

Alternativas para la mitigación de riesgos asociados al transporte de productos químicos corrosivos: Caso de estudio.

Johana Marcela Mejía Estrada. ¹ Antonio José López Reyes. ²

En Colombia el transporte terrestre moviliza la mayoría de carga y materias primas que se comercializan. Por tanto, se considera importante conocer y mitigar riesgos asociados a esta actividad. En este caso de estudio se quiso priorizar el transporte de sustancias químicas corrosivas, las cuales presentan riesgos para el medio ambiente, la salud humana y la operación logística. En consecuencia, este trabajo presenta alternativas para la mitigación de riesgos asociados al transporte de productos químicos corrosivos, en una organización que transporta y utiliza estas materias primas como recurso fundamental en su operación. El estudio estuvo focalizado en los transportistas y su percepción de riesgo sobre la movilización de estas sustancias. En el desarrollo se realizó la recolección de información mediante entrevistas y encuestas, metodológicamente a través de la matriz criterio-criterio se categorizaron los riesgos más significativos, lo cual llevo a generar una estrategia por cada hallazgo, se establecieron los riesgos de derrame por rotura de tanque, siniestro vial, derrame por accidente en zona rural, quemaduras durante el proceso de cargue y descargue, hurto en carretera, contaminación en la unidad de carga, contaminación cruzada y el estado de la infraestructura vial como riesgos fundamentales. Al final se encontró que en muchos casos los conductores no son del todo conscientes del peligro de transportar estas mercancías, que no reciben la suficiente capacitación y que no tienen el conocimiento para adoptar el plan estratégico de seguridad vial. Finalmente, el trabajo contempla 15 estrategias de mitigación de riesgos para los hallazgos.

Palabras Clave: Transporte de sustancias químicas corrosivas, Accidentalidad, Riesgo, Prevención.

¹ Jefe de Logística de una empresa de químicos

² Consultor de administración de riesgos logísticos. SSAR

Asesor Temático: Juan Carlos Calle Muñoz

Asesor Metodológico: Gloria Osorno. Profesora, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Antioquia

Introducción

Desde el principio de la economía, el transporte terrestre ha jugado un papel decisivo en la economía; es un factor clave en la determinación de los diferentes costos de los servicios, materias primas, bienes y productos que se comercializan en un mercado cambiante y exigente. Su rol en la industria es fundamental, pues del buen manejo de una cadena logística en el transporte dependerá, la oportuna entrega de insumos, la preservación de la carga, la prevención de siniestros, la disminución de costos ocultos y la satisfacción de los clientes al largo del territorio.

Actualmente en Colombia, el transporte de carga es un pilar de su economía moviendo por carretera alrededor del 90% de la carga [1] . Diferentes sectores como el agropecuario, textil, químico, energético, construcción, alimenticio, entretenimiento, tecnológico entre otros, contemplan desde su razón de ser la movilización de carga desde puerto hasta zonas industriales, desde el campo hasta plazas mayoristas o para distribución local. Por tanto, el transporte demanda mayor atención y capacidad, donde la seguridad debe ser un eje central. [2]

Particularmente en el tema de estudio, nos centramos en el transporte terrestre de sustancias consideradas como peligrosas, debido a que pueden ocasionar altos riesgos para la salud de los transportadores, para el medio ambiente y para la comunidad en general. Además de contemplar el impacto que tiene sobre la cadena logística o sobre el triángulo transportistas- transportadoras - generadores de carga, lo que, por consiguiente, obliga a la integración de la seguridad en la cadena de suministro para mercancías peligrosas [2].

En este momento, la utilización de las mercancías clasificadas como peligrosas es muy frecuente. El avance técnico, científico y de innovación ha incrementado el uso de nuevas sustancias que requieren ser transportadas. Por tanto, en este sector y para este tipo de carga, la velocidad de entrega en los productos no lo es todo; en el manejo de una mercancía peligrosa se requiere estructurar, planear, conocer la norma, visualizar rutas seguras, capacitar el transportista y realizar el debido seguimiento. Sin embargo, en la realidad del país lo mencionado anteriormente no se cumple a nivel transporte y esto obedece a una sobreoferta del parque automotor, al crecimiento de la informalidad y al no cumplimiento de la reglamentación legal dificultando el transporte seguro de sustancias peligrosas [3].

Por ende, es común encontrar análisis de riesgos insuficientes para el transporte terrestre de mercancías peligrosas, lo que en la práctica no permite disminuir ni mitigar los riesgos existentes que surgen en la generación, distribución, envío y transporte de dichos materiales. Los generadores de carga radican su operación en la elaboración de productos y por tanto el transporte de sus insumos o productos terminados es dejado en manos de las empresas de transporte y estos a su vez delegan la responsabilidad en los conductores que en muchos casos son tercerizados. Generándose así un vacío en la cadena que para sustancias peligrosas requiere un tratamiento específico [2].

Finalmente, el objetivo del trabajo fue formular alternativas para la mitigación del riesgo en el transporte de sustancias químicas corrosivas en una empresa del sector. Para esto se planteó una metodología que contempló la identificación de riesgos por medio de entrevistas y encuestas; la caracterización del resultado de las encuestas a treinta y cinco conductores de flota propia y tercera; la caracterización de las entrevistas realizadas a ocho conductores de la flota propia (15 preguntas), la evaluación de los riesgos con la construcción de la matriz criterio-criterio, un plan de control para la mitigación de los riesgos identificados y la evaluación del costo de las estrategias para mitigar y prevenir los riesgos identificados.

1.1 Marco teórico

Actualmente, las sustancias químicas ocupan un lugar preponderante en la mayoría de las actividades humanas. Su consumo ha aumentado en las últimas décadas y cada vez se diseñan nuevos productos, con funciones y características específicas, como, por ejemplo, diluyentes, colorantes, desengrasantes, plastificantes, catalizadores y reactivos de laboratorio, entre otros. Las sustancias químicas corrosivas se utilizan en estas transformaciones y tienen un componente más fuerte y representan un riesgo mayor [4].

El transporte de sustancias químicas corrosivas está en el marco de las mercancías peligrosas, las movilizaciones de este tipo de sustancias están reguladas a nivel internacional por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE), la cual tiene como objetivo dar mayor eficacia a los procedimientos de seguridad; dentro de los estándares que aplican específicamente al transporte de mercancías peligrosas, se encuentran [5]

Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA, en inglés GHS - Global Harmonized System), este estándar muestra los peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente, también realiza una clasificación, codificación de las indicaciones de peligro, codificación y uso de los consejos de prudencia, codificación de los pictogramas de peligro y muestra una guía para elaborar las fichas de datos de seguridad; de esta información depende el correcto envase, empaque y embalaje de los productos en la cadena de suministro, de tal forma que cuándo se llegue a la etapa de transporte se pueda realizar un correcto despacho de las mercancías peligrosas y el usuario final cuente con la información de seguridad necesaria para la manipulación de los productos.

Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas (UN Model Regulations): este estándar trata sobre los principios de clasificación y definición de las clases, la lista de las principales mercancías peligrosas, los requisitos generales de embalaje, procedimientos de prueba, marcado, etiquetado, rotulación, y los documentos de transporte; es un esquema básico de disposiciones que le permite a los países desarrollar legislación para el transporte de mercancías peligrosas. Específicamente en este documento se disponen estándares como: clasificación, envasado, embalado, etiquetado y marcado de mercancías peligrosas, documento de transporte, información electrónica sobre las mercancías peligrosas, marcado, etiquetado y rotulado de la unidad de transporte, unidades de transporte sólidas, inspección unidad de transporte, separación de mercancías incompatibles (normas más severas), fijación de la carga (bultos, cilindros, paquetes, etc.), apilamiento de la carga (bultos, cilindros, etc.), método de carga y descarga para evitar daños, rechazo de carga con daños, fugas o escapes; prácticas de carga y descarga de vehículos; segregación de mercancías peligrosas; cuadro de compatibilidad para el transporte; inspección ocular vehículo para carga de explosivos; vehículo bien ventilado para transporte de gases; la carga no debe entrañar riesgo de explosión; las sustancias de reacción espontánea y peróxidos orgánicos protegidos de la luz del sol y fuentes de calor, bien ventilados, en algunos casos con regulación de temperatura [6]

La clasificación para el transporte de las mercancías peligrosas se describe a continuación:

Clase 1: Explosivos

Clase 2: Gases

Clase 3: Líquidos inflamables

Clase 4: Sólidos inflamables

Clase 5: Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos.

Clase 6: Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas.

Clase 7: Material radiactivo.

Clase 8: Sustancias corrosivas.

Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios

La empresa en la que se realiza este estudio fundamenta su operación en la clase 8: sustancias corrosivas, es por esto por lo que, en la presente investigación se centrará en esta clase.

Para el caso de Colombia y de acuerdo con la normativa, las sustancias químicas corrosivas hacen parte de la NTC 3971 “Transporte de Sustancias químicas Peligrosas Clase 8. Sustancias corrosivas. Transporte Terrestre por Carretera”.

Este tipo de sustancias se pueden dividir químicamente como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de las sustancias químicas corrosivas
Elaboración propia a partir de: [7]

Bases	Sales	Ácidos	Gases
Soda cáustica.	Hipoclorito de sodio.	Ácido clorhídrico.	Cloro (También pertenece a la Clase 2).
Hidróxido de potasio.	Cloruro férrico.	Ácido sulfúrico.	Amoniaco (también pertenece a la Clase 2).
Hidróxido de calcio en solución.	Cloruro ferroso.	Ácido fluorhídrico.	
Soda cáustica.	Cloruro de aluminio.	Ácido acético.	

Riesgo

En el transporte de mercancías peligrosas el riesgo se define como la probabilidad de ocurrencia de consecuencias indeseables ocasionadas por una posible liberación de material. Una liberación

puede conducir a una variedad de resultados, por ejemplo: incendio o explosión (para el caso de un material inflamable), nube tóxica o inflamable en el caso de gases licuados a presión [3].

Para el caso de las sustancias corrosivas, una mala manipulación o transporte de este tipo de sustancias puede aumentar la probabilidad de ocurrencia de los siguientes riesgos:

- La inhalación, ingestión o contacto con vapores, polvo o sustancias corrosivas puede causar daño severo, quemaduras, o muerte.
- Algunas sustancias corrosivas reaccionan con agua (algunas veces violentamente), generando calor y despidiendo gases corrosivos y/o tóxicos.
- El contacto con metales generalmente puede despedir hidrógeno gaseoso el cual es inflamable.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan o si se contaminan con agua.
- Los vapores de las sustancias corrosivas son inicialmente más pesados que el aire y se esparcen a través del piso.
- Los gases tóxicos inflamables pueden acumularse en áreas confinadas (sótano, cisternas, vagón tolva/auto tanques, alcantarillas).

1.2 Marco Legal

En Colombia el transporte terrestre de sustancias peligrosas está reglamentado por el Decreto 1609 de 2002, tiene por objeto “establecer los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional” (De 1609, 2002, p. 3), exige un curso obligatorio para los conductores, reglamenta el envase y etiquetado que debe tener la carga. Exige el cumplimiento de normas técnicas para la creación de las hojas de seguridad y la tarjeta de emergencia y establece las obligaciones que tienen tanto los generadores de la carga como las empresas de transporte que trabajan con este tipo de mercancías, entre otras [2].

El Decreto 1609 de 2002 hace referencia a las Normas Técnicas Colombianas (NTC) que tiene establecidas el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) para el transporte y embalaje de las mercancías peligrosas, como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Normas técnicas colombianas
Número NTC y anexo decreto 1609 de 2002 [2]

Número NTC	Nombre NTC
NTC 1692	Transporte de mercancías peligrosas. Clasificación, etiquetado y rotulado,
NTC 4435	Transporte de mercancías Hojas de seguridad para materiales. Preparación
NTC 4532	Transporte de mercancías peligrosas. Tarjetas de Emergencia para transporte de materiales. Elaboración
NTC 3971	Transporte de mercancías peligrosas CLASE 8 Sustancias Corrosivas

Adicionalmente, se expidió la Resolución 1223 de 2013 donde se establecen los requisitos del curso básico obligatorio de capacitación para los conductores de vehículos de carga que transportan mercancías peligrosas.

Otras disposiciones legales del Ministerio de Transporte sobre transporte de carga, inherentes a los productos químicos, son:

DECRETO 919 DE 1989: Por el cual se organiza el sistema Nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones.

RESOLUCIÓN 4093 DE 1991: Por la cual se reglamenta la planilla para el transporte de sustancias químicas de uso restringido, se establece un procedimiento y se adopta el formato D.E.T.C.-021.

DECRETO LEY 1344 DE 1970: Por el cual se expide el código nacional de tránsito.

LEY 769 DE 2002: Código de Nacional de Tránsito Terrestre.

DECRETO 3366 DE 2003: Por el cual se establece el régimen de sanciones por infracciones a las normas de transporte público terrestre automotor y se determinan unos procedimientos (ver sentencia del consejo de estado del 22 de mayo de 2008, declara nulos varios de sus artículos).

RESOLUCION: 64/255 DE 2010 (ONU Asamblea general de las naciones unidas) Reforma el Código de Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.

LEY 1383 DE 2010: Por medio del cual se modifica la estructura del ministerio de transporte, se determinan las funciones de sus dependencias, deroga el decreto 2053 de 2003.

DECRETO 087 DE 2011: Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y se dictan otras disposiciones.

DECRETO 2851 DE 2013: Por la cual se establecen los requisitos del curso básico obligatorio de capacitación para los conductores de vehículos de carga que transportan mercancías peligrosas y se dicta una disposición.

2. Metodología

Actualmente, la organización en donde se realiza esta investigación tiene relación con 35 transportistas, tiene una flota propia de 8 vehículos e igual número de conductores contratados bajo la modalidad de contrato a término indefinido, lo que significa que el 77% (27 conductores) son outsourcing o tercerizados.

La metodología planteada en este trabajo de investigación es cualitativa, toma en cuenta herramientas de recolección de información como las entrevistas y las encuestas, estas variables fueron seleccionadas ya que se cuenta con acceso a los conductores y son el recurso fundamental en esta investigación. El número de preguntas definidos en la entrevista y en la encuesta se definió en consenso con los conductores y el área de logística, buscando no afectar en gran medida la operación y obtener una información confiable y suficiente, en total fueron 12 preguntas para la entrevista y 5 para la encuesta, las cuales nos brindan la información necesaria para el estudio.

El objetivo principal es tener una aproximación a los conocimientos y la percepción de riesgo con los que cuentan los conductores que transportan las sustancias corrosivas para la empresa de estudio.

Entrevistas: Las entrevistas realizadas tienen un formato preestablecido, se trabajó la entrevista para controlar y guiar la obtención de información, esto permite determinar el conocimiento real existente acerca del transporte de sustancias peligrosas. Se utilizó con los conductores que son parte de la nómina de la empresa, se les realizaron 8 preguntas a los 35 conductores de flota propia y outsourcing que realizan la operación logística de transporte.

Encuesta: Las encuestas utilizan una muestra de los miembros para medir las características de la población, esta herramienta permite la recolección de información y permite establecer la

diversidad de conceptos en una población en este caso transportistas. La encuesta se ejecutó en todos los 35 conductores y abarcó 5 preguntas.

Posterior a la recolección de información se procede con la identificación de riesgos más significativos y con el análisis de la matriz criterio – criterio que permite sacar conclusiones objetivas del objeto de estudio.

Descripción de la Matriz de Criterio-Criterio: Cada uno de los factores de riesgos que se tiene en cuenta en la evaluación del transporte de mercancías peligrosas, deben tener una medición o cálculo objetivo con metodología matemática. Generalmente, las compañías asignan un valor a cada factor de manera subjetiva sin ninguna metodología de cálculo; es decir, que, de acuerdo con la experiencia del funcionario, puede decir que el FACTOR A pesa dentro del total el 35% para tomar la decisión, pero surge la pregunta: ¿por qué ese valor y no uno distinto?, por qué no el 20%, o por qué no el 60%. Esto es netamente subjetivo. ¿Cómo se elimina la subjetividad del peso de cada criterio? Con la Matriz CRITERIO-CRITERIO, porque se establece una medición matemática

La aplicación de la Matriz CRITERIO-CRITERIO es un ejercicio dinámico que comprende la selección y calificación por expertos de cada variable incluida en la operación y el nivel de impacto en el total de la operación.

Con la matriz de Criterio-Criterio la subjetividad desaparece por varias razones:

- Se escogen las variables que se van a evaluar EN GRUPO integrado por expertos de la compañía con la participación, ojalá, de otras personas que trabajen en el sector, pero no en la compañía.
- Cada variable se enfrenta doblemente con el resto de variables. Lo que da como resultado la importancia de esta variable con respecto a las demás. Se dice que es un enfrentamiento doble porque para llenar la parte superior de la matriz, se enfrentan la primera vez y para llenar la parte inferior de la matriz se enfrentan la segunda vez.
- Por último, se debe verificar que los valores de la parte superior de la matriz sean los inversos de la parte inferior de la matriz. Es decir, si en la parte superior de la matriz EL FACTOR A es 5 con respecto al FACTOR B, en la parte inferior de la matriz la calificación

debe ser 1/5 para confirmar la primera calificación. Así se confirma la calificación o la importancia de cada factor con respecto a los otros.

- Con base en el peso de cada factor, se asignan los recursos del programa. Entonces pasamos de un método SUBJETIVO a un método CUALITATIVO.

Una vez finalizada el análisis de la matriz, se procede con la definición de estrategias para mitigar los riesgos encontrados en el estudio, al igual que el costo y viabilidad de la implementación.

3. Resultados

3.1 Encuestas

La caracterización de los datos permitió establecer que el perfil y la edad promedio de los conductores terceros y de flota propia es de 48 años, cuentan con un promedio de 26 años de experiencia en la conducción en el transporte de carga terrestre. Todos están certificados en el manejo de mercancías peligrosas y tienen un conocimiento claro sobre los documentos que deben portar en cada movilización. A continuación, se detallarán las preguntas con un comentario general sobre las respuestas obtenidas en la encuesta.

P#: Pregunta

P1: *¿Qué tan riesgoso considera usted que son las mercancías que transporta para la empresa del caso de estudio?* Para esta pregunta la moda de los 35 datos correspondió a 5 (Extremadamente alto), sin embargo, llama la atención que al menos 11 conductores consideran que las cargas que transporta la empresa corresponden a mercancías de bajo o muy bajo riesgo, considerando el perfil y la edad promedio del conductor, es un tema complejo debido a que son conductores con muchos años de experiencia y puede que no tengan clara la importancia de las sustancias corrosivas o nunca hayan estado involucrados en un siniestro de mercancías peligrosas. Esto se puede traducir en un exceso de confianza y en un alto riesgo debido a la falta de consciencia del peligro.

P2: *¿Qué tan importante considera el rotulado de los vehículos que transportan mercancías peligrosas, Rombo y UN?* Para todos los transportistas encuestados, el rotulado de las mercancías es 5 (Muy importante), se resalta en que todos coinciden en la relevancia del rotulado de los vehículos.

P3: *¿Qué nivel de capacitación y sensibilización considera que le brinda la empresa sobre el manejo de la sustancia?* La moda de los datos corresponde al valor de 1 (Muy bajo), para la mayoría de los conductores el nivel de capacitación no es el esperado y es un punto que se debe trabajar de manera urgente. Es importante fortalecer el trabajo de sensibilización con el personal outsourcing, la responsabilidad es compartida y en caso de siniestro se tiene la figura de solidaridad, los conductores de la flota propia manifiestan un valor de 4 y 5 (Alto- Muy alto).

P4: *¿Qué tan preparado se siente usted para afrontar un siniestro con mercancías peligrosas?* En promedio, los conductores que trabajan con la organización se sienten muy preparados para afrontar un siniestro de este tipo, la edad y la experiencia de los transportistas presumiblemente es un factor fundamental en este ítem, sin embargo, llama la atención de que en la pregunta 3 manifestaron una falta de capacitación.

P5: *¿Qué tanto conoce sobre el Plan Estratégico de Seguridad Vial?*

El Plan Estratégico de Seguridad Vial PESV, es una ley del gobierno nacional que busca evitar y reducir la siniestralidad vial de los integrantes en las organizaciones, para esta pregunta no todos los conductores tienen clara la importancia y los datos de la encuesta reflejan que la mayoría de los transportistas cuentan con un conocimiento medio o bajo relacionado al plan de la empresa. Al ser un tema normativo es fundamental comenzar a trabajar en este aspecto, principalmente en los conductores outsourcing.

3.2 Entrevistas

Actualmente, en la empresa referenciada para el caso, existen 8 conductores contratados de manera directa, el perfil y la edad promedio del conductor de la flota propia es de 50 años, cuenta con una media de 31 años de experiencia en el transporte de carga, tienen al día toda la documentación y certificación para la movilización de mercancías peligrosas. Se les realizaron 10 preguntas. A continuación, se relacionan con un comentario general de las respuestas encontradas

P1. *¿De toda su experiencia en el sector transporte, cual considera que es el mayor riesgo de transportar mercancías peligrosas líquidas a granel corrosivas?* Todos los conductores sin excepción contestaron que el mayor riesgo está asociado a derrame por rotura de tanque o robo, esto debido a las consecuencias graves que puede tener en la salud de las personas y en el medio ambiente

P2. *¿Cuáles son las condiciones que debe de tener un vehículo para cargar mercancías peligrosas líquidas a granel corrosivas?* Para esta pregunta, los transportistas respondieron los requisitos

básicos de contar con los rótulos de seguridad y el vehículo en buenas condiciones, apenas dos conductores hablaron del kit antiderrames y los elementos de protección personal que deben tener, es importante comenzar un trabajo de sensibilización para portar y tener todos los componentes de seguridad.

P3. *¿Aplica el chequeo pre operacional antes de iniciar los recorridos, según formato "funciones diarias del conductor"? ¿Cómo lo realiza? ¿Lo considera importante?* En el análisis de las respuestas, se evidencia la preocupación por el estado del vehículo, llantas y demás aspectos. Sin embargo, por temas de Plan Estratégico de Seguridad Vial todas las empresas deben tener un estricto control de pre operacionales, actualmente esto no se está realizando de forma estándar y generalizada.

P4. *¿Conoce los efectos que puede tener la soda caustica, el ácido sulfúrico y el ácido clorhídrico si entra en contacto directo con la piel?* Todos los conductores contestaron afirmativamente: quemaduras graves en la piel y complicaciones graves en la salud, hay una conciencia definida sobre el riesgo de estas mercancías y su afectación para la salud.

P5. *¿Conoce los efectos que puede tener un derrame de las sustancias corrosivas a granel, para el medio ambiente?* Todas las respuestas coincidieron en el mismo aspecto: daños graves y complicaciones en el suelo y la tierra.

P6. *¿Conoce los efectos que puede tener un derrame de las sustancias corrosivas a granel, para el medio de transporte? ¿Cuáles son?* En general, la mayoría de las respuestas estuvo asociada a multas y daños al vehículo, es importante recalcar y trabajar en los otros temas como pueden ser contaminación cruzada, riesgos de incendio, etc.

P7. *¿Conoce los efectos que puede tener un derrame de las sustancias corrosivas a granel, para otras cargas? ¿Cuáles son?* Para esta pregunta, todos los conductores respondieron la contaminación con otras cargas, apenas dos conductores mencionaron los riesgos para la salud debido a la generación de gases que puede ocurrir si se mezclan dos productos químicos.

P8. *¿Sabe usted que es el Plan Estratégico de Seguridad Vial? ¿Conoce el de la empresa?*

Más de la mitad de los conductores de la flota propia manifestaron no conocerlo bien y no estar capacitados en este aspecto, es urgente y prioritario comenzar el proceso al interior de la empresa. A diferencia de la pregunta realizada E5 (encuestas) aplicada a conductores propios y externos, este ítem pregunta exclusivamente por el plan de la empresa debido a que los conductores de flota

propia deben conocer a profundidad el plan estratégico de la organización donde se realiza el estudio.

P9. *¿Si durante un viaje ocurre alguna contingencia o siniestro vial, cual es el procedimiento a seguir?* Ninguna de las respuestas aportadas por los conductores coincidió con otra, todas las respuestas fueron diferentes y consistían en procedimientos aislados que no corresponden a un protocolo estándar que se debe tener como organización.

P10. *Conoce en plan de contingencia ante derrames de la compañía? ¿Conoce el protocolo de comunicación cuando se presente la emergencia? Especificar.* Al igual que la pregunta anterior, los conductores no tienen claro cuál es el procedimiento real, algunos llamarían primero a los bomberos y policía antes que, a la empresa, y no se habla en algún momento de valoración de la situación, un conductor menciona la falta de capacitación. Es importante fortalecer el tema de capacitación y procedimientos de respuesta a contingencias.

P11. *¿Se le ha capacitado en el transporte de mercancías peligrosas liquidas a granel corrosivas?* Todos sin excepción respondieron que sí, consideran muy importante el tema de formación y sensibilización para ejecutar el trabajo de mejor manera.

P12. *¿Conoce el rotulado requerido Rombo y UN para el transporte de las sustancias a granel corrosivas, como ácido sulfúrico, soda caustica y ácido clorhídrico? Especificar para cada sustancia.* La respuesta general es afirmativa y mencionan la clasificación 8 de sustancias corrosivas: Ácido sulfúrico UN1830, Ácido clorhídrico UN1789, Soda Caustica UN1824

3.3 Identificación de riesgos más significativos

Después de realizar un análisis al interior de la compañía, se identificaron los riesgos que tienen mayor relevancia en la operación, este análisis contempló la experiencia del área logística y el mapeo de riesgos que se tiene al interior de la compañía, también se estudió el histórico de incidentes ocurridos en la organización, reclamaciones a la aseguradora, pérdidas por debajo del deducible del seguro y otras cuestiones relacionadas con el área de la administración de riesgos o risk management.

Los riesgos más significativos fueron 8 en total, se destacan a continuación en la tabla 3, mencionando la descripción y las posibles consecuencias en caso de un siniestro.

Tabla 3. Descripción de los riesgos encontrados

Riesgo	Descripción de riesgo	Consecuencias
Derrame por rotura de tanque	La rotura del tanque que contiene la sustancia genera pérdida del material, daño al vehículo y contaminación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al vehículo • Siniestro vial • Afectación a la salud humana • Daños ambientales
Siniestro vial	Accidente en la vía que ocasiona volcamiento de la unidad que contiene la sustancia corrosiva generando derrame	<ul style="list-style-type: none"> • Daños ambientales • Daños al vehículo • Afectación a la salud humana
Derrame por accidente en zona rural	Accidente en zona rural debido al mal estado del terreno ocasionando volcamiento y posterior derrame de la sustancia	<ul style="list-style-type: none"> • Daños ambientales • Contaminación fuentes hídricas • Multas ambientales • Incendios
Quemaduras durante el proceso de cargue y descargue	Quemaduras por mala manipulación de los equipos requeridos para el cargue y descargue de la sustancia	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación a la salud humana • Daños al vehículo
Hurto en carretera	Sustracción de la sustancia desde el módulo que la contiene y/o del vehículo completo	<ul style="list-style-type: none"> • Daño reputacional • Actividades ilegales

Contaminación en la unidad de carga	Contaminación por la falta de protocolos para la limpieza de la unidad a la cual se debe cargar para ser transportada	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación comercial • Daños al vehículo • Afectación a la salud humana
Contaminación cruzada	Contaminación por falta de conocimiento de la compatibilidad con otras sustancias químicas durante el transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Daño reputacional • Daños al vehículo • Afectación a la salud humana
Estado de la infraestructura vial	Vías en mal estado que ponen en peligro la estabilidad del vehículo cargado con la sustancia corrosiva durante el recorrido	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al vehículo • Siniestro vial

3.4 Matriz Criterio – Criterio: La tabla 4 muestra el esquema de la matriz y los resultados finales de su aplicación, con los cuales se definió la priorización de los riesgos.

Riesgo 1. Derrame por rotura de tanque

Riesgo 2. Siniestro vial

Riesgo 3. Derrame por accidente en zona rural

Riesgo 4. Quemaduras durante el proceso de cargue y descargue

Riesgo 5. Hurto en carretera

Riesgo 6. Contaminación en la unidad de carga

Riesgo 7. Contaminación cruzada:

Riesgo 8. Estado de la infraestructura vial

Tabla 4. Clasificación de riesgos priorizados según matriz criterio – criterio

RIESGO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	SUMA	PESO
RIESGO										CRITERIO
R1	XXX	0,33	0,33	1,00	0,33	1,00	1,00	0,33	4,3	5%
R2	3,00	XXX	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	17,0	21%

R3	3,00	1,00	XXX	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	17,0	21%
R4	1,00	0,33	0,33	XXX	1,00	3,00	3,00	3,00	11,7	15%
R5	3,00	1,00	1,00	1,00	XXX	3,00	3,00	3,00	15,0	19%
R6	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	XXX	1,00	1,00	4,3	5%
R7	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	XXX	1,00	4,3	5%
R8	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	XXX	6,3	8%
TOTAL									79,9	100%

EXCESIVAMENTE MÁS IMPORTANTE: 5 PUNTOS
SIGNIFICATIVAMENTE MÁS IMPORTANTE: 3 PUNTOS
IGUALMENTE, IMPORTANTE: 1 PUNTO
SIGNIFICATIVAMENTE MENOS IMPORTANTE: 1/3 DE PUNTO
EXCESIVAMENTE MENOS IMPOTANTE: 1/5 DE PUNTO

La priorización de riesgos arroja la siguiente información detallada en la tabla 5, en orden descendente según criterio de riesgo en la matriz:

Tabla 5. Priorización de riesgos

RIESGO	PESO
R2	21%
R3	21%
R5	19%
R4	15%
R8	8%
R1	5%
R6	5%
R7	5%
	100%

4. Estrategias de mitigación.

A continuación, se destacan 15 estrategias de mitigación para los riesgos definidos, en la investigación se determinó que estas eran las adecuadas para trabajar el alcance definido, en trabajos futuros se espera ampliar el alcance y trabajar más estrategias.

Para este trabajo se definieron 2 estrategias por riesgos a excepción del riesgo R7: Estado de la infraestructura vial, el cual solo contempla 1 sola estrategia, las acciones propuestas y los costos asociados a recursos económicos y de tiempos tienen un enfoque basado en procesos de consultoría de administración de riesgos logísticos o *Risk Management*. La duración de tiempo estimada es de horario laboral.

El total de horas necesarias para la implementación de las estrategias planteadas es un aproximado de 1098 unidades horas/hombre, el 70% del tiempo requerido para la implementación serán ejecutadas por las áreas de la organización y el 30 % restante corresponde a entidades externas de consultoría incluyendo la ARL, corredor de seguros y otros procesos de asesorías, para un total de 329 horas con un costo asociado que está en un rango promedio entre 80.000 y 100.000 pesos colombianos por hora, para un total que oscila entre \$26.240.000 y \$32.800.000. Es importante aclarar que gran parte de este valor se puede financiar con las primas mensuales que se pagan a la aseguradora, la ARL y el corredor de seguros, lo cual requiere un proceso de negociación que podrá disminuir el valor u obtenerse como parte de valor agregado de los servicios que están entidades le prestan a la compañía. Se pondrá a consideración de la Gerencia General para su aprobación, en caso de que solo se aprueben recursos parciales, se asignarán en la misma proporción que tuvieron el peso de los criterios.

Riesgo: Siniestro vial

Porcentaje/Peso criterio: 21%

Estrategia 1: Las encuestas y las entrevistas evidenciaron la falta de difusión y conocimiento sobre el Plan Estratégico de Seguridad Vial y las acciones que desarrolla la empresa para prevenir la siniestralidad, como primera estrategia se plantea formar un equipo de trabajo entre el área de recursos humanos y logística, en complemento con la administradora de riesgos laborales (ARL). La función de este nuevo equipo es empezar un plan de choque que permita difundir todo lo

relacionado con el plan que actualmente tiene la empresa; las funciones pueden contemplar los conceptos de auditorías internas, capacitaciones, integración con el sistema de seguridad y salud en el trabajo, creación de materiales preventivos y la medición de las acciones relacionadas con el PESV como políticas internas, buenas prácticas y lecciones aprendidas, además de poder incluir temas de atención a emergencias, primer respondiente en accidente de tránsito, entre otros.

Costo de la implementación E1: Los costos asociados a esta estrategia están ligados a recursos de tiempo, principalmente en la asignación de una nueva responsabilidad a las personas encargadas del sistema de salud y seguridad en el trabajo y al comité de seguridad vial con el que debe contar la empresa (*ley 1503*), un apoyo fundamental será la ARL, un recurso con el que obligatoriamente se debe contar y se puede aprovechar de una manera más eficiente si ya se cuenta con una estrategia.

Duración de tiempo estimado para implementación: 96 horas, este tiempo es una estimación basada en un proceso similar de consultoría de administración de riesgos que se realizó anteriormente, 29 horas serán dedicadas por parte de la ARL y las 67 horas restantes serán responsabilidad de la compañía.

Estrategia 2: Muchos conductores manifestaron la falta de formación y sensibilización brindada por la organización, esta estrategia busca alinear la *estrategia 1*, apoyando y desarrollando una sinergia con la administradora de riesgos laborales (ARL) y recursos humanos para desarrollar material de formación que se pueda enviar y compartir por mensajería masiva. Actualmente todos los 35 conductores manejan la tecnología del celular Smartphone y aplicaciones de mensajería instantánea donde pueden recibir material formativo. Es fundamental hacer un trabajo previo de sensibilización para evitar la visualización de contenidos mientras se encuentran en ejercicio de su labor de conducción.

Costo de la implementación E2: Para esta estrategia, los recursos involucrados son los que se deben pagar mensualmente a la administradora de riesgos laborales (ARL), es necesario hacer un requerimiento para suministrar contenidos de formación y sensibilización en medios digitales para ser difundido a todos los conductores con los que se tiene una relación laboral y se puede llegar a tener la figura de solidaridad en caso de siniestro vial y responsabilidad civil. Estos contenidos de prevención deben ir acompañados por unas charlas presenciales de formación y sensibilización como complementos al PESV y a los sistemas internos de SST.

Duración de tiempo estimado para implementación: 48 horas en total para difusión y medición de los materiales difundidos para el plan estratégico de seguridad vial, este tiempo deberá ser concertado con la ARL y con las áreas internas de la organización. Se propone un total de 14 horas como apoyo externo y las 34 horas restantes serán responsabilidad de la compañía.

Riesgo: Derrame por accidente en zona rural

Porcentaje/Peso criterio: 21%

Estrategia 3: Es necesario crear y difundir un protocolo o guía práctica para siniestros en zona rural y urbana, estos procedimientos deben contemplar una valoración y diagnóstico del siniestro, debe estar integrado con los planes de contingencia y contar con un escalamiento de incidentes según la complejidad, siniestro leve, medio, grave y extremo. El protocolo también debe incluir las buenas prácticas de conducción basados en la experiencia de los conductores, contar con los teléfonos y líneas de ayuda para respuesta, incluir temas relacionados con el manejo de las comunicaciones públicas y los voceros autorizados en caso de afectación reputacional.

Costo de la implementación E3: Esta estrategia debe ir integrada con el tema de pólizas y seguros, donde el corredor de seguros y la aseguradora pueden apoyar desde el punto de vista de administración de riesgos y este costo sería asumido por las primas mensuales que se pagan actualmente. Adicional, desde el área de Logística y Ambiental encargados del plan de contingencia, el costo estaría representado por las horas/hombre necesarias para finalizar la creación, la difusión y la medición.

Duración de tiempo estimado para implementación: se asignan 24 horas para la creación del protocolo, de las cuales 7 horas dedicadas por parte de la aseguradora y el corredor, el restante corresponde a la compañía.

Estrategia 4: La estrategia 4 propone realizar un simulacro de siniestro con mercancías peligrosas, para el caso puntual se quiere realizar una prueba con un derrame de la clase 8: sustancias corrosivas. Los resultados buscan poner a prueba los procedimientos y la respuesta efectiva para el plan de contingencia, se quiere establecer el nivel de cumplimiento y la identificación de errores en cada una de las fases del siniestro, esto con el fin de divulgar lecciones aprendidas.

Costo de la implementación E4: El costo de esta acción puede oscilar entre 2 y 3 millones de pesos con una entidad certificada, el proveedor que realice la actividad debe garantizar temas de

formación y capacitación posterior, al igual que una difusión efectiva sobre las lecciones aprendidas.

Duración de tiempo estimado para implementación: 96 horas, de las cuales 30 horas serán dedicadas a simulacro y resultados y el restante para difusión de lecciones aprendidas.

Riesgo: Hurto en carretera

Porcentaje/Peso criterio: 19%

Estrategia 5: Actualmente en el mercado de tecnología con nicho en la logística, existen soluciones que incorporan nuevas tecnologías para el monitoreo de la carga como el internet de las cosas (IOT), estas nuevas herramientas pueden llegar a determinar los porcentajes de faltantes o porcentaje de pérdida de mercancía por evaporación, de esta manera se puede tener una trazabilidad real de la carga y desde el control tráfico se puede determinar en qué momento está siendo objeto de hurto una sustancia.

Costo de la implementación E5: Inicialmente se propone establecer reunión con proveedores que comercialicen esta tecnología, dentro de la organización debe establecer un plan a corto plazo para incorporar estas nuevas técnicas, que en algunos casos funcionan con software libre y tienen un precio accesible para las empresas interesadas.

Duración de tiempo estimado de implementación: 12 horas asignadas para las reuniones con proveedores por parte de la compañía.

Estrategia 6: Crear unos procedimientos estándar para respuesta a hurto o piratería terrestre, estas conductas incorporan casos y recomendaciones frente a cómo actuar si se es víctima de esta modalidad ilegal. La guía debe incorporar el uso del Smartphone de dotación para conductores, y debe contemplar la instalación de la APP “Polis” de la Policía Nacional de Colombia y que se integra con la estación de policía más cercana, de esta manera se facilita una rápida reacción en caso de piratería terrestre. Para la difusión de la guía es necesario realizar actividades previas de capacitación.

Costo de la implementación E6: Al igual que la estrategia 3, también puede ir integrada con las pólizas y seguros, los corredores de seguros y las aseguradoras tienen desarrollados materiales de administración de riesgos para piratería terrestre y el costo estaría asumido por las primas mensuales. Adicional, también requiere de los recursos de tiempo hora/hombre necesario para

creación y difusión de la guía. Como opcional, está la posibilidad de buscar apoyo en la Policía Nacional para validar la guía que se estructure.

Duración de tiempo estimado de implementación: 96 horas asignadas de las cuales 29 horas serán de entidades externas y las 67 horas restante responsabilidad de la compañía.

Riesgo: Quemaduras durante el proceso logístico

Porcentaje/Peso criterio: 15%

Estrategia 7: Aprovechando las primas mensuales que se le realiza a la administradora de riesgos laborales (ARL), la estrategia busca tener un apoyo directo en este aliado para implementación y sensibilización de riesgos asociados a las quemaduras durante el proceso logístico de cargue y descargue. El objetivo es aprovechar el conocimiento de la ARL y transmitir esos conceptos en el interior de la organización con carteleras, fichas y material gráfico.

Costo de la implementación E7: Está contemplado en las primas que se pagan según el nivel de riesgo de los colaboradores al interior de la organización, se puede asignar un presupuesto para la incorporación de un proveedor externo y certificado para el desarrollo de materiales adicionales.

Duración de tiempo estimado de implementación: 32 horas, de las cuales 10 horas serán desarrolladas por al ARL y las horas restantes corresponde a la difusión y sensibilización interna.

Estrategia 8: Se propone la creación de una guía práctica para atención y respuesta que se integre y se difunda con el sistema de seguridad y salud en el trabajo SST.

Costo de la implementación E8: Recursos hora/ hombre requeridos por el sistema de seguridad y salud en el trabajo SST, la cuantificación está asociada a los roles y funciones internos que tenga actualmente el sistema. Se puede integrar con la estrategia 7.

Duración de tiempo estimado de implementación: 48 horas, de la cuales 34 horas asignadas al área de SST de la compañía y las 14 restantes asignadas a un proveedor externo.

Riesgo: Estado de la infraestructura vial

Porcentaje/Peso criterio: 8%

Estrategia 9: Para los propósitos de la empresa e integrando la estrategia 1 y 2, esta está enfocada en fortalecer la difusión de la política de seguridad vial la cual contempla no exceder los límites permitidos de velocidad, mantener una infraestructura segura y garantizar la vida en todo momento.

Algunas vías de acceso a las plantas de la organización se encuentran en mal estado y se requiere mayor precaución la transitar por ellas.

Costo de la implementación E9: De igual manera que la estrategia 1, los costos asociados a esta estrategia están ligados a recursos de tiempo del personal logístico, sistema de SST y al comité de seguridad vial.

Duración de tiempo estimado de implementación: 96 horas, de las cuales 67 horas se dedicarán a seguridad vial y las 29 horas restantes serán para capacitación y sensibilización por parte de proveedor externo.

Estrategia 10: Esta estrategia plantea fomentar la colaboración entre conductores por medio de las nuevas tecnologías de chat de mensajería, donde puedan mantener actualizado al grupo de trabajo sobre el estado de las vías y cualquier anomalía presente en carretera, adicional, esta información podrá ser aprovechada por el área de logística para actualizar los ruto gramas de las rutas Pareto, logrando tener mapeados los riesgos y el estado de la infraestructura vial en zonas críticas durante el desplazamiento. La actualización se hace motivando a los conductores a compartir sus experiencias de viaje y a comentar malas experiencias durante los recorridos, de esta manera el departamento logístico identifica situaciones de riesgo y permite preparar contingencias adecuadas.

Costo de la implementación E10: Todos los 35 conductores que ejecutan operaciones de movilización de sustancias corrosivas cuentan con dispositivos celulares con plan de datos, para el caso de la flota propia es un recurso de dotación que no incurre en un costo adicional, de igual manera para los outsourcing. Al igual que otras estrategias planteadas anteriormente, tiene un costo de hora/hombre que se puede replantear desde la definición de roles y funciones al interior del departamento logístico con ayuda del área de gestión humana.

Duración de tiempo estimado de implementación: Se propone dedicar unas 120 horas de trabajo dedicadas a fomentar el colegaje entre conductores, de las cuales 84 horas serán responsabilidad de las áreas internas de la compañía y 36 horas restantes de proveedor externo. Esto contempla un cronograma anual.

Riesgo: Derrame por rotura de tanque

Porcentaje/Peso criterio: 5%

Estrategia 11. Mejorar el check list del proceso logístico de transporte, desde su aspecto pre operacional (antes de comenzar) y después de cada movilización, este debe incluir todos los aspectos relacionados al vehículo y necesariamente debe estar fundamentado en el Plan Estratégico de Seguridad Vial.

Costo de la implementación E 11: Recursos de tiempo en hora/hombre por parte del área del comité de seguridad vial, mantenimiento y logística.

Duración de tiempo estimado de implementación: 24 horas de trabajo dedicadas al fortalecimiento del proceso, de la cuales 17 horas de trabajo interno y 7 horas restantes de apoyo externo.

Estrategia 12. El área de logística debe mejorar la sinergia con el área de mantenimiento, la rotura de tanque puede evitarse con un mantenimiento preventivo y un control estricto desde el pre operacional de los vehículos.

Costo de la implementación E12:

El principal costo de la estrategia radica en contratar un proveedor externo y con conocimiento certificado en temas de mantenimiento preventivo para vehículos, el alcance de la consultoría dependerá del trabajo y la integración que requiera el área de mantenimiento que actualmente tiene la empresa, un costo estimado puede estar entre 2 y 4 millones de pesos. La duración de la implementación no es posible estimarla debido a la incertidumbre de los resultados.

Riesgo: Contaminación en la unidad de carga

Porcentaje/Peso criterio: 5%

Estrategia 13: Para el área de logística y mantenimiento se propone la creación de una ficha con recomendaciones para el lavado de tanques que incluya purgas, estos procedimientos deben contener todo lo relacionado a buenas prácticas para el control y seguimiento de calidad a los tanques. La estrategia está enfocada en el cumplimiento obligatorio para flota propia y flota tercerizada.

Costo de la implementación E13: Recursos de tiempo hora/hombre por parte de las dos áreas involucradas.

Duración de tiempo estimado de implementación: 96 horas de trabajo e investigación por parte de las áreas involucradas, de las cuales 67 horas serían asignadas a la investigación y 29 horas para la validación de resultados con entidades externas.

Estrategia 14: Como parte del proceso para evitar contaminación en la unidad de carga, se plantea la posibilidad de certificar proveedores autorizados para el lavado de tanques, esto incluye visitas y auditorías especiales para garantizar calidad y buenas prácticas en los establecimientos habilitados

Costo de la implementación E14: Recursos de tiempo hora/hombre por parte del área de mantenimiento.

Duración de tiempo estimado de implementación: 240 horas de trabajo, de las cuales 168 horas trabajo interno de la compañía, y 62 horas de trabajo externo.

Riesgo: Contaminación cruzada

Porcentaje/Peso criterio: 5%

Estrategia 15: Esta estrategia plantea la creación de un cronograma de capacitaciones técnicas para el personal logístico operativo, donde plantee todos los riesgos y peligros de una mala manipulación, desde el punto de vista de calidad de producto, afectación comercial y riesgos para la salud.

Costo de la implementación E15: El presupuesto requerido para contratar personal externo técnico y calificado puede oscilar entre 2 y 4 millones de pesos, esta inversión debe contemplar la creación y ejecución de las capacitaciones. Es necesario tener los contenidos y materiales en formato físico y digital para capacitaciones constantes e inducción de personal nuevo. Dentro del costo, se puede validar si existen recursos técnicos por parte de la aseguradora o la administradora de riesgos laborales (ARL).

Duración de tiempo estimado de implementación: 70 horas de trabajo destinadas a creación de material y la difusión del mismo. 21 horas asignadas a trabajo externo y las 49 horas restantes asignadas a trabajo interno.

Es importante aclarar que el total de horas de trabajo es susceptible de cambio, dado que es una aproximación teórica que puede verse afectada por procesos internos y externos que no se pueden controlar.

5. Conclusiones

El resultado del estudio realizado arrojó los riesgos que impactan significativamente el proceso de transporte y manipulación de las sustancias objeto de estudio. Dentro de los 8 riesgos identificados en la aplicación de la Matriz “Criterio-Criterio” el riesgo de siniestro vial se consolida como el riesgo más importante con una participación del 21% sobre los demás riesgos asociados dentro de la operación logística.

Se estableció el plan de control basado en las estrategias definidas para la mitigación de cada uno de los riesgos encontrados, las cuales corresponden inicialmente a la creación de un equipo interdisciplinario dentro de la compañía que pueda gestionar y ejecutar las acciones propuestas con el apoyo ineludible de la administradora de riesgos ARL, la elaboración de políticas y protocolos de obligatorio cumplimiento, entre otras estrategias, igualmente significativas.

La asignación del presupuesto se estimó para cada una de las estrategias planteadas con su respectivo plan de ejecución, basados en la experiencia y en situaciones presentadas en el pasado. Los costos asociados a estas estrategias están ligados a recursos de tiempo, mano de obra del personal logístico, sistema de SST y al comité de seguridad vial y a personal externo como complemento al plan de trabajo sugerido.

Finalmente, la compañía puede centrarse en hacer seguimiento a las acciones planteadas para la mitigación de los riesgos identificados como continuación natural del trabajo desarrollado en este estudio, teniendo a su vez bases claras para identificar con antelación posibles riesgos futuros que amenacen su operación logística de transporte.

6. Referencias

- [1] R. de Logística, “Informe de vehículos de carga en Colombia a Enero de 2017,” 2017. [Online]. Available: <https://revistadelogistica.com/logistica/informe-de-vehiculos-de-carga-en-colombia-a-enero-de-2017/>.

- [2] J. Forigua, “Metodología para la integración de la seguridad en la planeación de la distribución y transporte de mercancías peligrosas por carretera en Colombia,” Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [3] G. BASTIDAS RODRIGUEZ and F. A. CARRILLO, “ANALISIS DE RIESGOS PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MERCANCIAS PELIGROSAS EN LA CIUDAD DE BARRANQUILLA,” 2011.
- [4] Osorio Libia, “Evaluación de la Gestión de Sustancias Químicas bajo el enfoque GIZ, a empresas pertenecientes a PROABURRÁ NORTE, que hacen parte del Convenio de Producción más Limpia (CPML), Medellín, 2014,” Universidad de Antioquia, 2014.
- [5] Naciones Unidas, *Transporte de mercancías peligrosas*, vol. I y II. 2011.
- [6] PNUMA, “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Secretaría del Convenio de Basilea Secretaría del Convenio de Rotterdam Secretaría del Convenio de Estocolmo Los convenios sobre productos químicos y desechos peligrosos,” 2004.
- [7] Ministerio de transportes Colombia, *TRANSPORTE DE MERCANCÍAS PELIGROSAS EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES DE CARGA- SUSTANCIAS CORROSIVAS CLASE 8*, vol. 34, no. 1. 2008.