

Impacto de las varadas de vehículos del SITM en las pérdidas económicas y la percepción del servicio en Cartagena

Alexander Sánchez González ^{*} Amparo Hazbun Martinez [†]
Maria Mercedes Romero Racine [‡] Misael Jose Pastrana Fuentes [§]

2025-04-26

Resumen

Antecedentes:

El análisis de las fallas en los sistemas de transporte masivo ha sido ampliamente estudiado debido a su impacto en la economía, la calidad del servicio y el bienestar de la población. La eficiencia del sistema influye directamente en los niveles de satisfacción de los ciudadanos, afectando su experiencia de movilidad dentro de la ciudad. Investigaciones como **Sistemas Masivos de Transporte y sus Efectos en la Sostenibilidad e Innovación en América Latina** resaltan la importancia de una gestión estratégica que permita minimizar costos y optimizar la operatividad. La implementación de mantenimiento preventivo y la adecuada administración de los recursos resultan fundamentales para reducir interrupciones en el servicio y mejorar su continuidad. Por otro lado, el **Estudio sobre Sistemas Integrados de Transporte Masivo en Colombia** analiza los desafíos y avances en la gestión de estos sistemas a nivel nacional. Sus hallazgos refuerzan la necesidad de fortalecer estrategias de mantenimiento y modernización de flotas para mejorar la eficiencia operativa.

Asimismo, el estudio **Influencia de los Sistemas de Transporte Masivo en la Movilidad Inteligente** resalta la importancia de la tecnología en la detección y prevención de fallas. Con el uso de herramientas digitales y sistemas de monitoreo se permite reducir pérdidas económicas y mejorar la experiencia del usuario. Su aplicación en el **Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de Cartagena** podría ser una estrategia efectiva para optimizar el funcionamiento y disminuir la frecuencia de varadas.

^{*}Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, e-mail: sancheza@utb.edu.co, ID: T00054514

[†]Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, e-mail: ahazbun@utb.edu.co, ID: T000XXXXX

[‡]Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, e-mail: mracine@utb.edu.co, ID: T000XXXXX

[§]Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, e-mail: pastranam@utb.edu.co, ID: T000XXXXX

Objetivos:

Objetivo general:

Analizar el impacto de las varadas de los vehículos del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de la ciudad de Cartagena en las pérdidas económicas de la empresa operadora y en la calidad del servicio percibida por los usuarios.

Objetivos específicos:

1. Identificar las rutas y ubicaciones con mayor frecuencia y costos de varadas.
2. Determinar las principales causas operativas asociadas a las varadas y su relación con la satisfacción del usuario.
3. Cuantificar las pérdidas económicas generadas por las varadas de los vehículos del SITM, considerando costos operativos, de mantenimiento y los tiempos improductivos.

Método: Se realizó un estudio transversal descriptivo sobre una base de datos de fallas en vehículos del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de la ciudad de Cartagena. El análisis abarcó desde el 1 de septiembre de 2024 hasta el 1 de agosto de 2025. Para las variables cualitativas, se estimaron frecuencias absolutas y relativas, mientras que las variables cuantitativas se resumieron utilizando medidas de tendencia central y de dispersión, como medias y desviaciones estándar. La estimación del costo de oportunidad se calculó teniendo en cuenta el número máximo de personas que los vehículos pueden transportar, multiplicado por el costo total de la tarifa vigente en 2024, que era de 3000 pesos.

Resultados:

1. Durante los siete meses del estudio, se registró un total de 3,635 fallas. Las rutas X106 (546 fallas) y X104 (524 fallas) presentaron el mayor número de incidencias. Asimismo, se observa que el tipo de vehículo con mayor frecuencia de averías es el Padrón, con un total de 2,484 fallas, lo que representa el 68% del total.
2. Se evidencia que las fallas ocurren principalmente en el Patio Portal, con un total de 1,176 incidentes (37%), seguido por la Estación Bodeguita con 655 fallas (20%) y la Terminal con 191 fallas (5.9%). Estas averías suelen presentarse entre las 5:30 p.m. y las 7:00 p.m. En cuanto a las causas, el problema más frecuente es la falla en el sistema de aire comprimido, con 292 casos (18%), seguido por altas temperaturas y riesgos de daños en componentes y motores, con 230 reportes (14%). Otra avería común es el mal funcionamiento de las puertas, que representa 158 casos (9.8%).
3. En términos de costos, se identificó que la mediana de los costos de oportunidad sugiere que el 50% de los valores mínimos son inferiores a 900,000 pesos, mientras que la otra mitad supera este valor. Por otro lado, el costo mínimo promedio de oportunidad calculado fue de 20,519,571 pesos colombianos por día de vehículo varado, mientras que el valor máximo alcanzó los 43,889,084 pesos colombianos, lo que representaría una pérdida promedio de 1,545 usuarios.

Conclusión:

En conclusión, la recurrencia de varadas y sus consecuencias evidencian la necesidad de **optimizar los procesos de mantenimiento**, implementar **estrategias de prevención de fallas** y considerar **mejoras en la infraestructura vehicular**. Abordar estos aspectos no solo contribuiría a reducir los costos operativos, sino que también mejoraría la experiencia del usuario y la continuidad del servicio, fortaleciendo así la eficiencia y sostenibilidad del SITM.

Esto se desprende del análisis de las varadas de los vehículos del **Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM)**, donde se identificó que estas generan un impacto significativo tanto en las **pérdidas económicas de la empresa operadora** como en la **calidad del servicio percibida por los usuarios**.

Desde una perspectiva financiera, las interrupciones en el servicio generan costos elevados, con un costo mínimo promedio de **20,519,571 pesos colombianos por día varado**, alcanzando hasta **43,889,084 pesos** en los escenarios más críticos. Esto no solo representa un riesgo financiero considerable para la empresa, sino que además implica una pérdida diaria estimada de **1,545 usuarios**, afectando la sostenibilidad del sistema y la confianza de los usuarios.

Por su parte, en términos operativos, las fallas ocurren con mayor frecuencia en puntos clave como **el Patio Portal (37%)**, **la Estación Bodeguita (20%)** y **la Terminal (5.9%)**, concentrándose en horarios críticos entre **las 5:30 p. m. y las 7:00 p. m.** Los problemas más recurrentes afectan a los buses en los sistemas de **aire comprimido (32%)** y **motor (23%)**, así como en subsistemas esenciales como **los frenos (16%)** y **el sistema de refrigeración (16%)**.

Esta alta incidencia de fallas se presenta especialmente en los vehículos de tipología **Padrón (68%)**, lo que sugiere que ciertos modelos requieren **mayor mantenimiento o actualización** para reducir la frecuencia de varadas y mejorar la confiabilidad del sistema. Además, las fallas en el **sistema de aire comprimido (18%)** y los riesgos derivados de **altas temperaturas en los componentes** y en el **motor (14%)** destacan como factores clave que deben ser atendidos para mejorar la eficiencia del servicio, reducir la afectación al mismo y, en consecuencia, incrementar las ganancias producto de su operación.

Palabras clave: Varadas, Pérdidas económicas, Calidad del servicio, Usuarios, SITM (Sistema Integrado de Transporte Masivo).

1. Introducción

El Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) en la ciudad de Cartagena desempeña un papel fundamental en la movilidad urbana. Su correcto funcionamiento depende en gran medida del estado de la flota y de la eficiencia operativa de los vehículos. En consecuencia, uno de los desafíos más recurrentes que enfrentan estos sistemas son las averías de los vehículos o las interrupciones operativas, las cuales generan impactos significativos tanto para la empresa operadora como para los usuarios. Estas averías implican costos operativos y de mantenimiento asociados con el tiempo improductivo. Para los usuarios, estas fallas se traducen en retrasos, incomodidades y una pérdida de confianza en el sistema.

Este estudio tiene como objetivo analizar de manera integral estas fallas dentro del SITM, comenzando por la identificación de los costos asociados, así como las rutas y ubicaciones donde ocurren con mayor frecuencia, con el fin de identificar patrones operativos críticos. Finalmente, el estudio busca cuantificar las pérdidas económicas derivadas de las averías, destacar las principales áreas de impacto y evaluar las consecuencias negativas para los usuarios, con el objetivo final de mejorar la transparencia y reconstruir la confianza en el sistema. En base a este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el impacto de las averías de los vehículos en el Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de Cartagena sobre las pérdidas económicas de la empresa operadora y la calidad percibida del servicio por parte de los usuarios?

2. Data

Los datos recopilados corresponden a una muestra representativa de autobuses y rutas dentro del Sistema Integrado de Transporte Masivo (SITM) de la ciudad; por lo tanto, no cubren la totalidad del sistema. Además, el análisis está limitado a un período de siete meses. La información fue proporcionada por una de las empresas operadoras del sistema. Se recolectaron datos tanto cualitativos como cuantitativos, aunque predominan los últimos. A continuación, se presenta un resumen detallado de los tipos y cantidades de datos finales que se utilizarán en el análisis.

Tabla 1: Cantidad de Variables por Tipo

Tipo	Cantidad
Cuantitativa	10
Cualitativa	23
Fecha/Hora	4
Booleana	2

Tabla 2: Listado de Variables con Descripciones

Tipo	Variable	Descripción
Cuantitativa	costo_x_perdida	Costo asociado al tiempo de varado del vehículo
Cuantitativa	num_max_viajes	Número máximo de viajes realizados
Cuantitativa	num_min_viajes	Número mínimo de viajes realizados
Cuantitativa	total_usuarios_por_ruta	Número total de usuarios por ruta
Cuantitativa	retrazo	Tiempo de retraso en minutos u horas
Cuantitativa	dia_varados	Día en que se presentó el varado
Cuantitativa	num_min_pasajeros	Número mínimo de pasajeros
Cuantitativa	num_max_pasajeros	Número máximo de pasajeros
Cuantitativa	costo_opot_min	Costo del varado (estimación mínima)
Cuantitativa	costo_opot_max	Costo del varado (estimación máxima)
Cualitativa	sistema_reportado	Sistema de reporte por parte del área operativa
Cualitativa	ruta	Número o identificador de la ruta
Cualitativa	ubicacion	Lugar donde ocurrió la falla
Cualitativa	vehiculo	Identificador o placa del vehículo
Cualitativa	tipologia	Categoría o tipología de la falla
Cualitativa	kilometraje	Kilometraje al momento de la falla
Cualitativa	nombre_de_conductor	Nombre del operador del vehículo
Cualitativa	hora_novedad	Hora del incidente
Cualitativa	observacion_de_la_novedad	Detalle o notas sobre el incidente
Cualitativa	decision	Decisión tomada frente a la falla
Cualitativa	ot	Orden de trabajo asociada a la falla
Cualitativa	tenico_responsable	Técnico responsable de la reparación
Cualitativa	sistema	Sistema involucrado en la falla
Cualitativa	subsistema	Subsistema involucrado en la falla
Cualitativa	ref_comp	Componente de referencia causante de la falla
Cualitativa	componente	Componente afectado
Cualitativa	adjetivo	Adjetivo calificativo de la falla
Cualitativa	consecuencia	Consecuencia generada por la falla
Cualitativa	estado	Estado o resolución de la falla
Cualitativa	observacion	Observaciones adicionales
Cualitativa	dia_habil	Indica si el día fue hábil o no
Cualitativa	mes_falla	Mes en el que ocurrió la falla
Cualitativa	nueva_hora	Hora en que se reanuda la operación
Fecha/Hora	fecha	Fecha en que ocurrió la falla
Fecha/Hora	fecha_hora_retrazo	Fecha y hora del retraso generado por la falla
Fecha/Hora	nueva_fecha	Nueva fecha asignada tras la falla
Fecha/Hora	year_falla	Año en que se presentó la falla
Booleana	varado	Indica si el vehículo quedó varado (Sí/No)
Booleana	afectacion_al_usuario	Indica si el usuario fue afectado (Sí/No)

3. Materials and Methods

4. Results and Discussion

5. Conclusion and Recommendations

Acknowledgments

Appendix A. Dataset link

References

- [1] Referencia número uno.
- [2] Referencia número dos.
- [3] Referencia número tres.
- [4] BAZARAA, M.S., J.J. JARVIS y H.D. SHERALI, *Programación lineal y flujo en redes*, segunda edición, Limusa, México, DF, 2004.