de las unidades motorizadas que prestan servicio de transporte terrestre de hidrocarburos líquidos se dispone lo siguiente:

TIPO DE VEHICULO	PROFUNDIDAD DE COCADA	
Camionetas	2 mm posteriores	3 mm delanteras
Camiones	3 mm posteriores	4 mm delanteras
Cama Bajas	3 mm posteriores	4 mm delanteras
Cisternas	3 mm posteriores	4 mm delanteras
Equipos de más de 2 ejes	3 mm posteriores	4 mm delanteras

Las medidas mencionadas deberán ser observadas en todo el ancho de la banda (por ejemplo, si un lado de la llanta mide 3 mm y el otro lado tiene 0 mm, entonces no cumplirá con las condiciones mínimas requeridas).

Las unidades de transporte de terrestre de hidrocarburos líquidos deben contar con dos llantas de repuesto, una de ellas debe ser sin reencauche para las llantas direccionales (delanteras) y la otra puede ser reencauchada para las posiciones posteriores.

Se debe tener en cuenta que solamente se puede instalar llantas reencauchadas en posiciones posteriores, nunca en posiciones delanteras (direccionales).

Con respecto a los reencauches, se permitirá un máximo de 4 reencauches para llantas radiales y 3 reencauches para llantas estándar o convencionales (nylon) los cuales deberán certificar su calidad a través del sello de la empresa que lo realizó. Dicha empresa deberá ser una empresa de prestigio en su rubro.

La organización debe llevar un registro de los reencauches efectuadas a las llantas, esto es auditable.

Anexo 4 Listado de kit de emergencia

KIT DE PRIMERA RESPUESTA A EMERGENCIAS

BOTIQUIN DE PRIMEROS AUXILIOS					
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	F.V.	OBSERVACIÓN
1	Bandas adhesivas (Curitas)	15 unidades			
2	Apositos 10 cm x 20 cm	01 unidad			
3	Parche Ocular (apósito)	01 par			
4	Vendaje Triangular (Cabestillo)	01 unidad			
5	Tijera de Trauma	01 unidad			
6	Bolsa de CIna 9% de 1000 ml.	01 unidad			
7	Instructivo de primeros auxilios	01 unidad			
8	Alcohol de 70° de 120 ml (*)	01 frasco			
9	Jabon o solución antiseptica (*)	01 frasco			
10	Gasas esterilizadas fraccionadas 10 cm x 10 cm (*)	10 unidades			
11	Esparadrapo 2.5 x 5m 10 cm x 4,57 m (*)	01 unidad			
12	Venda elastica 4 x 5 yardas (*)	01 unidad			
13	Tijera punta roma de 3" (*)	01 unidad			
14	Guantes quirurgicos esterilizados 7" 1/2 (*)	01 par			
15	Algodón por 50 gramos (*)	01 unidad			

(*) De acuerdo a los dispuesto al RESOLUCION DIRECTORAL No.1011-2010-MTC/15

KIT DE PARCHADO DE TANQUES				
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIÓN
1	Cuñas de madera de varios tamaños.	15 unidades		
2	Cuñas de madera tipo cono de varios tamaños.	15 unidades		
3	Cuña de bronce o aluminio tipo cono.	01 unidad		
4	Tapones tipo bola.	01 grande, 01 pequeño		
5	Tapones tipo trapecio.	06 en varios tamaños		
6	Parches tipo T.	03 grandes, 03 pequeños		
7	Parches tipo tornillo.	06 unidades		
8	Cinta de ducto high.	01 unidad		
9	Masilla epoxica.	01 par		
10	Martillo cabeza de goma.	01 unidad		
11	desarmador.	01 unidad		
12	alicate.	01 unidad		
13	Guantes de nitrilo.	01 par		
14	Paño absorbente.	01 unidad		
15	Cinta para restringir zona pequeña.	01 rollo		
16	Eslingas de amarre con ratchet y ganchos.	02 unidades		
17	Plancha de neoprene delgada.	01 unidad		
18	Plancha de neoprene con aluminio.	02 unidades		
19	Entablillado de madera con cintas de neoprene.	01 unidad		

KIT DE SEGURIDAD				
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIÓN
1	Lentes de seguridad (completamente cerrados).	01 unidad		
2	Chalecos reflectivos.	02 unidades		
3	Guates de cuero cocidos para uso industrial.	02 pares		
4	Guates de nitrilo con forro interior.	02 pares		
5	Mascara de media cara para protección respiratoria. Aprobado por NIOSH .	02 unidades		
6	Paquete de cartuchos para gases orgánicos Aprobado por NIOSH.	02 unidades		
7	Paquete de cartuchos para vapores orgánicos Aprobado por NIOSH.	02 unidades		
8	Ropa para protección de lluvias (chaqueta con capucha y pantalón).	01 juego		
9	Linternas antiexplosivas de mano adaptable al casco más clip estándar (incluir pilas cargadas).	01 unidad		
10	Juego de pilas de repuesto para linterna antiexplosiva.	02 pares		

11	Juego de paletas de señalización "PARE" y "SIGA" (una cara roja y la otra cara verde).	02 pares		
12	Varilla de bronce para conexión a tierra de 3/4" diametro y 50 cm. De largo.	01 unidad		
13	Cable conductor de 6 m. de longitud (para utilizar con la varilla de bronce).	01 unidad		
14	Martillo con cabeza de goma.	01 unidad		
15	Rollo de cinta de señalización ROJA de 5" x500 m. con advertencia "PELIGRO NO PASE".	01 unidad		
16	Rollo de cinta duct tape.	01 unidad		
17	Conos de seguridad de PVC.	04 unidades		
18	Triángulos reflectorizantes.	04 unidades		
19	Amés de cuerpo entero.	01 unidad		
20	Líneas de vida.	02 unidades		

KIT PARA DERRAME(CONTENCIÓN Y REMOCION)

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIÓN
1	Traje Tyvek - Contra salpicaduras y químicos.	01 unidad		
2	Botas de jebe.	01 par		
3	Pala antiexplosiva de bronce resistente a químicos.	01 unidad		
4	Pico antiexplosivo de bronce resistente a químicos.	01 unidad		
5	Bolsas plásticas negras de 5 micras.	10 unidad		
6	Sacos de yute.	05 unidades		
7	Salchichas absorbentes hidrofóbicas de 8" x 10 pies.	02 unidades		
8	Paños absorbentes hidrofóbicos de 17" x 19".	50 unidades		
9	Trapos Industriales.	30 unidad		
10	Recogedor pequeño con mango plástico.	01 unidad		
11	Escoba pequeña con mango de plastico.	01 unidad		

EXTINORES

	Extintores	CANTIDAD	F.V	OBSERVACIÓN
1	Extintor PQS de 30Lbs. con botella externa	01 unidad		
2	Extintor PQS de 12kg. con botella externa	01 unidad		
3	Extintor PQS de cabina 2kg.	01 unidad		

KIT DE HERRAMIENTAS

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIÓN
1	Juego de Llaves de 7" al 24".	01 juego		
2	Alicate.	01 unidad		
3	Desarmador plano / estrella.	01 unidad		
4	Gata y palanca.	01 unidad		
5	Juego de llaves de enllante y desenllante.	01 unidad		
6	Comba antichispa.	01 unidad		
7	Llave Francesa.	01 unidad		
8	Juego de Toor.	01 unidad		
9	Hexagonal.	01 unidad		
10	Acople de descarga.	01 unidad		
11	Alicate pico de loro.	01 unidad		
12	Llave pico pato.	01 unidad		

EQUIPOS Y ACCESORIOS

Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD	ESTADO	OBSERVACIÓN
1	Rueda (llanta) de repuesto (01 nueva para tractor y otra puede ser reencauchada para la carreta).	02 unidades		
2	Recipiente de liquido de freno.	01 unidad		
3	Tacos para inmovilizar el vehículo.	04 unidades		
4	Medidor de aire.	01 unidad		
5	Manguera de aire	01 unidad		
6	Cable de bateria.	01 unidad		
7	Cable remolque.	01 unidad		
8	Pin de remolque.	01 unidad		
9	Soldimix de 10 minutos.	01 unidad		
10	Pertiga	01 unidad		
11	circulina	01 unidad		
12	Radio de comunicaciones	01 unidad		

Anexo 6 Hoja de ruta

FECHA:			
--------	--	--	--

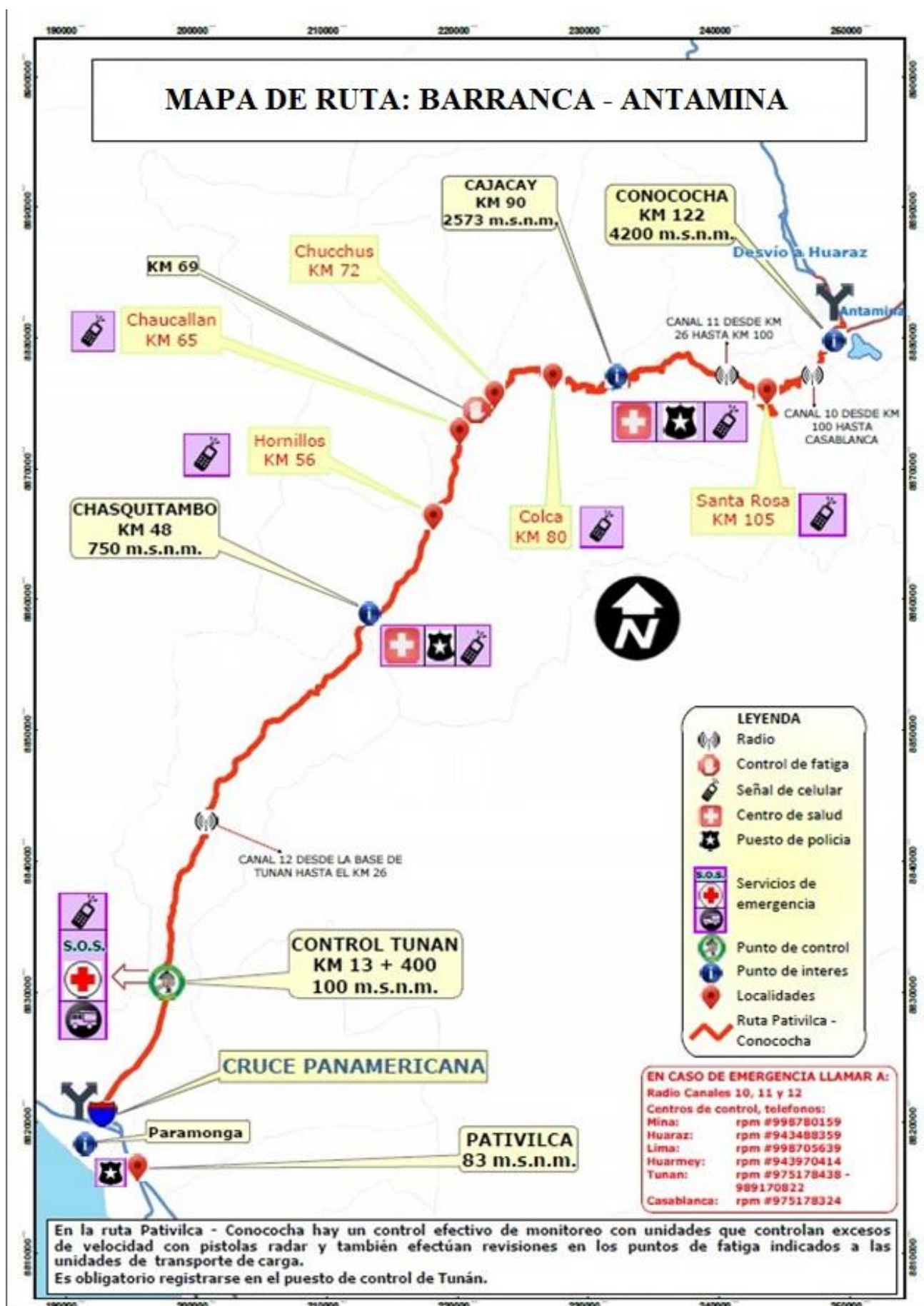
OPERACIÓN:	REPSOL ANTAMINA
RUTA:	PATIVILCA – MINA ANTAMINA

HOJA DE RUTA

RUTA DE IDA			VELOCIDAD LIMITE (KM/H)		HORA TEÓRICA			HORA ESCOLTA			OBSERVACIONES
TRAMO	LUGAR Y/O ACTIVIDAD	KM	GUIA DE TRANSP.	MTC	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIEMPO (h)	HORA INICIAL	HORA FINAL	TIEMPO (h)	
01	Base Pativilca km 202 (Panamericana Norte)	0	60	55	06:00	06:35	00:35				
	Control Tunán km 12 (Ruta 16)	15	60	35							
Parada 01	Revisión e Inspección Control Tunán km 12 (Ruta 16)		60	35	06:35	07:20	00:45				Parada obligatoria para todas las unidades convoy y camionetas de supervisión
02	Control Tunán km 12 (Ruta 16)	15	60	35	07:20	08:00	00:40				
	Km 47+500 de la Carretera Ruta 16	49	60	55							
Parada 02	Km 47+500 (Siki Rumi) Revisión Técnica		60	55	08:00	08:50	00:50				Parada obligatoria para todas las unidades convoy y camionetas de supervisión
03	Km 47+500 de la Carretera	49	60	55	08:50	10:50	02:00				
	Control de Fatiga km 110 (Ruta 16)	63	45	35							
Parada 03	Control de Fatiga Control de Fatiga km 110 (Ruta 16)		45	35	10:50	11:00	00:10				En caso no haya estacionamiento libre en el Km 110, se podrá parar en el Km 95 (pero tendrá que ser comunicado al Supervisor de Flota).
04	Control de Fatiga km 110 (Ruta 16)	103	45	35	11:00	11:35	00:35				
	Casablanca km 09 (Ruta 111)	132	60	55							
Parada 04	Casablanca (ALMUERZO) Revisión e Inspección		60	55	11:35	12:55	01:20				Parada obligatoria para todas las unidades convoy y camionetas de supervisión
05	Casablanca km 09 (Ruta 111)	132	60	55	12:55	13:40	00:45				
	Control Fatiga km 52 (Ruta 111)	161	60	35							
Parada 05	Control de Fatiga Kilómetro 52 Ruta Conococha		60	55	13:40	13:50	00:10				Parada obligatoria para todas las unidades convoy y camionetas de supervisión
06	Control Fatiga km 52 (Ruta 111)	175	60	55	13:50	14:20	00:30				
	Control Fatiga km 80 (Ruta 111)	203	60	60							
Parada 06	Control Fatiga Kilómetro 80 Ruta Conococha		60	60	14:20	14:30	00:10				Parada obligatoria para todas las unidades convoy y camionetas de supervisión
09	Control Fatiga km 80 (Ruta 111)	203	60	60	14:30	15:30	01:00				
	Mina Antamina km 120	243	60	35							
DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (km)		243			TIEMPO TEÓRICO TOTAL (h)		08:55	TIEMPO ESCOLTA TOTAL (h)			

POSICIÓN DE CONVOY:		FECHA DE SALIDA:		FECHA DE LLEGADA:	
SUPERVISOR ESCOLTA:			FIRMA:		PLACA:
CONDUCTOR POSICION N°1:			FIRMA:		PLACA:
CONDUCTOR POSICION N°2:			FIRMA:		PLACA:
CONDUCTOR POSICION N°3:			FIRMA:		PLACA:
CONDUCTOR POSICION N°4:			FIRMA:		PLACA:
CONDUCTOR POSICION N°5:			FIRMA:		PLACA:

Anexo 7 Mapa de ruta



Anexo 8 Horarios de tránsito de ruta

1. Tránsito de Subida

	MATERIALES NO PELIGROSOS	MATERIALES PELIGROSOS
CONTROL EN EL PUESTO DE TUNAN	05:00 A 16:00 HRS.	05:00 A 16:00 HRS.
INGRESO POR EL PUESTO DE CONTROL CASABLANCA HACIA YANACANCHA	05:00 A 16:00 HRS.	05:00 A 16:00 HRS.
INGRESO POR GARITA PUERTO PUNTA LOBITOS	05:00 A 18:00 HRS.	05:00 A 17:00 HRS.
SALIDA DESDE YANACANCHA HACIA PUERTO PUNTA LOBITOS OLIMA	05:00 A 16:00 HRS.	DESDE 05:00 HRS. HASTA 12:00 HRS.

2. Tránsito de bajada

En caso de unidades vacías no habrá restricciones de horario de salida siempre y cuando el conductor demuestre no haber sobrepasado las 12 horas de trabajo en la jornada (la jornada de trabajo en la mina comienza a las 06:00 horas y termina a las 18:00 horas). El tránsito por los controles es hasta las 18:00 Horas. Esto es válido también para la escolta de carga siempre y cuando acompañe a unidades vacías. Se deberá portar la Hoja de Ruta.

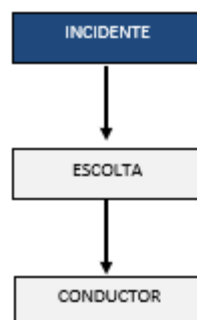
REGLAMENTO DE HORAS DE CONDUCCIÓN (REGLAMENTO NACIONAL DE ADMINISTRACIÓN DE TRANSPORTES ARTÍCULO 121 DEL D.S 017-2009-MTC) Art.

121.- Jornadas máximas de conducción

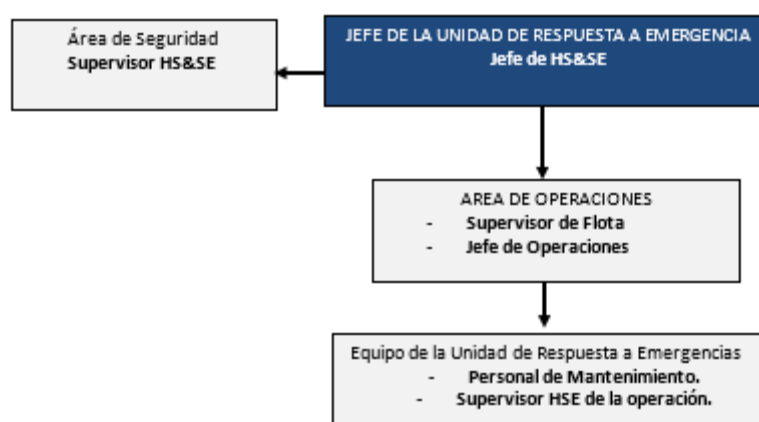
- Los conductores de vehículos del servicio de transporte no deberán estar al volante más de cinco (5) horas continuas en el servicio diurno o más de (4) horas continuas en el servicio nocturno.
- En el servicio de transporte interprovincial, el conductor deberá descansar por lo menos dos (2) horas entre jornadas.
- En todos los casos, ningún conductor deberá conducir más de doce (12) horas acumuladas en un periodo de veinticuatro (24) horas.

Anexo 9 Flujo de comunicación

• Primera Respuesta



• Segunda Respuesta



EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A:

* Radio : Canales 10, 11 y 12

* Centros de Control, telefonos:

	Nº de Celular	Nº de RPM
CC Mina	998780159	#998780159
CC Huaraz	943488359	#943488359
CC Lima	998705639	#998705639
CC Huarmey	943970414	#943970414
SV Tunan	948828071	#948828071
SV Casablanca	948827808	#948827808

Anexo 10 *Control de velocidad*

Reforzar el comportamiento seguro de los conductores de camiones cisternas que transportan hidrocarburos líquidos, respetando los límites de velocidad establecidos, tanto en las instalaciones de la organización, como en las carreteras externas, esto mediante el control de velocidades.

En las instalaciones de la empresa, así como en las carreteras de acceso externo se encuentran señalizadas las velocidades máximas establecidas en condiciones óptimas, sus restricciones y las zonas que tienen algún tipo de limitación de velocidad.

Con la finalidad de reforzar el comportamiento seguro de los conductores y el cumplimiento de las velocidades establecidas, se ha dispuesto realizar controles de velocidad en forma diaria, en diferentes lugares y a diferentes horas, en las carreteras extremas.

Para el caso de las vías internas se realizarán dos controles de velocidades por semana en días, horarios y lugares establecidos por el Coordinador de Seguridad o la persona a cargo del control de transporte interno.

Dicha actividad se realizará con una pistola radar, instrumento que se utilizará para verificar la velocidad de las camionetas escoltas y los camiones cisternas en movimiento, debidamente calibrada y por personal entrenado en su uso.

Los resultados de las mediciones tomadas, serán enviados al supervisor de seguridad quien realizará las coordinaciones con las gerencias respectivas para que se establezcan la causa de la violación y tomen los controles preventivos y correctivos que amerite cada caso de acuerdo a las políticas de la organización.

Anexo 11 Simulacro

DESCRIPCIÓN DEL ESCENARIO

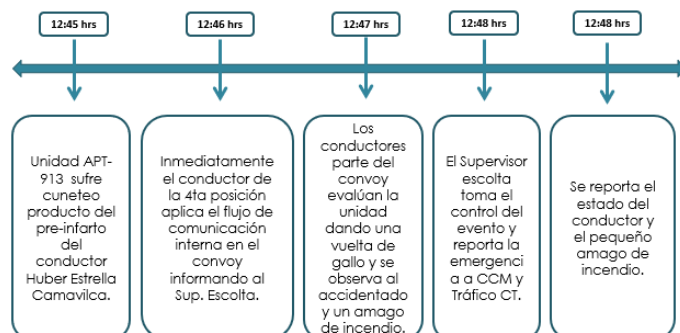


Siendo el **02 de Abril** a las 12:30 horas aproximadamente, el convoy 05+01 proveniente de Mina Antamina hacia Base Pativilca, en el **kilómetro 0 ruta 14** se suscita un cuneteo a consecuencia de un posible pre-infarto del conductor quien de ubicaba en la 3era posición del convoy 5+1, producto de ello, el motor de la cisterna sufre un recalentamiento por un frenado brusco provocando un amago de incendio, esto hace que el convoy se detenga de inmediato a un lado de la vía.

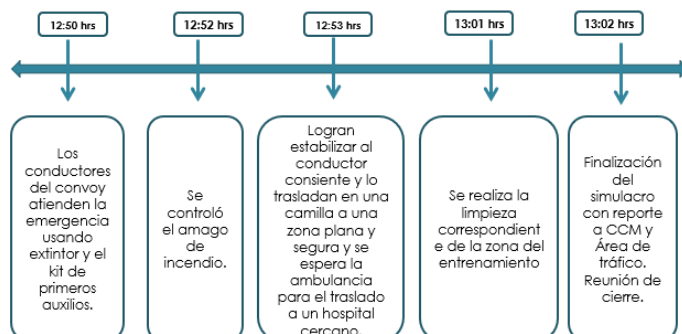
El escolta del convoy Sr. **Morales Meléndez Ramon** comunica inmediatamente al Centro de Control Mina (AMÉRICA) se procede a activar el plan de contingencia sobre el evento ocurrido, el Sup. Escolta asume el liderazgo del equipo, quien procede a completar el Flujo de Comunicaciones con Área de Tráfico de Transporte M. Catalán.

En simultaneo todo el personal del convoy procede aplicar el uso y manejo de extintores, así como los primeros auxilios dirigido al afectado a cargo del personal del convoy.

ORDEN CRONOLÓGICO



ORDEN CRONOLÓGICO



FOTOGRAFÍAS



INICIO DEL SIMULACRO



Inicio de simulacro



Unidad cuneteada y estacionada a un lado de la vía

DURANTE EL SIMULACRO



Señalización y delimitación



Se evalúa el estado del conductor

FOTOGRAFÍAS



DURANTE EL SIMULACRO



Llamada a CCM Y TRÁFICO CT



Uso de Extintores y Kit de Primeros Auxilios

DURANTE EL SIMULACRO



Traslado del conductor mal de salud



Estabilización del accidentado

PARTICIPANTES



ITEM	PARTICIPANTE	EMPRESA	CARGO
01	Henry Estrada	Repsol	Sup. Transporte
02	Morales Meléndez, Ramon	Transporte M. Catalán	Sup. Escolta
03	Arzapalo Zevallos, Javier	Transporte M. Catalán	Conductor
04	Gonzalez Paucar, Javier	Transporte M. Catalán	Conductor
05	Calizaya Ayala, Rolan	Transporte M. Catalán	Conductor
06	Estrella Camavilca, Hubert	Transporte M. Catalán	Conductor
07	Olano Velarde, Juan	Transporte M. Catalán	Conductor
08	César Descalzi Jara	Antamina	Sup. SVT - Antamina
09	Perez Soto, Jesús	Transporte M. Catalán	Sup. de Flota
10	Edgar Medina Ninanva	Transporte M. Catalán	Jefe de HS&SE
11	Paola López	Transporte M. Catalán	Supervisor de HS&SE
12	David Yaya	Transporte M. Catalán	Supervisor de HS&SE

Anexo 12 Jaula

JAUHAS INTERNAS DE SEGURIDAD EN VEHICULOS

La jaula interna de seguridad está diseñada para proteger la integridad física de los ocupantes de los vehículos en caso de choque o volcadura. Para este fin se deben cumplir los siguientes parámetros de diseño y montaje:

- La estructura está formada por:
 - Un arco tubular central cuyos postes verticales corran según el contorno del pilar central de la cabina y se anclen al piso de la cabina del vehículo.
 - Un arco posterior con postes verticales anclados a la estructura del piso de la cabina.
 - Dos postes laterales empalmados a las esquinas superiores del arco central y proyectados hacia delante, uno a cada lado de la cabina, siguiendo el contorno del techo y marco del parabrisas del vehículo hasta anclarse a la estructura del piso de la cabina por delante de los asientos delanteros.
 - Un puente transversal delantero que une los postes laterales paralelo y adyacente a la línea superior del marco del parabrisas.
- El material del arco central debe ser tubo de fierro negro estándar de 1 1/2". Las demás partes de la estructura pueden ser de tubo de fierro negro estándar de 1 1/4" para el caso de camionetas. En el caso de vehículos de transporte de pasajeros toda la estructura debe construirse de tubo de fierro negro estándar de 1 1/2".
- El extremo terminal de cada poste deberá tener una placa de refuerzo de acero, de por lo menos 3 mm de espesor la cual se une al piso de la carrocería a través de por lo menos tres pernos de 8mm y grado 8.
- Sólo es aceptable el proceso en frío para doblar los tubos. El radio de los dobleces debe ser no menor de 3 veces el diámetro del tubo.
- Las soldaduras que se requieran se deben realizar por proceso MAG de alta penetración y baja temperatura. Los cordones de soldadura deben cubrir todo el perímetro del tubo.
- Los empalmes entre tubos se deben hacer mediante orejas soldadas, unidas con pernos de 10mm. y grado 8.
- La estructura tubular debe instalarse de tal manera que no cree obstáculos para el ingreso y salida de personas desde el vehículo.
- Los tubos de la estructura tubular deben estar revestidos de protectores de espuma anti-impacto no inflamable a fin de impedir que se produzcan daños en la cabeza o brazos de los ocupantes del vehículo.
- Adicionalmente, Antamina ha realizado la evaluación y ha aprobado también el uso de jaulas tipo Hidden (ocultas) que son certificadas por la empresa que las fabrica para sus unidades livianas.

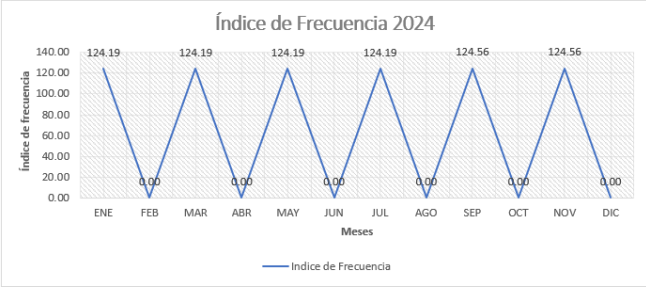
Anexo 13 Registro estadístico de Seguridad y Salud en el Trabajo 2024

TRANSPORTE - ESTADISTICAS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE - T.M. CATALÁN 2024																		FT-HSEC-016
																		Versión: 04
																		Página: 1 de 1

AÑO: 2024				Fecha de Actualización:			15/01/2025				Transportes M. Catalán, empresa dedicada al transporte de carga de hidrocarburos líquidos por carretera RUC: 20369120817. Dirección: Mza. a Lote. 7a Int. Sed1 Barr. Huambocancha Alta - Cajamarca - Cajamarca																											
MES	Sede	N° de Trabajadores		Exposición a agentes	Enfermedades Ocupacionales	Cuasi accidente	Incidentes	Accidentes leves	Eventos relacionados con ISO 39001		Eventos Ambientales		Grado de Accidente con Lesiones Personales						Horas Hombre Trabajadas		Nro de viajes		Días Perdidos		Tasa de Incidencia de Enfermedad Ocupacional	Índice de Frecuencia		Índice de Severidad		Índice Accidentabilidad		Índice de frecuencia de accidentes ambientales		Índice de frecuencia de accidentes de tráfico			Eventos Totales	
				N° de Trabajadores expuestos	N° Enfermedades Ocupacionales	N° de cuasi accidentes	# Eventos en instalaciones / externas	# Eventos en instalaciones / externas	N° de accidentes	Acum.	N° de cuasi accidentes	N° de accidentes	Accid. Leve	Accidente Incapacitante				Accid. Mortal							Total													
		Mes	Acum.	P.A.	T.M.	L.T.P.	L.T.R.	Fatal																														
ENERO	Barranca - Antamina	35	35	0	0	0	25	0	5	5	0	0	4	1	0	0	0	1	1	8052	8052	465	465	2	2	0	124.19	124.19	248.39	248.4	30.85	30.85	0.00	1.08	1.08	30	30	
FEBRERO	Barranca - Antamina	35	70	0	0	0	19	0	3	8	0	0	3	0	0	0	0	0	1	8004	16056	435	900	1	3	0	0.00	62.28	124.94	186.8	0.00	11.64	0.00	0.69	0.89	22	52	
MARZO	Barranca - Antamina	35	105	0	0	0	19	0	2	10	0	0	1	1	0	0	0	1	2	8052	24108	465	1365	0	3	0	124.19	82.96	0.00	124.4	0.00	10.32	0.00	0.43	0.73	21	73	
ABRIL	Barranca - Antamina	35	140	0	0	0	14	0	4	14	0	1	4	0	0	0	0	0	2	8028	32136	450	1815	1	4	0	0.00	62.24	124.56	124.5	0.00	7.75	0.22	0.89	0.77	19	92	
MAYO	Barranca - Antamina	35	175	0	0	0	21	0	2	16	0	0	1	1	0	0	0	1	3	8052	40188	465	2280	0	4	0	124.19	74.65	0.00	99.5	0.00	7.43	0.00	0.43	0.70	23	115	
JUNIO	Barranca - Antamina	35	210	0	0	0	17	0	3	19	0	1	3	0	0	0	0	0	3	8028	48216	450	2730	1	5	0	0.00	62.22	124.56	103.7	0.00	6.45	0.22	0.67	0.70	21	136	
JULIO	Barranca - Antamina	35	245	0	0	0	23	0	5	24	0	0	4	1	0	0	0	1	4	8052	56268	465	3195	2	7	0	124.19	71.09	248.39	124.4	30.85	8.84	0.00	1.08	0.75	28	164	
AGOSTO	Barranca - Antamina	35	280	0	0	0	16	0	4	28	0	1	4	0	0	0	0	0	4	8052	64320	465	3660	1	8	0	0.00	62.19	124.19	124.4	0.00	7.73	0.22	0.86	0.77	21	185	
SEPTIEMBRE	Barranca - Antamina	35	315	0	0	0	18	0	2	30	0	0	1	1	0	0	0	1	5	8028	72348	450	4110	0	8	0	124.56	69.11	0.00	110.6	0.00	7.64	0.00	0.44	0.73	20	205	
OCTUBRE	Barranca - Antamina	35	350	0	0	0	21	0	4	34	0	1	4	0	0	0	0	0	5	8052	80400	465	4575	1	9	0	0.00	62.19	124.19	111.9	0.00	6.96	0.22	0.86	0.74	26	231	
NOVIEMBRE	Barranca - Antamina	35	385	0	0	0	19	0	2	36	0	0	1	1	0	0	0	1	6	8028	88428	450	5025	0	9	0	124.56	67.85	0.00	101.8	0.00	6.91	0.00	0.44	0.72	21	252	
DICIEMBRE	Barranca - Antamina	35	420	0	0	0	29	0	6	42	0	1	6	0	0	0	0	0	6	8052	96480	465	5490	3	12	0	0.00	62.19	372.58	124.4	0.00	7.73	0.22	1.29	0.77	36	288	
		420								42		5								6	96480	5490	12				62.19		124.38		7.73					288		

AÑO: 2024		Indice de Frecuencia	$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} * 10^6}{HH \text{ trabajadas}}$	Mensual	AÑO: 2024		Indice de Severidad	$IS = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} * 10^6}{HH \text{ trabajadas}}$	Mensual
-----------	--	----------------------	--	---------	-----------	--	---------------------	---	---------

MES	Accidentes personales	HHT	Indice de Frecuencia
ENE	1	8052	124.19
FEB	0	8004	0.00
MAR	1	8052	124.19
ABR	0	8028	0.00
MAY	1	8052	124.19
JUN	0	8028	0.00
JUL	1	8052	124.19
AGO	0	8052	0.00
SEP	1	8028	124.56
OCT	0	8052	0.00
NOV	1	8028	124.56
DIC	0	8052	0.00
TOTAL	6	96480	62.19

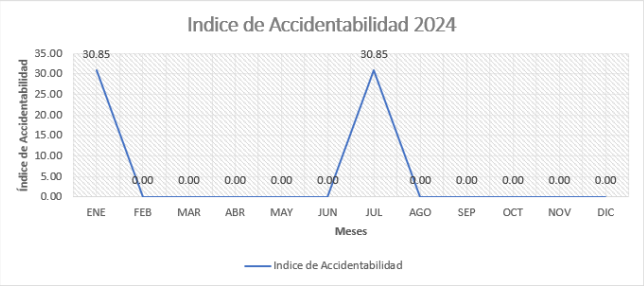


MES	HHT	Días perdidos	Indice de Severidad
ENE	8052	2	248.39
FEB	8004	1	124.94
MAR	8052	0	0.00
ABR	8028	1	124.56
MAY	8052	0	0.00
JUN	8028	1	124.56
JUL	8052	2	248.39
AGO	8052	1	124.19
SEP	8028	0	0.00
OCT	8052	1	124.19
NOV	8028	0	0.00
DIC	8052	3	372.58
TOTAL	96480	12	124.38



AÑO: 2024		Indice de Accidentabilidad	$IA = \frac{IF * IS}{1000}$	Mensual
-----------	--	----------------------------	-----------------------------	---------

MES	Indice de Frecuencia	Indice de Severidad	Indice de Accidentabilidad
ENE	124.19	248.39	30.85
FEB	0.00	124.94	0.00
MAR	124.19	0.00	0.00
ABR	0.00	124.56	0.00
MAY	124.19	0.00	0.00
JUN	0.00	124.56	0.00
JUL	124.19	248.39	30.85
AGO	0.00	124.19	0.00
SEP	124.56	0.00	0.00
OCT	0.00	124.19	0.00
NOV	124.56	0.00	0.00
DIC	0.00	372.58	0.00
TOTAL	62.19	124.38	7.73



Anexo 14 Encuesta de percepción de seguridad

Encuesta de Percepción de Cultura Preventiva en Seguridad y Salud en el Trabajo

Objetivo: Recopilar información sobre la percepción de los colaboradores respecto a la cultura preventiva en la organización, con el fin de identificar fortalezas y oportunidades de mejora en la gestión de la seguridad y salud ocupacional.

Datos Generales:

- Área o departamento:
- Cargo o función:
- Tiempo en la empresa:
 - ☐ Menos de 1 año
 - ☐ 1 a 3 años
 - ☐ Más de 3 años

Instrucciones: Marque con una "X" el número que mejor refleje su grado de acuerdo con cada afirmación.
(1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo)

Bloque de preguntas:

1. Liderazgo y compromiso de la dirección

Ítem	Afirmación	1	2	3	4	5
1.1	La gerencia demuestra un compromiso visible con la seguridad.	☐	☐	☐	☐	☐
1.2	Los líderes promueven con el ejemplo el cumplimiento de las normas.	☐	☐	☐	☐	☐
1.3	Se reconoce el esfuerzo en seguridad de los trabajadores.	☐	☐	☐	☐	☐

2. Prioridad organizacional de la seguridad

Ítem	Afirmación	1	2	3	4	5
2.1	Puedo participar en las decisiones relacionadas a seguridad.	☐	☐	☐	☐	☐
2.2	Se toman en cuenta nuestras sugerencias para mejorar la seguridad.	☐	☐	☐	☐	☐
2.3	Existe una cultura de reporte de incidentes sin represalias.	☐	☐	☐	☐	☐

3. Comunicación y reporte de riesgos

Ítem	Afirmación	1	2	3	4	5
3.1	Recibo información clara sobre los riesgos de mi trabajo.	☐	☐	☐	☐	☐
3.2	La empresa ofrece capacitaciones útiles en temas de seguridad.	☐	☐	☐	☐	☐
3.3	Las reuniones de seguridad son efectivas.	☐	☐	☐	☐	☐

4. Participación del trabajador

Ítem	Afirmación	1	2	3	4	5
4.1	Conozco los peligros y riesgos a los que estoy expuesto.	☐	☐	☐	☐	☐
4.2	Cumplo con los procedimientos de seguridad establecidos.	☐	☐	☐	☐	☐
4.3	Mis compañeros también respetan las normas de seguridad.	☐	☐	☐	☐	☐

5. Compañerismo y apoyo entre colegas

Ítem	Afirmación	1	2	3	4	5
5.1	Me siento seguro realizando mis tareas.	☐	☐	☐	☐	☐
5.2	Considero que la seguridad es una prioridad en esta empresa.	☐	☐	☐	☐	☐

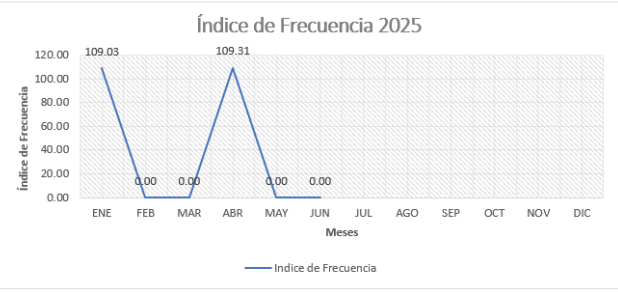
Anexo 15 Registro estadístico de Seguridad y Salud en el Trabajo 2025

TRANSPORTE - ESTADÍSTICAS DE SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE - T.M. CATALÁN 2025																			FT-HSEC-016
																			Versión: 04
																			Página: 1 de 1

AÑO: 2025				Fecha de Actualización:			1/07/2025				Transportes M. Catalán, empresa dedicada al transporte de carga de hidrocarburos líquidos por carretera RUC: 20369120817. Dirección: Mza. a Lote. 7a Int. Sed1 Barr. Huambocancha Alta - Cajamarca - Cajamarca																										
MES	Sede	N° de Trabajadores		Exposición a agentes	Enfermedades Ocupacionales	Quasi accidente	Incidentes	Accidentes leves	Eventos relacionados con ISO 39001		Eventos Ambientales		Grado de Accidente con Lesiones Personales						Horas Hombre Trabajadas		Nro de viajes		Días Perdidos		Tasa de Incidencia de Enfermedad Ocupacional	Índice de Frecuencia		Índice de Severidad		Índice Accidentabilidad		Índice de frecuencia de accidentes ambientales	Índice de frecuencia de accidententes de tráfico		Eventos Totales		
				N° de Trabajadores expuestos	N° Enfermedades Ocupacionales	N° de quasi accidentes	# Eventos en instalaciones / externas	# Eventos en instalaciones / externas	N° de accidentes	Acum.	N° de quasi accidentes	N° de accidentes	Accid. Leve	Accidente Incapacitante	Accid. Mortal	Total	Acum.																				
		Mes	Acum.										P.A.	T.M.	L.T.P.	L.T.R.	Fatal		Mes	Acum.	Mes	Acum.	Mes	Acum.	Mes	Acum.	Mes	Acum.	Mes	Acum.	Mes	Acum.	N° de eventos	Acum			
ENERO	Barranca - Antamina	40	40	0	0	0	13	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	9172	9172	465	465	1	1	0	109.03	109.03	109.03	109.0	11.89	11.89	0.00	0.22	0.22	14	14
FEBRERO	Barranca - Antamina	40	80	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9124	18296	420	885	0	1	0	0.00	54.66	0.00	54.7	0.00	2.99	0.00	0.00	0.11	9	23	
MARZO	Barranca - Antamina	40	120	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	9172	27468	465	1350	0	1	0	0.00	36.41	0.00	36.4	0.00	1.33	0.00	0.00	0.07	6	29	
ABRIL	Barranca - Antamina	40	160	0	0	0	2	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	1	9148	36616	450	1800	0	1	0	0.00	27.31	0.00	27.3	0.00	0.75	0.00	0.22	0.11	3	32	
MAYO	Barranca - Antamina	40	200	0	0	0	4	0	2	4	0	0	1	1	0	0	0	1	9172	45788	465	2265	2	3	0	109.03	43.68	218.05	65.5	23.77	2.86	0.00	0.43	0.18	6	38	
JUNIO	Barranca - Antamina	40	240	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	9148	54936	450	2715	0	3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
JULIO	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
AGOSTO	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
SEPTIEMBRE	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
OCTUBRE	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
NOVIEMBRE	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
DICIEMBRE	Barranca - Antamina		240							4							0	2		54936		2715		3	0	0.00	36.41	0.00	54.6	0.00	1.99	0.00	0.00	0.15	0	38	
		240								4							2	54936		2715		3				36.41		54.61		1.99		0.15		38			

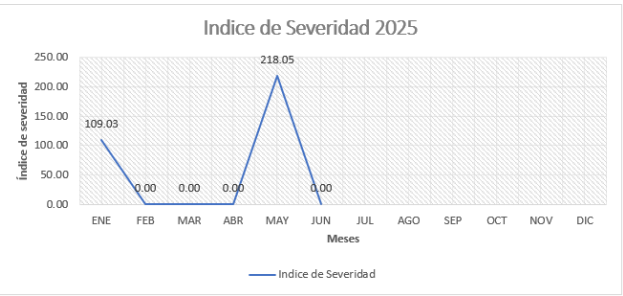
AÑO: 2025	Indice de Frecuencia	$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} * 10^6}{HH \text{ trabajadas}}$	Mensual
-----------	----------------------	--	---------

MES	Accidentes personales	HHT	Indice de Frecuencia
ENE	1	9172	109.03
FEB	0	9124	0.00
MAR	0	9172	0.00
ABR	1	9148	109.31
MAY	0	9172	0.00
JUN	0	9148	0.00
JUL			
AGO			
SEP			
OCT			
NOV			
DIC			
TOTAL	2	54936	36.41



AÑO: 2025	Indice de Severidad	$IS = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos} * 10^6}{HH \text{ trabajadas}}$	Mensual
-----------	---------------------	---	---------

MES	HHT	Días perdidos	Indice de Severidad
ENE	9172	1	109.03
FEB	9124	0	0.00
MAR	9172	0	0.00
ABR	9148	0	0.00
MAY	9172	2	218.05
JUN	9148	0	0.00
JUL			
AGO			
SEP			
OCT			
NOV			
DIC			
TOTAL	54936	3	54.61



AÑO: 2025	Indice de Accidentabilidad	$IA = \frac{IF * IS}{1000}$	Mensual
-----------	----------------------------	-----------------------------	---------

MES	Indice de Frecuencia	Indice de Severidad	Indice de Accidentabilidad
ENE	109.03	109.03	11.89
FEB	0.00	0.00	0.00
MAR	0.00	0.00	0.00
ABR	109.31	0.00	0.00
MAY	0.00	218.05	0.00
JUN	0.00	0.00	0.00
JUL			
AGO			
SEP			
OCT			
NOV			
DIC			
TOTAL	36.41	54.61	1.99

