



Universidad  
Internacional  
de Andalucía

## TÍTULO

INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO PARA EL TRANSPORTE  
TERRESTRE DE MERCANCIAS PELIGROSAS

=

KEY PERFORMANCE INDICATORS FOR LAND TRANSPORT OF  
DANGEROUS GOODS

## AUTOR

Jhojan Stiven Torres Aguirre

	<b>Esta edición electrónica ha sido realizada en 2025</b>
Tutor	Dr. Jesús Muñuzuri Sanz
Instituciones	Universidad Internacional de Andalucía; Universidad de Sevilla; Universidad de Cádiz
Curso	<i>Máster Universitario en Logística y Gestión de Operaciones (2023/24)</i>
©	Jhojan Stiven Torres Aguirre
©	De esta edición: Universidad Internacional de Andalucía
Fecha documento	2024



Universidad  
Internacional  
de Andalucía



**Atribución-NoComercial-SinDerivadas  
4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)**

Para más información:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en>



#### Keywords

Key Performance Indicators, Dangerous Goods, ADR, Logistics, Transport

## Indicadores claves de desempeño para el transporte terrestre de mercancías peligrosas.

### Key performance indicators for land transport of dangerous goods.

Torres Aguirre, Jhojan Stiven

Máster Universitario en Logística y Gestión de Operaciones

Universidad Internacional de Andalucía, Universidad de Cádiz y Universidad de Sevilla

#### Abstract

The land transportation of dangerous goods presents significant challenges due to its complexity and associated risks. Therefore, it is crucial to develop performance indicators that effectively monitor logistics activities in this sector. These indicators, structured under the SMART model, must be specific, measurable, achievable, relevant, and timely to provide a detailed insight into the logistics process and help identify recurring issues affecting response times. The research methodology includes a comprehensive literature review on the importance of KPI's in logistics, as well as the study of the ADR Agreement and sector surveys to identify challenges and best practices. Furthermore, key activities such as order creation, approval, and delivery have been defined, each with respective KPI's to assess average times, customer and destination shares, and efficiency in document management. These efforts aim not only to enhance operational efficiency and safety but also to strengthen companies' relationships with their stakeholders and comply with international regulatory standards.

## 1. Introducción.

El transporte terrestre de mercancías peligrosas representa un desafío significativo debido a la complejidad y los riesgos asociados con la manipulación y el traslado de estos materiales, por esta razón, la creación de indicadores de desempeño es fundamental para abordar de manera efectiva los retos del sector, cumplir con los requerimientos empresariales y satisfacer las necesidades de los clientes. Estos indicadores deben ser capaces de brindar una visión detallada del proceso logístico, mientras que su vez deben permitir identificar las afectaciones recurrentes que retrasan el tiempo de respuesta del servicio.

El desarrollo de indicadores de desempeño específicos permite obtener una comprensión profunda del proceso logístico y de los factores que frecuentemente retrasan los tiempos de respuesta, por lo que representan el punto de partida para establecer normas y procedimientos estandarizados para las actividades comprendidas en el proceso, mientras facilitan la toma de decisiones informadas para mejorar la operativa general.

Un correcto establecimiento y uso de indicadores de desempeño fortalece la búsqueda de la excelencia operativa y promueve una relación de respeto y responsabilidad entre las empresas y los distintos actores involucrados, algo que beneficia el desempeño empresarial y contribuye con el medio, reflejando un compromiso serio con la seguridad y el bienestar del entorno.

### 1.1 Objetivo general:

- Adecuar y/o estructurar indicadores de desempeño que permitan el seguimiento de la actividad logística en el transporte terrestre de mercancías peligrosas.

### 1.2 Objetivos específicos:

- Definir qué es un indicador clave de desempeño (KPI) y cómo se crea.
- Identificar los principales KPI's de la actividad logística en el transporte de mercancías.
- Identificar las principales actividades, retos y problemáticas del transporte de mercancías peligrosas.
- Determinar los KPI's logísticos de acuerdo a las necesidades específicas del transporte de mercancías peligrosas.

### 1.2 Metodología.

El punto de partida de este proyecto de investigación consistió en la revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la importancia de los indicadores de desempeño y su estructuración, en donde diferentes autores brindaron un acercamiento a la importancia del levantamiento de datos para la optimización de operaciones. A partir de este punto se buscó trasladar la necesidad informativa a la actividad logística, con el fin de identificar la manera en que se deben medir y controlar las diferentes actividades comprendidas en el proceso de transporte terrestre de mercancías, identificando los KPI's más importantes del sector de acuerdo con estudios adelantados por diversos autores.

Con el fin de entender los procesos comprendidos en el manejo de mercancías peligrosas se realizó la revisión del Acuerdo internacional sobre el transporte de mercancías peligrosas, más conocido como el "Manual ADR", adicionalmente se examinaron encuestas realizadas por terceros a profesionales del sector, las cuales junto a informes de accidentalidad previstos por el estado y publicaciones científicas relacionadas con el manejo de este tipo de productos, lograron poner en evidencia las problemáticas y retos presentes en el proceso de transporte, así como las mejores prácticas en la industria. Tras esta revisión de literatura e identificación de variables relevantes, se seleccionaron y adaptaron los KPI's más adecuados para medir el desempeño del transporte de mercancías peligrosas, esto bajo el modelo SMART, mediante el cual se asegura que los indicadores de desempeño sean específicos, medibles, alcanzables, relevantes y oportunos.

## 2. Revisión de literatura.

Los Indicadores Clave de Desempeño (KPI's) son herramientas métricas esenciales utilizadas para evaluar el rendimiento y los objetivos de una organización. Según Parmenter, D. (n.d.) , existen tres tipos de medidas de desempeño, cada una centrada en la generación de un tipo específico de información, los cuales son los indicadores Clave de Resultados (KRI's), indicadores de Rendimiento (PI's) y los indicadores claves de desempeño (KPI's). Los PI's evalúan el desempeño en la ejecución de actividades específicas, los KRI's se centran en los resultados obtenidos de dichas actividades, mientras que por su parte, los KPI's emergen como indicadores completos al combinar ambos enfoques, proporcionando información relevante para dirigir las acciones de la empresa con un enfoque en la optimización del desempeño operacional.

Los KPI's pueden ser aplicados en todos los niveles de una organización, adaptándose a los objetivos específicos de cada área. Esto implica desglosarlos desde un indicador principal hasta métricas más específicas y detalladas que sean relevantes para cada departamento o equipo. Por ejemplo, en el área de logística, los KPI's podrían centrarse en la eficiencia del transporte de

mercancías, mientras que en el departamento de ventas, podrían enfocarse en el rendimiento de las ventas y la satisfacción del cliente. Adicionalmente es importante destacar que los KPI's no proporcionan respuestas directas, sino que ofrecen datos valiosos que actúan como puntos de referencia para identificar tendencias, evaluar el progreso hacia los objetivos y detectar áreas de mejora, lo cual permite a líderes y empleados diseñar estrategias y acciones específicas para tomar decisiones informadas con el fin de optimizar el desempeño de las operaciones y alcanzar los resultados deseados (García Sabater et al, 2020). En este orden de ideas, los funcionarios juegan un papel fundamental en la influencia y el desarrollo de los indicadores de desempeño, ya que cada uno tiene responsabilidades directas o indirectas sobre un indicador particular, por esta razón es importante contar con la participación de los empleados en el levantamiento y seguimiento de los diferentes KPI's, así como brindarles las herramientas para facilitar la creación y el manejo de nuevos indicadores relacionados con sus labores.

Uno de los métodos más efectivos para la creación de indicadores es el método SMART, planteado por Doran (1981). El acrónimo SMART significa Specific, Measurable, Attainable, Relevant y Timebound, siendo estos los aspectos propuestos por el autor para fijar objetivos organizacionales significativos, quien a su vez define este proceso como un punto crítico para el desarrollo organizacional. Posteriormente la aplicación de este procedimiento se diversifica, llegando a utilizarse en la creación de indicadores de desempeño gracias a la claridad del proceso y la fiabilidad de los indicadores presentados tras su utilización.

Las características de un indicador de desempeño creado bajo la metodología SMART deben ser las siguientes:

### 1. Específico (Specific):

La especificidad es fundamental para que los KPI's sean efectivos. Deben estar claramente definidos y enfocados en aspectos particulares del negocio. Por ejemplo, en lugar de simplemente querer "aumentar las ventas", un KPI específico podría ser el "aumentar las ventas de un producto específico en un mercado determinado". De esta forma se define claramente el objetivo del indicador de desempeño junto al área de aplicación del mismo, logrando establecer expectativas precisas y orientar las acciones hacia resultados concretos.

Para lograr la especificidad se pueden establecer preguntas guía como las siguientes: ¿Qué queremos lograr con este indicador? ¿Qué aspecto específico del desempeño queremos medir?

### 2. Medible (Measurable):

Los KPI's deben ser cuantificables y medibles en términos numéricos, lo que significa que deben basarse en datos concretos y verificables. Por ejemplo, si el objetivo es mejorar la satisfacción del cliente, los KPIs podrían incluir el número de quejas recibidas, el tiempo de respuesta a las consultas de los clientes o la tasa de retención de clientes, ya que mediante este tipo de medidas tangibles es posible evaluar el progreso de manera objetiva y tomar decisiones basadas en evidencia.

### 3. Alcanzable (Attainable):

Establecer objetivos inalcanzables puede desmotivar al equipo y conducir a la frustración, por esta razón es crucial que los KPI's sean realistas y al mismo tiempo, deben representar desafíos que impulsen el rendimiento y el crecimiento. Para esto es necesario considerar los recursos disponibles, las capacidades del equipo y los factores externos que puedan influir en el logro del objetivo.

Un ejemplo de un indicador alcanzable puede consistir en el aumento de las ventas en un 10% en un período determinado, sin embargo, un aumento del 100% puede ser poco realista y poco práctico.

#### 4. Relevante (Relevant):

Los KPI's deben estar directamente vinculados a los objetivos y estrategias de la organización para que de esta forma puedan proporcionar información significativa y relevante que contribuya a la consecución de los objetivos empresariales. Por ejemplo, si la estrategia de la empresa se centra en la expansión internacional, los KPI's relacionados podrían incluir la penetración de mercado en nuevos países, el crecimiento de la base de clientes internacionales o el retorno de inversión en actividades de marketing internacional, de esta forma se garantiza que los esfuerzos se concentren en áreas que impulsen el éxito a largo plazo de la organización.

#### 5. Temporalmente definido (Time-bound):

Es necesario establecer un plazo o período de tiempo para alcanzar el objetivo del indicador de desempeño, para lo cual es necesario definir fechas límite y puntos de referencia para evaluar el progreso.

Al adentrarnos en los procesos comprendidos en la cadena de suministro, una de las actividades más importantes corresponde al transporte de mercancías, debido a las necesidades de abastecimiento que se presentan a lo largo de la misma, sin embargo, el transporte usualmente es un proceso que se caracteriza por emplear grandes cantidades de tiempo y por tener una estrecha relación con el costo final de los productos, ya que en este se involucran costos relacionados con el traslado de los bienes, las autorizaciones, documentos aduaneros; el mantenimiento de inventarios, el espacio de almacenamiento, los posibles daños o pérdidas durante el transporte; el costo de los seguros, los trámites requeridos en puertos, aeropuertos o fronteras y otros gastos administrativos.

En este orden de ideas, el levantamiento de información y la creación de indicadores relevantes para el seguimiento de objetivos en el transporte de mercancías se consolidan como una herramienta fundamental para las organizaciones, al brindar conocimiento oportuno y pertinente sobre los diferentes procesos comprendidos en esta materia, por lo que algunos autores han definido indicadores logísticos claves mediante un análisis exhaustivo en el ámbito del transporte terrestre, abordando el tema desde una perspectiva organizacional.

El trabajo desarrollado por Arango Serna et al (2016) implicó la identificación de los indicadores más relevantes, los cuales fueron categorizados según áreas específicas de decisión dentro de la actividad del transporte, examinando cada área desde la gestión de recursos humanos hasta la logística de distribución, para de esta forma determinar los indicadores que mejor reflejaran el rendimiento y la eficiencia operativa. Los resultados detallados de esta investigación se encuentran consignados en la tabla 1, funcionando como base para entender el desempeño del transporte terrestre desde una perspectiva amplia y detallada.

Nivel	Área decisional	Actividad clave	Indicador propuesto
Estratégico	1. Gerencia	Hacer seguimiento a los indicadores de desempeño.	1.1. Seguimiento a indicadores.
		Hacer seguimiento al tiempo de ciclo de la operación.	1.2. Tiempo promedio total para finalizar una orden (Tiempo promedio de respuesta).
		Evaluar el compromiso de los empleados.	1.3. Satisfacción de los empleados. 1.4. Rotación del personal.
		Evaluar el estado operativo de los recursos físicos de la empresa.	1.5. Edad promedio de los vehículos.
Táctico	2. Soporte administrativo	Capacitación RRHH.	2.1. Porcentaje de personal capacitado.
		Prestar servicio al cliente.	2.2. Porcentaje de clientes inconformes. 2.3. Quejas presentadas. 2.4. Porcentaje de clientes que contratan nuevamente el servicio.
Operativo	3. Operaciones –Logística–	Coordinar mantenimientos.	3.1. Cumplimiento a los mantenimientos programados.
		Asignación de rutas y vehículos.	3.2. Costo promedio de transporte por tonelada. 3.3. Uso de los vehículos. 3.4. Factor de carga promedio. 3.5. Velocidad promedio de los vehículos.
		Despachar	3.6. Tiempo de procesamiento logístico. 3.7. Tiempo consolidación y /o desconsolidación.
		Servicio al cliente.	3.8. Retrasos en la entrega.
Táctico	4. Tecnología de procesos	Procesamiento de la información.	4.1. Uso de TIC.
		Identificar posibles problemas y proponer soluciones.	4.2. Accidentalidad. 4.3. Causas de insatisfacción de los clientes. 4.4. Costos reales asumidos.

Tabla 1: Indicadores de Desempeño Para Empresas del sector logístico (Fuente: Arango Serna et al (2016))

Por su parte, a diferencia del manejo de bienes convencionales, el transporte de mercancías peligrosas está ligado a una serie de factores que representan un reto a nivel logístico y que generalmente suponen un aumento en el tiempo necesario para el alistamiento y la entrega de las mercancías, por esta razón, la Unión Europea ha establecido el Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera, conocido por sus siglas en inglés como “ADR”, en donde se describen tanto la clasificación de las mercancías, los embalajes necesarios para cada tipo, los requerimientos de documentación para su transporte y los controles previos a la salida. Allí también es posible conocer las disposiciones durante la operación de transporte, en donde se detallan el tipo de conducción, de circulación, la elección del vehículo, de conductor y de equipamiento necesario. Desde la implantación del ADR en 1957, este se ha visto sujeto a una serie de modificaciones realizadas con el objetivo de implementar acciones que permitan minimizar la probabilidad de ocurrencia de accidentes, así como también para disminuir el impacto que estos puedan representar.

Teniendo en cuenta que los controles realizados en cuanto al transporte de mercancías peligrosas cada día son más arduos, las empresas dedicadas al manejo de este tipo de productos deben reforzar sus procesos y manuales de seguridad, con el fin de salvaguardar la integridad de sus colaboradores y el bienestar de la compañía. En este orden de ideas, las empresas deben enfocarse en el levantamiento de información como una de las bases para la optimización de operaciones, derivando de allí la necesidad de establecer indicadores que permitan conocer el desempeño de la actividad logística en el transporte de mercancías peligrosas. Estos indicadores deben adecuarse a los diferentes niveles empresariales del área, de tal forma que permitan

realizar un seguimiento no sólo de la operatividad, sino que también permitan verificar la manera en que esta se alinea con los objetivos estratégicos de la compañía.

### 3. Desarrollo.

Con el fin de orientar los indicadores clave de desempeño hacia el transporte terrestre de mercancías peligrosas, es necesario identificar las actividades comprendidas en el proceso, así como los principales retos y problemáticas presentes durante su desarrollo, ya que constituyen la necesidad informativa más urgente para las empresas. En el 2022 LableMaster, the International Air Transport Association (IATA) y Hazardous Cargo Bulletin realizaron una encuesta a más de 400 profesionales que se desempeñan en el manejo de mercancías peligrosas, esto con el fin de comprender los principales retos y cambios que han presentado sus organizaciones durante años anteriores. Los datos obtenidos de este ejercicio se muestran en la tabla 2 y permiten notar que los mayores retos se encuentran presentes en actividades como la automatización y estandarización de procesos de la cadena de suministro.

ACTIVIDAD CONSIDERADA COMO RETO	RESULTADO
Automatización de procesos	69%
Estandarización de procesos a lo largo de la cadena de suministro	59%
Acceso a información completa y precisa	52%
Obtención de permisos especiales y cartas de interpretación	48%
Asegurarse que el entrenamiento del personal es efectivo y actualizado	45%
Rechazos de envíos por parte de transportistas/transitarios	44%
Obtener regulaciones o capacitación en su idioma	30%

Tabla 2: Resultados de la séptima encuesta anual sobre la perspectiva de confianza en el transporte de mercancías peligrosas. (Fuente: Elaboración propia con los resultados de la encuesta de International Air Transport Association (IATA), & LableMaster. (2022)).

Adicionalmente, gracias a los informes del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible de España, es posible conocer algunos de los factores de riesgo más representativos en materia de accidentalidad, así como también es posible notar el decrecimiento del número de accidentes en el transporte de mercancías peligrosas durante los últimos años, tal y como se presenta en la tabla 3, sin embargo, debido a las amplias implicaciones que pueden conllevar estos accidentes, las empresas deben enfocarse en la constante búsqueda de la excelencia operacional bajo un enfoque proactivo en vez de reactivo.



DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE	2019	2020	2021	2022	2023
Distracción	77	35	33	35	38
Fallo técnico	19	19	16	16	13
Alcohol/estupefacientes	4	1	5	6	6
Conducción antirreglamentaria	11	21	9	23	26
Otros/no indica	24	17	45	42	18
Total accidentes	135	93	108	122	101

Tabla 3: Indicadores de accidentalidad en el transporte terrestre de mercancías peligrosas en España (Fuente: elaboración propia a partir de las estadísticas de Gobierno de España (2024)).

Tras esta revisión de literatura, es posible evidencia que el levantamiento de indicadores para el transporte terrestre de mercancías peligrosas debe estar delimitado de acuerdo con el proceso logístico comprendido en el manual ADR, así como también debe alinearse con las necesidades del sector y con los indicadores de desempeño más importantes de la logística, es por esto que el con el fin de abordar la problemática de manera ordenada, se dividirá el proceso logístico en tres partes, iniciando por el levantamiento de una orden, la aprobación de la orden, la entrega y el cierre de la orden. Además, cada una de ellas se encuentra conformada por actividades específicas para su desarrollo, tal y como se muestra en la tabla 4.

Creación de la orden	Recepción de la solicitud.
	Validación de cliente y destino.
	Creación de la orden.
Aprobación de la orden	Verificación documental.
	Validación de capacidad del medio de transporte.
	Validación de disponibilidad del producto solicitado.
Entrega y cierre de la orden	Revisión y diligenciamiento del check list para el medio de transporte utilizado.
	Proceso de carga y entrega a cliente
	Consolidación documental de la orden.

Tabla 4: Actividad logística para el transporte terrestre de mercancías peligrosas(Fuente: elaboración propia a partir de UNITED NATIONS (2022)).

Las actividades que componen el levantamiento de la orden generalmente son ejecutadas por equipos comerciales, quienes relacionan los requerimientos de los clientes con la capacidad de la empresa con el fin de aprobar o rechazar los pedidos elaborados. A pesar de que esto no constituye una actividad netamente logística, su impacto en la operación es significativa al constituir el punto de partida de cada compra. Algunos de los indicadores más importantes en esta labor están dados por la necesidad de comprender quienes son los clientes de la empresa,

el lugar de entrega de los pedidos solicitados y el tiempo requerido desde la solicitud hasta la creación de la orden.

Por otro lado, la aprobación de la orden de suministro se divide en dos partes, iniciando con un proceso de verificación documental, de capacidad de los medios de transporte utilizados y de disponibilidad de producto. En esta actividad es indispensable que el equipo de profesionales conozca a cabalidad las disposiciones del manual ADR, con el fin de verificar los documentos de transportistas y medios para de esta forma actuar bajo la normativa y tener a disposición la información requerida por organismos de control que regulan la comercialización y transporte de mercancías peligrosas. En las tablas 5 y 6 se definen los documentos indispensables para los componentes del medio de transporte utilizado, así como del conductor que realizará la entrega. Adicionalmente en la tabla 7 se definen los documentos necesarios para la aprobación de una orden de carga.

Certificados y documentos necesarios por medio de transporte
ADR
ITV
Ficha técnica
Seguro

Tabla 5: Documentos requeridos para la verificación documental de un medio de transporte (Fuente: elaboración propia a partir de UNITED NATIONS (2022)).

Certificados y documentos necesarios por transportista
ADR
Consejero de seguridad
Carnet de conducción

Tabla 6: Documentos requeridos para la verificación documental de un conductor (Fuente: elaboración propia a partir de UNITED NATIONS (2022)).

Documentación adicional
Certificado de limpieza del medio de transporte

Tabla 7: Documentos necesarios para confirmar la carga de productos (Fuente: elaboración propia a partir de UNITED NATIONS (2022)).

Tras la verificación documental se procede con la aprobación de la orden de carga, en donde se define la cantidad real a entregar a cada cliente, esto según la capacidad del medio de transporte aprobado para realizar la entrega, el grado de llenado especificado por el manual ADR y las

especificaciones técnicas del producto que afectan las cantidades a cargar, así como la idoneidad del producto a cargar con respecto a los materiales cargados previamente en el medio de transporte.

Es posible notar que este proceso se compone de una minuciosa verificación documental que incorpora a transportistas y medios de transporte, por lo que su ejecución puede verse retrasada por los diferentes factores que la componen. En este orden de ideas, el tener información sobre el tiempo de ejecución de la actividad y de los tipos de documentación que presentan más inconvenientes, puede representar el punto de partida para trabajar en la búsqueda de un proceso ágil.

El proceso de entrega y cierre de la orden inicia desde la carga del medio de transporte utilizado, en donde como primer paso se debe diligenciar la lista de chequeo de los medios utilizados de acuerdo con la normativa vigente. En esta se verifica la calidad de cada una de las partes que lo componen, junto con la disposición de los elementos de seguridad necesarios, por lo que se podrá continuar con el proceso una vez se dé el visto bueno del personal a cargo de la inspección.

Posteriormente a la realización de la carga, se le entregará al conductor la carta de porte junto con un manual de seguridad específico para el producto transportado, esto con el fin de brindar las herramientas necesarias para ejecutar la ruta de seguridad en caso de un accidente con el producto.

Tras la confirmación de entrega al cliente se procede con la consolidación de los documentos de la orden, en donde se debe tener como mínimo un albarán de venta, la carta de porte, la lista de chequeo, el certificado de disponibilidad y el certificado de limpieza del medio utilizado.

Esta parte del proceso representa un gran reto, al tener por un lado el riesgo de la manipulación del producto y por el otro los tiempos de entrega previstos por los clientes. Es por esto que la estandarización de procesos y el cumplimiento de las medidas de seguridad juegan un papel importante en la ejecución, por esta razón el foco para el levantamiento de información estará ligado a estos aspectos.

En la tabla 8 se presentarán los indicadores más relevantes del proceso, divididos según la actividad de aplicación y establecidos de acuerdo con los retos y problemáticas del sector. Los indicadores abordarán el proceso logístico descrito anteriormente, iniciando por la creación de la orden y finalizando con la entrega al cliente.

Adicionalmente es necesario aclarar que en materia de seguridad, costos e implicaciones, existe una significativa diferencia entre incidentes y accidentes, sin embargo, de acuerdo con Crowl (2007) casi todos los incidentes contribuyen en un evento de accidentalidad, lo que resalta su relación en la práctica, por este motivo se tratarán conjuntamente para el objetivo final de este documento.

Apartado del proceso logístico	Actividad que lo compone
Creación de la orden	$TC$ = Tiempo promedio para la creación de una orden.
	$PD_j$ = Participación de cada destino sobre el total de órdenes.
	$PC_z$ = Participación de cada cliente sobre el total de órdenes.
Aprobación de la orden	$TA$ = Tiempo promedio para la aprobación de una orden.
	$PI_f$ = Participación de cada error documental sobre el total de órdenes no validadas.
	$TR$ = Tiempo promedio de retraso generado por errores documentales.
	$PE_f$ = Participación de cada error documental sobre el total de órdenes rechazadas.
Entrega y cierre de la orden	$TE$ = Tiempo promedio para realizar una entrega
	$PA_g$ = Participación de incidentes/accidentes sobre el total de las órdenes.
	$TI$ = Tiempo promedio de retraso por incidente/accidente.
	$PR$ = Participación de las órdenes rechazadas sobre el total de las órdenes.
	$PM_k$ = Participación del motivo de rechazo de las órdenes sobre el total de ordenes rechazadas.

Tabla 8: Indicadores propuestos para la medición del proceso logístico en el transporte terrestre de mercancías peligrosas (Fuente: elaboración propia).

A continuación, se describen las variables y la fórmula de cálculo cada uno de los indicadores propuestos en la tabla anterior.

Variables:

$i$ : identificador de la orden {Ej. 1, 2, 3... n}

$j$ : Identificador de destinos {Ej. 1, 2, 3... n}.

$z$ : Identificador de clientes {Ej. 1, 2, 3... n}

$f$ : Identificador del documento adjuntado para verificación {Ej. 1, 2, 3... n}.

$g$ : Identificador del incidente/accidente {Ej. 1, 2, 3... n}.

$r$ : Motivo de retraso de una orden.

$k$ : Motivo de rechazo de una orden.

- Con este indicador se busca cuantificar el tiempo promedio necesario para la creación de una orden ( $TC$ ), para lo cual se utiliza la sumatoria del tiempo utilizado desde la solicitud hasta la creación de la orden  $i$  ( $Ti$ ) y se divide en la sumatoria del número de órdenes creadas ( $Ni$ ) durante el periodo de estudio.

$$TC = \frac{\sum_{i=0}^n Ti}{\sum_{i=0}^n Ni}$$

- El cálculo de  $PD$  representa la participación del destino  $j$  en el total de órdenes entregadas. Las variables utilizadas en la fórmula corresponden a la cantidad de entregas realizadas al destino  $j$  ( $Dj$ ) dividido en la sumatoria del número de órdenes creadas ( $Ni$ )

$$PD_j = \frac{Dj}{\sum_{i=0}^n Ni}$$

- El cálculo de  $PCz$  representa la participación del cliente  $z$  en el total de órdenes entregadas. Las variables utilizadas en la fórmula corresponden a la cantidad de entregas realizadas al cliente  $z$  ( $Cz$ ) dividido en la sumatoria del número de órdenes creadas ( $Ni$ )

$$PC_z = \frac{Cz}{\sum_{i=0}^n Ni}$$

- Este indicador busca calcular el promedio del tiempo utilizado desde la creación de la orden  $i$  hasta su aprobación ( $TA$ ), siendo  $TAi$  el tiempo utilizado para la aprobación de la orden  $i$  y  $Ai$  una variable binaria que refleja si la orden  $i$  fue aprobada.

$$TA = \frac{\sum_{i=0}^n TAi}{\sum_{i=0}^n Ai}$$

- $PIf$  corresponde a la participación del error documental  $f$  con respecto al total de órdenes que no fueron validadas. Las variables utilizadas en la fórmula son la cantidad de ordenes en que el documento  $f$  no fue validado ( $Df$ ), sobre la sumatoria de las órdenes no validadas por error documental ( $Ii$ ).

$$PI_f = \frac{Df}{\sum_{i=0}^n Ii}$$

- Este indicador calcula el promedio del tiempo de retraso generado por la subsanación documental ( $TR$ ), utilizando como variables el tiempo desde la solicitud de subsanación de documentos hasta su llegada ( $Oi$ ) y la sumatoria de las órdenes no validadas por error documental ( $Ii$ ).

$$TR = \frac{\sum_{i=0}^n Oi}{\sum_{i=0}^n Ii}$$

- $PE_f$  corresponde a la participación del error documental  $f$  con respecto al total de órdenes rechazadas. Las variables utilizadas en la fórmula son la cantidad de órdenes en que el documento  $f$  no fue validado ( $Df$ ), sobre la sumatoria de las órdenes rechazadas por error documental ( $Ri$ ).

$$PE_f = \frac{Df}{\sum_{i=0}^n Ri}$$

- El indicador  $TE$  calcula el tiempo promedio necesario para la creación de una orden a partir del tiempo utilizado desde la llegada del transportista de la orden  $i$  hasta la confirmación de la entrega al cliente ( $TTi$ ) y la sumatoria del número de órdenes entregadas ( $Ei$ ) durante el periodo de estudio.

$$TE = \frac{\sum_{i=0}^n TTi}{\sum_{i=0}^n Ei}$$

- $PA_g$  corresponde a la participación de incidentes/accidentes sobre el total de las órdenes. Las variables utilizadas en la fórmula son la cantidad de órdenes retrasadas por el incidente/accidente  $g$  ( $Ig$ ), sobre la sumatoria de las órdenes entregadas ( $Ei$ ) y las órdenes rechazadas ( $REi$ ) por los clientes.

$$PA_g = \frac{Ig}{\sum_{i=0}^n (Ui + REi)}$$

- Con este indicador se busca cuantificar el tiempo promedio de retraso generado por los incidentes/accidentes ( $TI$ ), para lo cual se utiliza la sumatoria del tiempo desde el informe de incidente/accidente hasta la reanudación del transporte ( $TIi$ ) y se divide en la sumatoria del número de órdenes retrasadas por incidente/accidente ( $NRi$ ) durante el periodo de estudio.

$$TI = \frac{\sum_{i=0}^n TIi}{\sum_{i=0}^n NRi}$$

- El cálculo de  $PR$  representa la participación de las órdenes rechazadas sobre el total de las órdenes. Las variables utilizadas en la fórmula corresponden a la sumatoria de órdenes rechazadas ( $REi$ ) dividido en la sumatoria del número de órdenes entregadas ( $Ei$ ) y el número de órdenes rechazadas por los clientes ( $REi$ ).

$$PR = \frac{\sum_{i=0}^n REi}{\sum_{i=0}^n Ei + REi}$$

- Este indicador calcula la participación del motivo de rechazo  $k$  de las órdenes sobre el total de ordenes rechazadas ( $PM$ ), utilizando como variables la cantidad de órdenes rechazadas por el motivo  $k$  ( $MRk$ ) y la sumatoria de las órdenes rechazadas ( $REi$ ).

$$PM_k = \frac{MRk}{\sum_{i=0}^n REi}$$

Estos indicadores fueron creados para medir a detalle las diferentes actividades comprendidas en el proceso logístico, sin embargo, la agregación de algunos de ellos permite conocer a nivel general el estado del proceso. Un claro ejemplo es el de los tiempos de ejecución, en donde la sumatoria de los tiempos comprendidos en cada fase, como lo son el TC, TA y TE, permiten definir el tiempo promedio de finalización de una orden y con base en esto realizar comparativas de cumplimiento en base al tiempo estimado de entrega. Lo mismo sucede con los tiempos de retraso por error documental y por incidente o accidente, en donde su adición permite conocer el retraso promedio de las órdenes, por lo que su minimización resulta indispensable para mejorar el nivel de servicio.

#### 4. Conclusiones

La creación de indicadores de desempeño en el transporte terrestre de mercancías peligrosas debe verse desde una perspectiva que involucre los retos y problemáticas del sector, los requerimientos de las empresas y la necesidad de los clientes, de esta forma es posible establecer las bases de una operación estrechamente relacionada con el medio, que apoyará a las empresas en la búsqueda de la excelencia operacional mientras se impulsa el desempeño del sector y se propicia una relación de respeto con los diferentes actores involucrados en la actividad.

A partir de los indicadores planteados es posible obtener una visión detallada sobre el proceso y las afectaciones recurrentes que retrasan el tiempo de respuesta del servicio, de esta forma se podrían establecer lineamientos relacionados con la estandarización documental de conductores, medios y transportistas, así como la toma de decisiones en materia de reducción de incidentes o accidentes específicos durante la operación. La respuesta de los profesionales para mejorar los resultados arrojados por estos indicadores se consolidará como una optimización de la operativa, permitiendo una reducción en el tiempo promedio total para finalizar una orden junto a la reducción de inconformidades y quejas en los tiempos de entrega, mientras se garantiza la satisfacción de los empleados mediante normas de seguridad que salvaguarden su integridad. Adicionalmente, esta respuesta impactará directamente a los retos presentes en el sector y los indicadores de accidentalidad presentes en el país, lo que realza la responsabilidad empresarial para con el entorno.

**Referencias:**

Arango Serna, M. D., Ruiz Moreno, S., Ortiz Vásquez, L. F., & Zapata Cortes, J. A. (2016, August 24). Indicadores de Desempeño Para Empresas del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre.

Crowl, D. A. (Ed.). (2007). *Human factors methods for improving performance in the process industries*. John Wiley & Sons.

Doran, G.T. (1981) There's a SMART Way to Write Management's Goals and Objectives. *Journal of Management Review*, 70, 35-36.

Gobierno de España. (2024, March). *Estadísticas accidentalidad en el transporte de mercancías peligrosas por carretera | ministerio de transportes y Movilidad Sostenible*. Ministerio de Transporte y Movilidad Sostenible. <https://www.transportes.gob.es/areas-de-actividad/transporte-terrestre/mercancias-peligrosas-y-perecederas/estadisticas> (acceso 9 de mayo de 2024)

International Air Transport Association (IATA), & LableMaster. (2022, September 28). *Dangerous goods transport survey highlights challenges*. Business Wire. <https://www.businesswire.com/news/home/20220928005643/en/Dangerous-Goods-Transport-Survey-Highlights-Challenges> (acceso 3 de mayo de 2024)

Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons.

UNITED NATIONS. (2022). *ADR 2023 - agreement concerning the international carriage of Dangerous Goods by road*. UNECE. <https://unece.org/transport/standards/transport/dangerous-goods/adr-2023-agreement-concerning-international-carriage> (acceso 9 de mayo de 2024)

García Sabater, J. J., María García, J. A., & Maheut, J. P. D. (2020, November 9). Indicadores KPI (key performance indicators). Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales - Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrial. <https://riunet.upv.es/handle/10251/30752> (acceso 9 de mayo de 2024)