VISUAL REVIEW | Vol. 18, No. 1, 2026 | ISSN 2695-9631
International Visual Culture Review / Revista Internacional de Cultura Visual
https://doi.org/10.62161/revvisual.v18.6522

Cartografía digital, analítica visual e interfaces colaborativas: datos geoespaciales y riesgo operacional

GRACIELA CELEDONIA SOSA BUENO[1], ALEJANDRO CRISÓSTOMO VELÍZ AGUAYO[2], JUAN ANDRÉS SOLÓRZANO SOSA[3], DARIANNY LINDAO LAVAYEN[4], DEIBY GONZABAY MENDEZ[4]

[1] Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Ecuador.

[2] Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Ecuador.

[3] Investigador externo, Banco Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

[4] Estudiante de la Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Ecuador.

[4] Estudiante de la Universidad Estatal de la Península de Santa Elena. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Ecuador.

PALABRAS CLAVE

Cartografía digital
Analítica visual
Interfaz colaborativa
Visualización geoespacial
Riesgo operacional
Logística inteligente

RESUMEN

Introducción: *La gestión logística exige integrar información geoespacial, indicadores y señales de riesgo para apoyar la toma de decisiones.* ***Objetivos:*** *Diseñar y valorar preliminarmente una arquitectura visual colaborativa para gestionar rutas y riesgo operacional en Santa Elena, Ecuador.* ***Metodología:*** *Se aplicó un diseño secuencial multimétodo que integró revisión 2020–2025, encuesta a 50 participantes, prototipado, valoración de 10 especialistas y un escenario comparativo ilustrativo.* ***Resultados:*** *El 83,7 % percibió congestión media, alta o muy alta; el 80 % valoró el monitoreo y el 90 % la prevención de riesgos. En el escenario comparativo, el tiempo fue de 95 y 72 min, el combustible de 18 y 13 L y el CO_2 estimado de 48,24 y 34,84 kg.* ***Discusión:*** *Los hallazgos respaldan la pertinencia conceptual de integrar cartografía, indicadores y alertas, sin demostrar eficacia operacional de la interfaz.* ***Conclusiones:*** *La arquitectura constituye una propuesta preliminar que requiere evaluación posterior de usabilidad y escenarios adicionales.*

1. Introducción

La digitalización de la logística ha convertido el transporte de mercancías en un proceso acompañado por flujos continuos de datos procedentes de sensores y otras tecnologías digitales (Rejeb et al., 2022). Variables como posición vehicular, congestión, consumo de combustible, incidentes, restricciones y emisiones pueden actualizarse desde fuentes diversas (Winkelhaus & Grosse, 2020). El reto ya no consiste solo en disponer de información, sino en organizarla visualmente para reconocer prioridades, comparar alternativas y mantener el contexto geográfico durante la toma de decisiones (Nadj et al., 2020). En este marco, la interfaz media entre los datos y su interpretación operacional, pudiendo influir en la percepción del riesgo y la carga cognitiva (Cheong et al., 2020; C.-F. Wu et al., 2022; R. Wu et al., 2023).

La Logística 4.0 se caracteriza por redes interconectadas apoyadas en Internet de las Cosas, plataformas digitales, analítica e inteligencia artificial (Ben-Daya et al., 2019; Lagorio et al., 2022). Aunque estas tecnologías amplían la capacidad de calcular rutas y coordinar operaciones, también incrementan la densidad informativa de las interfaces (Abideen et al., 2023; Tsolaki et al., 2023). Por ello, el diseño visual debe jerarquizar la información y representar relaciones espaciales, incertidumbre y riesgo de manera comprensible (Eberhard, 2023; Kinkeldey et al., 2017; Padilla et al., 2018).

Una representación eficaz debe relacionar tipo de dato, tarea y canal visual (Ware, 2021) . Posición, color, tamaño, forma e iconos permiten comunicar relaciones espaciales, intensidad, magnitud y tipos de eventos (Roth et al., 2023). Sin embargo, mapas y dashboards no son neutrales: seleccionan qué información se hace visible y qué se prioriza (Juergens, 2020; Kühne & Edler, 2025; Milutinović et al., 2021). Desde la cultura visual, estas interfaces pueden entenderse como artefactos que median entre sistemas técnicos, prácticas organizacionales y decisiones humanas (Herrmann & Pfeiffer, 2023; Manovich, 2020; Söderlund & Hansson, 2021).

En la gestión logística, los algoritmos de ruteo permiten comparar distancias, tiempos, capacidades y restricciones operativas (Liu et al., 2023); sin embargo, una solución matemáticamente eficiente debe traducirse en información comprensible y accionable para quienes toman decisiones (Coussement & Benoit, 2021; Simkute et al., 2021). Además, estos modelos pueden contener restricciones operativas implícitas o no representadas explícitamente, cuya identificación resulta relevante para interpretar adecuadamente las soluciones propuestas (Konovalenko et al., 2025). La analítica visual puede integrar cálculos, geografía y señales gráficas para contextualizar las recomendaciones (Bill et al., 2022; Maack et al., 2023). En Santa Elena, Ecuador, esta necesidad implica representar conjuntamente movilidad, seguridad, información geoespacial y condiciones dinámicas del transporte (Molina-Campoverde et al., 2024; Sohrabi et al., 2022). Por ello, el objeto central del estudio no es demostrar la superioridad de un algoritmo, sino diseñar una arquitectura visual colaborativa que haga legibles las recomendaciones, los indicadores y el riesgo.

Aunque existen avances en optimización de rutas, transporte inteligente, analítica visual, dashboards y representación cartográfica del riesgo, estos ámbitos suelen estudiarse de manera parcial (Kleinová & Straka, 2024). Sigue siendo insuficiente la integración de indicadores operativos y señales de riesgo dentro de una arquitectura geoespacial común que facilite la interpretación, coordinación y toma de decisiones (Coussement & Benoit, 2021; Yuan et al., 2021). Este estudio aborda dicha brecha mediante el diseño y la valoración preliminar de una arquitectura visual colaborativa que articula cartografía, indicadores y codificación del riesgo.

La pregunta principal fue: ¿Cómo puede una interfaz cartográfica colaborativa representar datos geoespaciales, indicadores operativos y señales de riesgo de modo que distintos actores construyan una imagen operacional compartida? De ella se derivaron tres preguntas: a) ¿Qué problemas y necesidades visuales perciben los participantes vinculados a actividades de transporte, distribución y operaciones logísticas? b) ¿Qué arquitectura de la información y qué códigos gráficos son adecuados para priorizar rutas, indicadores y alertas? c) ¿Qué nivel de pertinencia y aceptación presenta la propuesta y qué cambios operativos se observan en un escenario comparativo ilustrativo?

El objetivo general fue diseñar una arquitectura visual colaborativa que integre representación cartográfica, analítica visual e información de riesgo para apoyar la gestión logística. Los objetivos específicos fueron: i) caracterizar el contexto científico y las necesidades de los usuarios; ii) definir la jerarquía informativa, la codificación del riesgo y los componentes de la interfaz; iii) analizar la valoración experta sobre pertinencia y aceptación; y iv) comparar indicadores del escenario de referencia y la alternativa propuesta. La contribución radica en un modelo de traducción visual que conecta datos geoespaciales y decisiones operativas sin equiparar aceptación conceptual con usabilidad.

2. Marco teórico

2.1. La interfaz logística como artefacto visual

Una interfaz de monitoreo selecciona, organiza y jerarquiza datos para facilitar la interpretación de situaciones complejas, especialmente cuando las decisiones dependen del tiempo (Franconeri et al., 2021; Patel et al., 2024). Su efectividad depende de la correspondencia entre información y codificación visual: la alineación espacial facilita comparaciones, mientras que color y forma permiten distinguir categorías, aunque su eficacia disminuye ante una complejidad excesiva (Giovannangeli et al., 2022; Matlen et al., 2020). Por ello, el diseño debe responder a tareas concretas, como comparar rutas, identificar desviaciones y priorizar riesgos.

En logística, la analítica visual integra datos de diversas fuentes para apoyar decisiones y puede influir en el desempeño y la conciencia situacional del usuario (Khakpour et al., 2021; Nadj et al., 2020). En este estudio, la imagen operacional compartida se define como la representación común de rutas, estados y riesgos utilizada para apoyar la coordinación entre los actores de la operación.

2.2. Representación cartográfica geoespacial

La visualización geoespacial integra información geográfica, atributos, tiempo e incertidumbre, por lo que debe equilibrar densidad informativa y legibilidad (Schöttler et al., 2021). En transporte, el diseño cartográfico y la información dinámica pueden afectar la eficiencia de búsqueda y la carga cognitiva (C.-F. Wu et al., 2022). Por ello, la propuesta emplea filtros, niveles de zoom y revelado progresivo, y representa el riesgo mediante una codificación redundante de color, icono, texto y posición, evitando depender exclusivamente del color y diferenciando la ruta calculada, recomendada y confirmada (Franconeri et al., 2021; Giovannangeli et al., 2022).

2.3. Analítica visual, dashboards y conciencia situacional

La analítica visual combina procesamiento computacional, visualización e interacción, y su utilidad depende de la tarea y del nivel de interacción permitido (Perkhofer et al., 2020; Yuan et al., 2021). En dashboards operativos, una automatización excesiva puede reducir la conciencia situacional (Nadj et al., 2020). Por ello, el prototipo prioriza una vista general con mapa, indicadores y alertas. El estudio no afirma una reducción comprobada de la carga cognitiva, ya que esta variable no fue medida.

2.4. Diseño centrado en las personas y evaluación

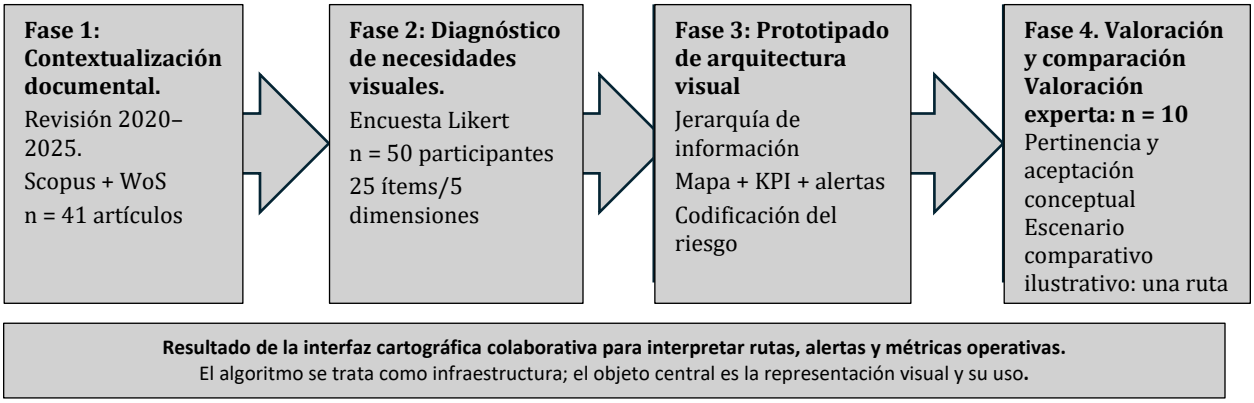
El diseño centrado en las personas exige considerar usuarios, tareas y contexto de uso, además de evaluar iterativamente las soluciones (International Organization for Standardization, 2019). La usabilidad comprende efectividad, eficiencia y satisfacción, y no debe confundirse con aceptación o utilidad percibida (Bevan et al., 2016; Perkhofer et al., 2020). En este estudio, la valoración de especialistas examinó únicamente la pertinencia y aceptación conceptual. Una evaluación de usabilidad requerirá un prototipo funcional, tareas observables y métricas de efectividad, tiempo, errores y satisfacción.

3. Materiales y métodos

3.1. Diseño de investigación

Se desarrolló un diseño aplicado, secuencial y multimétodo, orientado a la formulación y valoración preliminar de una arquitectura visual de interfaz (Kajamaa et al., 2020). La secuencia metodológica integró una contextualización documental, un diagnóstico cuantitativo descriptivo mediante encuesta, el prototipado de la arquitectura visual, una valoración experta de pertinencia y aceptación conceptual y un escenario comparativo ilustrativo (Van der Merwe et al., 2020). Cada procedimiento generó un tipo de evidencia diferente, cuya integración se realizó de forma secuencial y complementaria para orientar el diseño y la valoración de la propuesta, sin establecer relaciones causales ni equiparar la evidencia descriptiva, experta y comparativa (Guetterman et al., 2020; Skamagki et al., 2024). El estudio se estructuró en cuatro fases.

Figura 1. Diseño aplicado secuencial multimétodo orientado a la arquitectura visual de la interfaz.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Las cuatro fases generaron evidencia complementaria: contextualización documental (Donthu et al., 2021), diagnóstico de necesidades (Taherdoost, 2022), prototipado de la arquitectura (Van der Merwe et al., 2020), valoración experta de pertinencia, aceptación conceptual y un escenario comparativo ilustrativo (Maldonado-Suárez & Santoyo-Telles, 2024). La evidencia se interpretó de forma secuencial y descriptiva, sin establecer causalidad ni equiparar la valoración conceptual con eficacia operacional (Guetterman et al., 2020).

3.2. Fase 1: Contextualización documental 2020–2025

La contextualización documental se realizó en Scopus y Web of Science Core Collection (WoS) para identificar literatura sobre optimización de rutas, transporte inteligente, seguridad operacional, prevención de riesgos y plataformas digitales o colaborativas. La búsqueda se efectuó el 7 de junio de 2026 siguiendo la lógica de PRISMA 2020 (Page et al., 2021), y los registros se procesaron en RStudio mediante Bibliometrix/Biblioshiny (Aria & Cuccurullo, 2017). Esta fase tuvo un propósito contextual y no de metaanálisis.

En Web of Science Core Collection, la búsqueda se realizó mediante la función Smart Search, utilizando la consulta en lenguaje natural: *"Diseño de plataforma colaborativa para la optimización de rutas logísticas que integra la seguridad operativa y la prevención de riesgos en el transporte"*. El historial de búsqueda registró 62 resultados para esta consulta. La plataforma procesó semánticamente la consulta mediante el campo Topic (TS), generando la siguiente combinación de conceptos: TS=("collaborative platform") AND TS=("optimizing logistics routes") AND TS=("operational safety") AND TS=("risk prevention") AND TS=("transportation"). Al tratarse de una búsqueda mediante Smart Search, la reproducción exacta depende del procesamiento semántico de la plataforma; por ello, se conservan la consulta en lenguaje

natural y la combinación TS registrada como elementos de trazabilidad, y se reconoce esta condición como una limitación de reproducibilidad.

En Scopus, la recuperación se realizó en los campos de título, resumen y palabras clave. La trazabilidad de la sesión permitió recuperar los términos empleados durante la búsqueda: *route optimization*, *logistics route*, *operational safety*, *risk prevention*, *transport safety*, *collaborative platform*, *digital platform* e *intelligent transportation systems*. La exportación original utilizada en el estudio constó de 45 registros bibliográficos. Para garantizar la reproducibilidad de la estrategia, los términos recuperados se organizaron posteriormente en la siguiente formulación booleana equivalente: TITLE-ABS-KEY (("route optimization" OR "logistics route") AND ("operational safety" OR "risk prevention" OR "transport safety") AND ("collaborative platform" OR "digital platform" OR "intelligent transportation systems")).

La cadena de Scopus fue reconstruida a partir de la trazabilidad disponible y del conjunto exportado, ya que la consulta original completa no quedó almacenada; por ello, no se presenta como una transcripción literal.

Los registros de ambas bases se importaron en RStudio 4.6.0 mediante convert2df() y se integraron con mergeDbSources() de Bibliometrix. Se identificaron y eliminaron 4 duplicados antes del cribado documental.

Se incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2025 con pertinencia en logística, transporte, optimización de rutas, seguridad o riesgo operacional, con información bibliográfica suficiente y identificación mediante DOI. Se excluyeron duplicados, documentos sin DOI, tipos documentales distintos de artículos, publicaciones fuera del alcance temático, editoriales, notas, registros residuales y documentos fuera de la ventana temporal. El uso del DOI como criterio operativo favoreció la trazabilidad, aunque pudo excluir literatura pertinente y se reconoce como una limitación de la contextualización documental.

Se recuperaron 107 registros: 45 de Scopus y 62 de WoS. Tras eliminar 4 duplicados, 20 documentos sin DOI, 6 registros que no correspondían a artículos, 30 documentos sin pertinencia temática o residuales y 6 publicaciones de 2026, la muestra final quedó constituida por 41 artículos publicados entre 2020 y 2025.

3.3. Fase 2: Diagnóstico de necesidades

El diagnóstico se realizó mediante una encuesta estructurada a 50 participantes vinculados al transporte, distribución y operaciones logísticas, seleccionados mediante muestreo no probabilístico por conveniencia (Andrade, 2021). Se incluyeron personas relacionadas con estas actividades que aceptaron participar voluntariamente. Debido al carácter exploratorio y local de la muestra, los resultados se interpretaron descriptivamente y no como estimaciones representativas de una población mayor.

El instrumento incluyó 25 ítems distribuidos en cinco dimensiones: eficiencia logística, seguridad operativa, monitoreo y tecnología, prevención de riesgos y plataforma colaborativa inteligente. Los ítems se derivaron de las variables del estudio y de la contextualización documental. Se utilizó una escala Likert de cinco niveles: 1 = muy bajo, 2 = bajo, 3 = medio, 4 = alto y 5 = muy alto (Cooksey, 2020; Jebb et al., 2021). Los 25 ítems se presentan en el Anexo A.

El formulario también recopiló información contextual sobre lugar de trabajo y tipo de operación, pero no incluyó variables estandarizadas sobre categoría profesional o años de experiencia. Las respuestas se analizaron mediante frecuencias y porcentajes; los datos ausentes se trataron por casos válidos, sin imputación, y no se realizaron inferencias poblacionales.

No se dispone de evidencia documental de validación formal de contenido, validación psicométrica previa ni consistencia interna calculada durante la aplicación. Por ello, no se incorporaron retrospectivamente coeficientes no documentados y los resultados se interpretan exclusivamente con fines descriptivos y exploratorios.

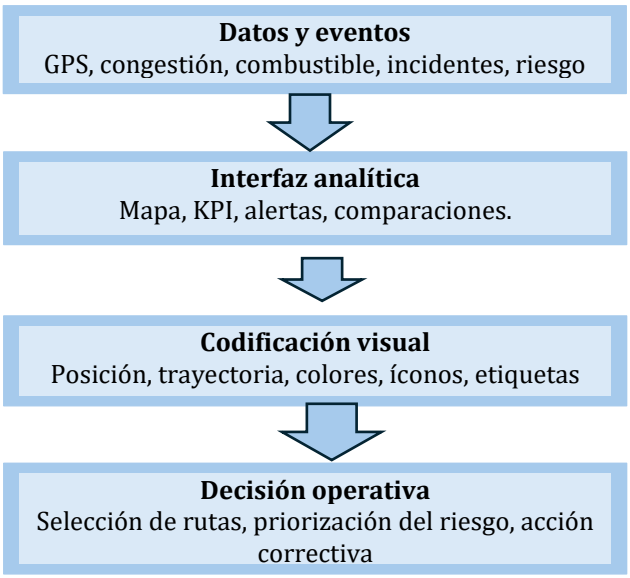
3.4. Fase 3: Prototipado de arquitectura visual

El prototipo se desarrolló como una representación conceptual y no como evidencia de un sistema desplegado (vom Brocke et al., 2020). La arquitectura integra tres capas: i) capa cartográfica, con mapa, rutas, origen, destino, zonas de riesgo y eventos (Schöttler et al., 2021). ii) capa analítica, con indicadores

de tiempo, combustible, emisiones y riesgo (Khakpour et al., 2021); y iii) capa de coordinación, con alertas, explicación de recomendaciones, filtros y registro de decisiones (Nadj et al., 2020; Simkute et al., 2021).

El diseño priorizó jerarquía visual, correspondencia entre datos y canales gráficos y reducción de elementos innecesarios (Franconeri et al., 2021). El flujo fue: datos y eventos → codificación visual → interfaz analítica → decisión operativa. El backend se consideró infraestructura; el análisis se centró en la representación visual.

Figura 2. Flujo de traducción de datos operativos hacia una decisión asistida visualmente.



Fuente: Elaboración propia de los autores.

3.5. Fase 4: Valoración experta de pertinencia y aceptación conceptual y escenario comparativo ilustrativo.

La cuarta fase comprendió dos procedimientos complementarios: una valoración experta de la pertinencia y de la aceptación conceptual, y un escenario comparativo ilustrativo (Maldonado-Suárez & Santoyo-Telles, 2024). Ambos procedimientos examinaron aspectos distintos de la propuesta y sus resultados no se interpretaron como evidencia equivalente**.**

En la valoración participaron 10 expertos seleccionados de manera intencional en función de su experiencia profesional y de su conocimiento en las áreas de logística, transporte, seguridad operacional y tecnologías aplicadas. No se contó con un registro homogéneo de los años de experiencia ni con un umbral cuantitativo mínimo común para todos los expertos; por ello, la selección se reporta como intencional y esta condición se reconoce como una limitación de esta fase. La valoración se realizó en una única ronda y consideró cuatro criterios: la necesidad de implementar una plataforma colaborativa, la contribución esperada a la gestión del riesgo, la importancia de integrar inteligencia artificial y la aceptación de las plataformas inteligentes.

Cada criterio se valoró mediante una escala ordinal de 5 niveles: 1 = muy bajo, 2 = bajo, 3 = medio, 4 = alto y 5 = muy alto.

Para el análisis descriptivo se consideraron favorables las categorías alto y muy alto y se calcularon frecuencias y porcentajes. Esta fase se interpretó exclusivamente como valoración de pertinencia y aceptación conceptual, no como validación formal, prueba de usabilidad ni evaluación de eficacia operacional, ya que no hubo interacción con un prototipo funcional ni medición de tiempos, errores, efectividad o satisfacción.

Se desarrolló un escenario comparativo ilustrativo entre UPSE, La Libertad y San José, Santa Elena (Asghari & Mirzapour Al-e-hashem, 2021; Ghoul et al., 2023). Se comparó una ruta de referencia con

una ruta propuesta, manteniendo el mismo origen y destino; su geometría y duración se obtuvieron mediante OSRM (Luxen & Vetter, 2011) . La comparación fue descriptiva y no buscó demostrar la superioridad de un algoritmo.

El consumo medido fue de 18 L en el escenario de referencia y 13 L en el propuesto; estos valores se utilizaron para estimar las emisiones de CO_2 y no proceden de OSRM. El escenario fue ilustrativo y no experimental. La documentación disponible no permite reconstruir homogéneamente vehículo, carga, distancia, condiciones de circulación ni repeticiones; por ello, los valores se interpretan únicamente dentro del escenario analizado y no como evidencia generalizable.

El riesgo operacional se evaluó mediante una matriz de probabilidad (P) y consecuencia (C), ambas de 1 a 5, calculando NR = P × C. Las puntuaciones fueron asignadas por el equipo investigador según las condiciones y controles del escenario y no provienen de registros históricos de siniestralidad. Los niveles se clasificaron como bajos (1–4), medios (5–9), altos (10–16) y críticos (17–25).

El escenario propuesto incorporó controles de conducción segura, planificación de rutas y horarios, consulta climática, selección de rutas seguras, inspección vial, mantenimiento vehicular y reducción del ralentí. Por ello, el cambio de riesgo refleja conjuntamente la ruta, los supuestos y los controles incorporados, y no puede atribuirse exclusivamente a la interfaz ni interpretarse como reducción empírica del riesgo.

Bajo los supuestos definidos, el escenario de referencia presentó NR = 12–16 (alto) y el propuesto NR = 6–8 (medio). Este cambio es ordinal y no representa una reducción real observada en condiciones operativas.

Los indicadores comparados fueron tiempo de recorrido, consumo de combustible, emisiones estimadas de CO_2 y riesgo operacional. La diferencia relativa se calculó como:

$$\text{Diferencia relativa (\%)} = [(\text{valor de referencia} - \text{valor propuesto}) / \text{valor de referencia}] \times 100.$$

Las emisiones estimadas de CO_2 se calcularon mediante la expresión $CO_2 = CC \times FE$, donde CC corresponde al consumo total de combustible del escenario, expresado en litros (L), y FE al factor de emisión del diésel, expresado en kg CO_2/L. Para la comparación, se adoptó el factor oficial de 2,681 kg CO_2/L reportado por Environment and Climate Change Canada (2025); para los cálculos, se utilizó el valor redondeado a 2,68 kg CO_2/L. Este factor se empleó exclusivamente como coeficiente constante en la estimación comparativa entre ambos escenarios y no se interpreta como un factor de emisión nacional específico de Ecuador. El escenario comparativo se limitó a una única comparación y se utilizó con fines descriptivos. En consecuencia, las diferencias obtenidas no se interpretan como evidencia causal de la eficacia de la interfaz ni como resultados generalizables al conjunto de operaciones de transporte del territorio estudiado.

3.6. Análisis y consideraciones éticas

Los datos se analizaron mediante frecuencias, porcentajes y comparaciones descriptivas (Cooksey, 2020). No se realizaron inferencias poblacionales debido al muestreo no probabilístico; tampoco se establecieron inferencias causales a partir del escenario comparativo ilustrativo, lo que delimita el alcance de los resultados (Andrade, 2021). La participación en la investigación fue voluntaria. Los formularios originales incluyeron información de contacto de los participantes; sin embargo, estos datos no fueron incorporados al análisis ni a la presentación de los resultados, que se procesaron y se reportaron de forma agregada. La información obtenida se utilizó exclusivamente con fines académicos y científicos, preservando la confidencialidad de los datos recabados.

Con posterioridad a la recolección de datos, el Comité de Ética Institucional de la Universidad Estatal Península de Santa Elena emitió un pronunciamiento favorable sobre las consideraciones éticas de la investigación. El Comité determinó que el diseño metodológico guarda conformidad con los principios éticos institucionales y con los estándares internacionales aplicables a la investigación con seres humanos, y reconoció la voluntariedad de la participación y la confidencialidad de la información recabada. El pronunciamiento favorable consta en la Resolución n.º 015-CE-UPSE-2026, de fecha 24 de agosto de 2026.

4. Resultados

Los resultados se presentan de acuerdo con la secuencia metodológica del estudio: contexto documental, diagnóstico de necesidades, arquitectura visual propuesta, valoración experta y escenario comparativo ilustrativo. Esta organización permite responder de manera diferenciada a las preguntas de investigación sin equiparar la evidencia de percepción, diseño, valoración experta y comparación descriptiva.

4.1. Contexto científico 2020–2025

La muestra documental estuvo conformada por 41 artículos publicados entre 2020 y 2025. La mayor concentración se registró en 2025, con 26 publicaciones (63,4 %). La revisión permitió contextualizar la convergencia entre sistemas inteligentes, transporte, visualización geoespacial y apoyo a la toma de decisiones. Estos resultados se interpretan de forma descriptiva y no como evidencia de la eficacia de la plataforma propuesta.

Tabla 1. Distribución anual de la muestra documental (2020–2025).

Año	Documentos	Porcentaje (%)
2020	1	2,4
2021	3	7,3
2022	4	9,8
2023	5	12,2
2024	2	4,9
2025	26	63,4
Total	41	100,0

Fuente: Elaboración propia con registros recuperados de Scopus y Web of Science.

La concentración de publicaciones en 2025, que representa 26 de los 41 documentos analizados (63,4 %), debe interpretarse con cautela. Este patrón puede estar relacionado tanto con un incremento reciente del interés científico por la convergencia entre sistemas inteligentes de transporte, seguridad operacional, plataformas digitales y visualización geoespacial como con la sensibilidad de la estrategia de búsqueda a la terminología incorporada recientemente en la literatura. En consecuencia, esta distribución temporal se utiliza únicamente como elemento de contextualización de la muestra documental y no como evidencia suficiente para afirmar, por sí sola, una transformación abrupta o un crecimiento exponencial del campo científico.

4.2. Necesidades visuales y operativas percibidas

La encuesta a 50 participantes identificó necesidades relacionadas con eficiencia operativa, monitoreo, seguridad y herramientas digitales. Un cuestionario presentó datos ausentes en los diez ítems de eficiencia logística y seguridad operativa; por ello, estas dimensiones se analizaron con 49 casos válidos, sin imputación. Las demás dimensiones conservaron 50 respuestas válidas.

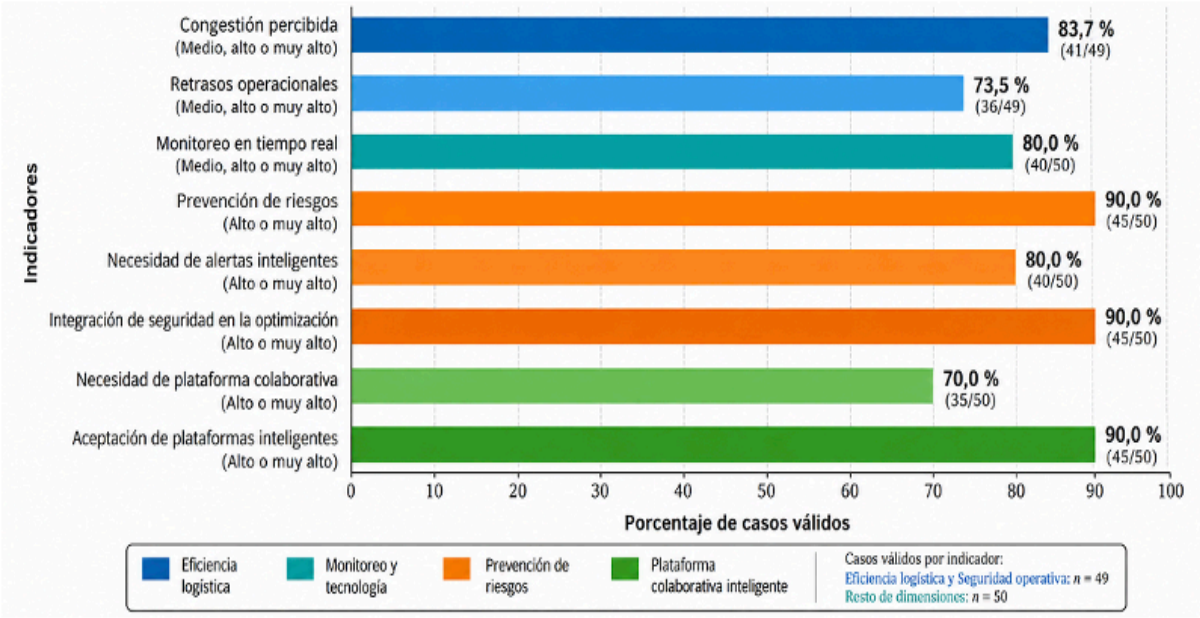
En eficiencia logística, 41 de 49 casos válidos (83,7 %) situaron la congestión vehicular en niveles medio, alto o muy alto, mientras que 36 de 49 casos válidos (73,5 %) ubicaron la frecuencia de retrasos en esas mismas categorías. En la dimensión de monitoreo y tecnología, 40 de 50 participantes (80 %) calificaron la capacidad de monitoreo en tiempo real como de nivel medio, alto o muy alto.

En relación con la prevención de riesgos, 45 de 50 participantes (90 %) otorgaron una valoración alta o muy alta de la importancia de implementar sistemas de prevención, y la misma proporción valoró favorablemente la integración de la seguridad operativa en la optimización de rutas. La necesidad de contar con alertas inteligentes en tiempo real obtuvo 40 de 50 respuestas favorables (80 %).

En cuanto a la dimensión de plataforma colaborativa inteligente, 35 de 50 participantes (70 %) atribuyeron una valoración alta o muy alta a la necesidad de implementar una plataforma colaborativa logística. Asimismo, 45 de 50 (90 %) manifestaron una aceptación alta o muy alta del uso de plataformas inteligentes en el transporte terrestre.

En conjunto, los resultados evidencian necesidades relacionadas con la representación espacial de la operación, el monitoreo en tiempo real, la prevención de riesgos, la generación de alertas y la integración de la información en una interfaz colaborativa. Estos hallazgos se utilizaron como insumo para definir la jerarquía de la información y los componentes de la arquitectura visual propuesta. Debido al carácter no probabilístico y local de la muestra, los resultados se interpretan como evidencia descriptiva de los participantes estudiados y no como estimaciones generalizables a la población.

Figura 3. Indicadores seleccionados del diagnóstico de necesidades visuales y operativas (casos válidos por indicador: n = 49–50).



Fuente: Elaboración propia a partir de los formularios de la encuesta.

Tabla 2. Indicadores seleccionados para el diagnóstico de necesidades visuales y operativas.

Indicador	Criterio agregado	Casos que cumplen el criterio	Casos válidos	%
Congestión percibida	Medio, alto o muy alto	41	49	83,7
Retrasos operacionales	Medio, alto o muy alto	36	49	73,5
Monitoreo en tiempo real	Medio, alto o muy alto	40	50	80,0
Prevención de riesgos	Alto o muy alto	45	50	90,0
Necesidad de alertas inteligentes	Alto o muy alto	40	50	80,0
Integración de seguridad en la optimización	Alto o muy alto	45	50	90,0
Necesidad de plataforma colaborativa	Alto o muy alto	35	50	70,0
Aceptación de plataformas inteligentes	Alto o muy alto	45	50	90,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los formularios de la encuesta.

El diagnóstico mostró una alta valoración de la gestión del riesgo y las herramientas inteligentes. El 90,0 % otorgó valoraciones altas o muy altas a la prevención de riesgos, la integración de seguridad en la

optimización de rutas y la aceptación de plataformas inteligentes; el 80,0 % valoró el monitoreo en tiempo real y las alertas inteligentes. Además, el 83,7 % percibió congestión media, alta o muy alta. Estos resultados se utilizaron como insumo para definir la arquitectura visual propuesta.

4.3. Arquitectura visual propuesta

A partir del diagnóstico, se definió una arquitectura visual organizada en torno a un mapa operativo, acompañada de indicadores de tiempo de recorrido, consumo de combustible, emisiones estimadas de CO_2 y nivel de riesgo operacional. El mapa diferencia la ruta de referencia de la propuesta, representa el origen y el destino e incorpora elementos asociados al riesgo.

Figura 4. Flujo visual de la arquitectura.



Fuente: Elaboración propia.

La figura muestra la secuencia mediante la cual los datos operativos se procesan, se transforman en información cartográfica y analítica y se presentan al usuario para apoyar la toma de decisiones operativas.

La propuesta se organiza en torno a un mapa operativo, que constituye el elemento central de la pantalla. En él se representan la ruta de referencia y la propuesta mediante trazos diferenciados, junto con los puntos de origen y destino, los puntos logísticos y la leyenda correspondiente.

La codificación del riesgo se estructuró en cuatro niveles: crítico, alto, medio y bajo, combinando color, texto e iconos, de modo que la interpretación no dependiera exclusivamente del color. Los indicadores clave de desempeño (KPI) muestran los valores del escenario de referencia y del escenario propuesto, mientras que las alertas se priorizan según su nivel de severidad. La propuesta incorpora, además, información contextual para facilitar la interpretación de los factores asociados a la recomendación de una ruta. Esta estructura busca integrar información geoespacial, indicadores operativos y señales de riesgo en una representación única, orientada a favorecer una imagen operacional compartida entre los actores logísticos. No obstante, el estudio no evaluó, mediante tareas de interacción, si dicha imagen compartida se construye efectivamente entre los usuarios.

Tabla 3. Componentes de la arquitectura de la información visual.

Componente	Función	Criterio de diseño
Mapa operativo	Representar puntos logísticos, rutas y zonas de riesgo.	Claridad cartográfica, diferenciación visual de rutas y leyenda visible.
KPI comparativos	Mostrar tiempo de recorrido y consumo de combustible.	Valores, unidades y referencia claramente identificados.
KPI ambiental	Mostrar emisiones estimadas de CO_2.	Valor y variación respecto del escenario de referencia.
Comparación de alternativas	Contrastar el escenario de referencia y el escenario propuesto.	Presentación conjunta de valores y porcentaje de variación.
Codificación del riesgo	Identificar niveles de riesgo operacional.	Color, icono y etiqueta textual (crítico, alto, medio y bajo).

Componente	Función	Criterio de diseño
Alertas operativas	Comunicar eventos relevantes.	Severidad, descripción y acción sugerida.
Controles de interacción	Facilitar revisión y comparación de rutas.	Filtros, capas, fecha, selección de alternativa y exportación.

Fuente*:* Elaboración propia con datos del estudio.

A partir de estos componentes se construyó el mockup conceptual presentado en la figura 5.

Figura 5. Mockup conceptual de la interfaz cartográfica y analítica.



Fuente: Elaboración propia. Datos y elementos visuales del escenario comparativo experimental con fines de diseño.

La Figura 5 muestra la integración del mapa, los indicadores de desempeño y las alertas priorizadas en el mockup conceptual.

4.4. Pertinencia y aceptación de la propuesta

La valoración de 10 expertos mostró resultados favorables: la necesidad de implementar una plataforma colaborativa, su contribución esperada a la gestión del riesgo y la aceptación de plataformas inteligentes alcanzaron 90 %, mientras que la importancia atribuida a la integración de inteligencia artificial alcanzó 80 % (Maldonado-Suárez & Santoyo-Telles, 2024).

Tabla 4. Valoración experta de la pertinencia y la aceptación (n = 10).

Criterio evaluado	Respuestas alto/muy alto	Valoración favorable (%)
Necesidad de implementar la plataforma colaborativa	9/10	90
Contribución esperada a la gestión del riesgo	9/10	90
Importancia de integrar inteligencia artificial	8/10	80
Aceptación de plataformas inteligentes	9/10	90

Fuente*:* Elaboración propia con datos del estudio.

Los resultados respaldan la pertinencia y aceptación conceptual de la propuesta, pero no constituyen evidencia de usabilidad, eficacia operacional ni reducción real del riesgo.

4.5. Resultados del escenario comparativo ilustrativo

El escenario comparativo ilustrativo permitió contrastar una ruta de referencia con una alternativa de ruta propuesta mediante indicadores de tiempo de recorrido, consumo de combustible, emisiones estimadas de CO_2 y nivel de riesgo operacional. El análisis tuvo un carácter descriptivo y no constituyó una evaluación causal de la eficacia de la interfaz.

La geometría y la duración de las rutas correspondientes al escenario de referencia y al escenario propuesto se obtuvieron con OSRM, manteniendo el mismo origen (UPSE, La Libertad) y el mismo destino (San José).

En el escenario de referencia, el tiempo estimado de recorrido fue de 95 min y, en el escenario propuesto, de 72 min, lo que representa una diferencia relativa del 24,2 %. El consumo de combustible registrado disminuyó de 18 L en el escenario de referencia a 13 L en el escenario propuesto, lo que equivale a una variación del 27,8 %.

Las emisiones estimadas de CO_2 se calcularon a partir del consumo total de combustible mediante la expresión $CO_2 = CC \times FE$, donde CC corresponde al consumo total de combustible del escenario, expresado en litros (L), y FE al factor de emisión del diésel, expresado en kg CO_2/L. Para la comparación, se adoptó el factor oficial de 2,681 kg CO_2/L reportado por (Environment and Climate Change Canada, 2025). Este factor se empleó exclusivamente como coeficiente constante para la estimación comparativa entre ambos escenarios y no debe interpretarse como un factor de emisión nacional específico de Ecuador.

En consecuencia, los valores obtenidos representan estimaciones comparativas del escenario analizado y no constituyen un inventario local de emisiones. A partir del factor empleado en el cálculo, se estimaron 48,24 kg de CO_2 para el escenario de referencia y 34,84 kg de CO_2 para el escenario propuesto, lo que representa una variación del 27,8 %.

Tabla 5. Comparación del nivel de riesgo entre el escenario de referencia y el propuesto.

Variable	NR referencia	Nivel de referencia	NR propuesto	Nivel propuesto
Accidentes	15	Alto	8	Medio
Tráfico	12	Alto	6	Medio
Clima	12	Alto	6	Medio
Inseguridad	15	Alto	8	Medio
Estado vial	16	Alto	8	Medio
Consumo de combustible	12	Alto	6	Medio
Emisiones asociadas al diésel	12	Alto	6	Medio

Fuente*: Elaboración propia con datos d*el escenario comparativo ilustrativo.

La matriz de riesgo clasificó el escenario de referencia como alto (NR = 12–16) y el propuesto como medio (NR = 6–8), bajo las condiciones y controles definidos. El cambio se interpreta de forma ordinal y exclusivamente dentro del escenario ilustrativo, no como evidencia de una reducción real del riesgo operacional.

Figura 6. Comparación de indicadores entre el escenario de referencia y el propuesto.



Fuente: *Elaboración propia. Datos d*el escenario simulado.

Las diferencias corresponden a un único escenario y no pueden atribuirse exclusivamente a la interfaz ni generalizarse a las operaciones de transporte de Santa Elena.

5. Discusión

Los hallazgos muestran que la problemática logística analizada trasciende el cálculo de rutas e incluye la representación e interpretación de información operativa, geoespacial y de riesgo. Las necesidades identificadas en la muestra, la elevada percepción de congestión (83,7 %), la importancia atribuida a la prevención de riesgos (90 %) y la aceptación favorable de las plataformas inteligentes (90 %) justifican explorar interfaces que articulen estas dimensiones, aunque los resultados deben interpretarse dentro del carácter exploratorio y no probabilístico del diagnóstico. La arquitectura propuesta integra mapa operativo, indicadores comparativos, alertas y codificación redundante del riesgo. Esta organización es coherente con estudios que muestran que el diseño cartográfico y la información dinámica pueden influir en la búsqueda e interpretación de información espacial (C.-F. Wu et al., 2022). Asimismo, mantener visibles los indicadores y elementos contextuales busca evitar que la recomendación algorítmica se presente como una "caja negra" desconectada de la decisión humana (Nadj et al., 2020).

La valoración experta respalda la pertinencia y aceptación conceptual de la arquitectura, pero no demuestra usabilidad ni eficacia operacional. Estas propiedades deberán evaluarse mediante interacción con un prototipo funcional y métricas de efectividad, eficiencia, errores y satisfacción.

Las diferencias observadas en el escenario comparativo son coherentes con enfoques de planificación que incorporan variables ambientales y de seguridad junto con criterios de movilidad (Asghari & Mirzapour Al-e-hashem, 2021; Ghoul et al., 2023; Sohrabi et al., 2022). Sin embargo, al proceder de un único escenario, no pueden atribuirse exclusivamente a la interfaz ni generalizarse al transporte de Santa Elena.

La principal contribución del estudio es una arquitectura de traducción visual que articula cartografía, indicadores operativos, señales de riesgo y contexto en una representación común. Desde la cultura visual, esta interfaz funciona como un artefacto sociotécnico que jerarquiza información mediante KPI, alertas, iconografía y codificación del riesgo, mediando entre datos, territorio y decisión humana (Herrmann & Pfeiffer, 2023; Manovich, 2020; Söderlund & Hansson, 2021). La construcción efectiva de una imagen operacional compartida deberá comprobarse posteriormente mediante estudios de interacción y coordinación entre usuarios.

Las principales limitaciones son el muestreo no probabilístico y local, la ausencia de una evaluación formal de usabilidad, el carácter conceptual de la valoración experta y el uso de un único escenario comparativo. Por ello, no puede afirmarse que la arquitectura reduzca por sí misma la carga cognitiva, la accidentalidad o el riesgo real. Estudios posteriores deberán evaluar prototipos funcionales mediante tareas con usuarios, métricas de usabilidad y accesibilidad y comparaciones con interfaces alternativas.

6. Conclusiones

El estudio permitió formular una arquitectura visual colaborativa que integra representación cartográfica, indicadores operativos, alertas y codificación del riesgo para apoyar la interpretación de información logística. El diagnóstico orientó su diseño y la valoración experta mostró una percepción favorable de su pertinencia y aceptación conceptual. El escenario comparativo ilustrativo mostró diferencias en tiempo, combustible, emisiones estimadas y nivel de riesgo; sin embargo, estos resultados caracterizan únicamente el escenario analizado y no demuestran una mejora operacional atribuible a la interfaz.

La principal contribución es una arquitectura de traducción visual que conecta datos geoespaciales, procesamiento analítico y decisión humana. Su carácter es preliminar, exploratorio y propositivo; por tanto, aún no se ha demostrado su usabilidad, eficacia operacional ni superioridad frente a otras interfaces. La siguiente fase deberá implementar un prototipo funcional y evaluarlo con usuarios mediante métricas de efectividad, eficiencia, errores, satisfacción y accesibilidad, además de incorporar escenarios adicionales.

Referencias

Abideen, A. Z., Sorooshian, S., Sundram, V. P. K., & Mohammed, A. (2023). Collaborative insights on horizontal logistics to integrate supply chain planning and transportation logistics planning – A systematic review and thematic mapping. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *9*(2), 100066. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100066

Andrade, C. (2021). The Inconvenient Truth About Convenience and Purposive Samples. *Indian Journal of Psychological Medicine*, *43*(1), 86–88. https://doi.org/10.1177/0253717620977000

Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, *11*(4), 959–975. https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007

Asghari, M., & Mirzapour Al-e-hashem, S. M. J. (2021). Green vehicle routing problem: A state-of-the-art review. *International Journal of Production Economics*, *231*, 107899. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107899

Ben-Daya, M., Hassini, E., & Bahroun, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: a literature review. *International Journal of Production Research*, *57*(15–16), 4719–4742. https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1402140

Bevan, N., Carter, J., Earthy, J., Geis, T., & Harker, S. (2016). New ISO standards for usability, usability reports, and usability measures. In M. Kurosu (Ed.), *Human-computer interaction: Theory, design, development and practice* (Vol. 9731, pp. 268–278). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39510-4_25

Bill, R., Blankenbach, J., Breunig, M., Haunert, J.-H., Heipke, C., Herle, S., Maas, H.-G., Mayer, H., Meng, L., Rottensteiner, F., Schiewe, J., Sester, M., Sörgel, U., & Werner, M. (2022). Geospatial Information Research: State of the Art, Case Studies and Future Perspectives. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, *90*(4), 349–389. https://doi.org/10.1007/s41064-022-00217-9

Cheong, L., Kinkeldey, C., Burfurd, I., Bleisch, S., & Duckham, M. (2020). Evaluating the impact of visualization of risk upon emergency route-planning. *International Journal of Geographical Information Science*, *34*(5), 1022–1050. https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1701677

Cooksey, R. W. (2020). Descriptive Statistics for Summarising Data. In *Illustrating statistical procedures: Finding meaning in quantitative data* (3rd ed., pp. 61–139). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2537-7_5

Coussement, K., & Benoit, D. F. (2021). Interpretable data science for decision making. *Decision Support Systems*, *150*, 113664. https://doi.org/10.1016/j.dss.2021.113664

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, *133*, 285–296. https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070

Eberhard, K. (2023). The effects of visualization on judgment and decision-making: a systematic literature review. *Management Review Quarterly*, *73*(1), 167–214. https://doi.org/10.1007/s11301-021-00235-8

Environment and Climate Change Canada. (2025). *Emission factors and reference values (Version 3.0).* https://publications.gc.ca/collections/collection_2025/eccc/En84-294-2025-eng.pdf

Franconeri, S. L., Padilla, L. M., Shah, P., Zacks, J. M., & Hullman, J. (2021). The Science of Visual Data Communication: What Works. *Psychological Science in the Public Interest*, *22*(3), 110–161. https://doi.org/10.1177/15291006211051956

Ghoul, T., Sayed, T., & Fu, C. (2023). Real-time safest route identification: Examining the trade-off between safest and fastest routes. *Analytic Methods in Accident Research*, *39*, 100277. https://doi.org/10.1016/j.amar.2023.100277

Giovannangeli, L., Bourqui, R., Giot, R., & Auber, D. (2022). Color and Shape efficiency for outlier detection from automated to user evaluation. *Visual Informatics*, *6*(2), 25–40. https://doi.org/10.1016/J.VISINF.2022.03.001

Guetterman, T. C., Molina-Azorin, J. F., & Fetters, M. D. (2020). Virtual Special Issue on "Integration in Mixed Methods Research." *Journal of Mixed Methods Research*, *14*(4), 430–435. https://doi.org/10.1177/1558689820956401

Herrmann, T., & Pfeiffer, S. (2023). Keeping the organization in the loop: a socio-technical extension of human-centered artificial intelligence. *AI & SOCIETY*, *38*(4), 1523–1542. https://doi.org/10.1007/s00146-022-01391-5

International Organization for Standardization. (2019). *Ergonomics of human-system interaction—Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO Standard No. 9241-210:2019)*. https://www.iso.org/standard/77520.html

Jebb, A. T., Ng, V., & Tay, L. (2021). A Review of Key Likert Scale Development Advances: 1995–2019. *Frontiers in Psychology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.637547

Juergens, C. (2020). Trustworthy COVID-19 Mapping: Geo-spatial Data Literacy Aspects of Choropleth Maps. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, *70*(4), 155–161. https://doi.org/10.1007/s42489-020-00057-w

Kajamaa, A., Mattick, K., & de la Croix, A. (2020). How to … do mixed-methods research. *The Clinical Teacher*, *17*(3), 267–271. https://doi.org/10.1111/tct.13145

Khakpour, A., Colomo-Palacios, R., & Martini, A. (2021). Visual Analytics for Decision Support: A Supply Chain Perspective. *IEEE Access*, *9*, 81326–81344. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085496

Kinkeldey, C., MacEachren, A. M., Riveiro, M., & Schiewe, J. (2017). Evaluating the effect of visually represented geodata uncertainty on decision-making: systematic review, lessons learned, and recommendations. *Cartography and Geographic Information Science*, *44*(1), 1–21. https://doi.org/10.1080/15230406.2015.1089792

Kleinová, K., & Straka, M. (2024). Streamlining Distribution Routes Using the Language Model of Artificial Intelligence. *Sustainability*, *16*(16), 6890. https://doi.org/10.3390/su16166890

Konovalenko, A., Hvattum, L. M., & Msakni, M. K. (2025). Using machine learning to identify hidden constraints in vehicle routing problems. *Computers & Operations Research*, *179*, 107029. https://doi.org/10.1016/j.cor.2025.107029

Kühne, O., & Edler, D. (2025). Reconstructing the Map: A Neopragmatist Perspective on Cartography in the Context of Artificial Intelligence (AI). *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, *75*(1), 79–92. https://doi.org/10.1007/s42489-024-00184-8

Lagorio, A., Zenezini, G., Mangano, G., & Pinto, R. (2022). A systematic literature review of innovative technologies adopted in logistics management. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *25*(7), 1043–1066. https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1850661

Liu, X., Chen, Y.-L., Por, L. Y., & Ku, C. S. (2023). A Systematic Literature Review of Vehicle Routing Problems with Time Windows. *Sustainability*, *15*(15), 12004. https://doi.org/10.3390/su151512004

Luxen, D., & Vetter, C. (2011). Real-time routing with OpenStreetMap data. *Book Title: Proceedings of the 19th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 513–516. https://doi.org/10.1145/2093973.2094062

Maack, R. G. C., Scheuermann, G., Hagen, H., Peñaloza, J. T. H., & Gillmann, C. (2023). Uncertainty-aware visual analytics: scope, opportunities, and challenges. *The Visual Computer*, *39*(12), 6345–6366. https://doi.org/10.1007/s00371-022-02733-6

Maldonado-Suárez, N., & Santoyo-Telles, F. (2024). Validez de contenido por juicio de expertos: Integración cuantitativa y cualitativa en la construcción de instrumentos de medición. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca En Educació*, *17*(2). https://doi.org/10.1344/reire.46238

Manovich, L. (2020). *Cultural Analytics*. The MIT Press. https://doi.org/10.7551/mitpress/11214.001.0001

Matlen, B. J., Gentner, D., & Franconeri, S. L. (2020). Spatial alignment facilitates visual comparison. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *46*(5), 443–457. https://doi.org/10.1037/xhp0000726

Milutinović, G., Ahonen-Jonnarth, U., & Seipel, S. (2021). Does visual saliency affect decision-making? *Journal of Visualization*, *24*(6), 1267–1285. https://doi.org/10.1007/s12650-021-00760-4

Molina-Campoverde, J. J., Rivera-Campoverde, N., Molina Campoverde, P. A., & Bermeo Naula, A. K. (2024). Urban Mobility Pattern Detection: Development of a Classification Algorithm Based on Machine Learning and GPS. *Sensors*, *24*(12), 3884. https://doi.org/10.3390/s24123884

Nadj, M., Maedche, A., & Schieder, C. (2020). The effect of interactive analytical dashboard features on situation awareness and task performance. *Decision Support Systems*, *135*, 113322. https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113322

Padilla, L. M., Creem-Regehr, S. H., Hegarty, M., & Stefanucci, J. K. (2018). Decision making with visualizations: a cognitive framework across disciplines. *Cognitive Research: Principles and Implications*, *3*(1), 29. https://doi.org/10.1186/s41235-018-0120-9

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ, 372*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Patel, A. M., Baxter, W., & Porat, T. (2024). Toward Guidelines for Designing Holistic Integrated Information Visualizations for Time-Critical Contexts: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*, *26*, e58088. https://doi.org/10.2196/58088

Perkhofer, L., Walchshofer, C., & Hofer, P. (2020). Does design matter when visualizing Big Data? An empirical study to investigate the effect of visualization type and interaction use. *Journal of Management Control*, *31*(1–2), 55–95. https://doi.org/10.1007/s00187-020-00294-0

Rejeb, A., Suhaiza, Z., Rejeb, K., Seuring, S., & Treiblmaier, H. (2022). The Internet of Things and the circular economy: A systematic literature review and research agenda. *Journal of Cleaner Production*, *350*, 131439. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131439

Roth, R. E., Çöltekin, A., Delazari, L., Denney, B., Mendonça, A., Shen, J., Stachoň, Z., & Wu, M. (2023). Designing maps & visualizations for mobile devices: A collaborative research agenda. *Abstracts of the International Cartographic Association*, *6*, 213–213. https://doi.org/10.5194/ica-abs-6-213-2023

Schöttler, S., Yang, Y., Pfister, H., & Bach, B. (2021). Visualizing and Interacting with Geospatial Networks: A Survey and Design Space. *Computer Graphics Forum*, *40*(6), 5–33. https://doi.org/10.1111/cgf.14198

Simkute, A., Luger, E., Jones, B., Evans, M., & Jones, R. (2021). Explainability for experts: A design framework for making algorithms supporting expert decisions more explainable. *Journal of Responsible Technology*, *7–8*, 100017. https://doi.org/10.1016/J.JRT.2021.100017

Skamagki, G., King, A., Carpenter, C., & Wåhlin, C. (2024). The concept of integration in mixed methods research: a step-by-step guide using an example study in physiotherapy. *Physiotherapy Theory and Practice*, *40*(2), 197–204. https://doi.org/10.1080/09593985.2022.2120375

Söderlund, C., & Hansson, M. (2021). A visual and rhetorical perspective on management control systems. *International Journal of Lean Six Sigma*, *12*(3), 536–552. https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2020-0033

Sohrabi, S., Weng, Y., Das, S., & German Paal, S. (2022). Safe route-finding: A review of literature and future directions. *Accident Analysis & Prevention*, *177*, 106816. https://doi.org/10.1016/j.aap.2022.106816

Taherdoost, H. (2022). Designing a Questionnaire for a Research Paper: A Comprehensive Guide to Design and Develop an Effective Questionnaire. *Asian Journal of Managerial Science*, *11*(1), 8–16. https://doi.org/10.51983/ajms-2022.11.1.3087

Tsolaki, K., Vafeiadis, T., Nizamis, A., Ioannidis, D., & Tzovaras, D. (2023). Utilizing machine learning on freight transportation and logistics applications: A review. *ICT Express*, *9*(3), 284–295. https://doi.org/10.1016/j.icte.2022.02.001

Van der Merwe, A., Gerber, A., & Smuts, H. (2020). Guidelines for conducting design science research in information systems. In B. Tait, J. Kroeze, & S. Gruner (Eds.), *ICT education: 48th annual conference of the Southern African Computer Lecturers' Association, SACLA 2019, Northern Drakensberg, South Africa, July 15–17, 2019, revised selected papers* (Vol. 1136, pp. 163–178). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35629-3_11

vom Brocke, J., Hevner, A., & Maedche, A. (2020). Introduction to design science research. In J. vom Brocke, A. Hevner, & A. Maedche (Eds.), *Design science research: Cases* (pp. 1–13). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4_1

Ware, C. (2021). Designing cognitively efficient visualizations. In *Information visualization: Perception for design* (4th ed., pp. 425–456). Morgan Kaufmann. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812875-6.00012-8

Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, *58*(1), 18–43. https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964

Wu, C.-F., Gao, C., Lin, K.-C., & Chang, Y.-H. (2022). Evaluating Impacts of Bus Route Map Design and Dynamic Real-Time Information Presentation on Bus Route Map Search Efficiency and Cognitive Load. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *11*(6), 338. https://doi.org/10.3390/ijgi11060338

Wu, R., Ferguson, A. M., & Inzlicht, M. (2023). Do humans prefer cognitive effort over doing nothing? *Journal of Experimental Psychology: General*, *152*(4), 1069–1079. https://doi.org/10.1037/xge0001320

Yuan, J., Chen, C., Yang, W., Liu, M., Xia, J., & Liu, S. (2021). A survey of visual analytics techniques for machine learning. *Computational Visual Media*, *7*(1), 3–36. https://doi.org/10.1007/s41095-020-0191-7

Anexo A. Contenido del instrumento de diagnóstico de necesidades.

El instrumento diagnóstico estuvo compuesto por 25 ítems organizados en cinco dimensiones. La escala de respuesta fue: 1 = muy bajo, 2 = bajo, 3 = medio, 4 = alto y 5 = muy alto. El anexo reproduce el contenido conservado del instrumento utilizado en el estudio.

Encuesta sobre optimización de rutas logísticas, seguridad operativa y prevención de riesgos en el transporte terrestre

Tema: "Diseño de una plataforma colaborativa para optimizar rutas logísticas que integre la seguridad operativa y la prevención de riesgos en el transporte".
Objetivo: Recopilar información sobre operaciones logísticas, seguridad operativa, monitoreo de rutas y prevención de riesgos en el transporte terrestre de la provincia de Santa Elena, Ecuador.

INSTRUCCIONES

Marque con una (X) el nivel que considere adecuado según su experiencia en operaciones de transporte terrestre.

Valor	Escala Likert
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Medio
4	Alto
5	Muy alto

SECCIÓN I. EFICIENCIA LOGÍSTICA

N°	Ítem	1	2	3	4	5
1	Nivel de congestión vehicular en las rutas logísticas	□	□	□	□	□
2	Frecuencia de retrasos durante el transporte	□	□	□	□	□
3	Eficiencia actual de las rutas terrestres	□	□	□	□	□
4	Nivel de optimización de tiempos de recorrido	□	□	□	□	□
5	Nivel de consumo de combustible durante las operaciones logísticas	□	□	□	□	□

SECCIÓN II. SEGURIDAD OPERATIVA

N°	Ítem	1	2	3	4	5
6	Nivel de seguridad operativa en las rutas terrestres	□	□	□	□	□
7	Frecuencia de accidentes o incidentes operacionales	□	□	□	□	□
8	Nivel de riesgo asociado al estado de las vías	□	□	□	□	□
9	Impacto de las condiciones climáticas sobre las operaciones logísticas	□	□	□	□	□
10	Nivel de exposición a riesgos durante el transporte terrestre	□	□	□	□	□

SECCIÓN III. MONITOREO Y TECNOLOGÍA

N°	Ítem	1	2	3	4	5
11	Nivel de utilización de GPS para monitoreo de rutas	□	□	□	□	□
12	Nivel de digitalización de los procesos logísticos	□	□	□	□	□
13	Capacidad de monitoreo en tiempo real de las operaciones	□	□	□	□	□
14	Nivel de comunicación entre operadores logísticos y conductores	□	□	□	□	□
15	Nivel de uso de tecnologías inteligentes en el transporte	□	□	□	□	□

SECCIÓN IV. PREVENCIÓN DE RIESGOS

N°	Ítem	1	2	3	4	5
16	Importancia de implementar sistemas de prevención de riesgos	□	□	□	□	□
17	Capacidad actual para prevenir accidentes en rutas logísticas	□	□	□	□	□
18	Nivel de preparación ante emergencias operacionales	□	□	□	□	□
19	Necesidad de alertas inteligentes en tiempo real	□	□	□	□	□
20	Importancia de integrar seguridad operativa en la optimización de rutas	□	□	□	□	□

SECCIÓN V. PLATAFORMA COLABORATIVA INTELIGENTE

N°	Ítem	1	2	3	4	5
21	Necesidad de implementar una plataforma colaborativa logística	□	□	□	□	□
22	Impacto esperado de la plataforma sobre la eficiencia logística	□	□	□	□	□
23	Impacto esperado en la reducción de riesgos operacionales	□	□	□	□	□
24	Importancia de integrar inteligencia artificial en rutas logísticas	□	□	□	□	□
25	Nivel de aceptación del uso de plataformas inteligentes en el transporte terrestre	□	□	□	□	□

Firma encuestado _____

Nota: Lugares recomendados en Santa Elena: empresas de transporte, terminales terrestres, centros logísticos, distribuidoras, zonas industriales, cooperativas de transporte, empresas comerciales.
La población objetivo estuvo conformada por conductores, operadores logísticos y supervisores de transporte terrestre de la provincia de Santa Elena, Ecuador, debido a su participación directa en las operaciones de distribución, el monitoreo de rutas y la gestión logística.

Fuente: Instrumento original del estudio, recuperado del registro metodológico conservado.