

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

**“Optimización del Transporte Público entre Cota y Chía: Estrategias para Reducir la Congestión y Mejorar la Movilidad Sostenible”**

Nicolle Gabriela Huanilo Velásquez

Andrés Guillermo Ruge Sanabria

David Guzmán Rojas

**Nota de autor**

En primer lugar, queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a nuestras familias por brindarnos la fortaleza y entusiasmo, que hizo posible la realización de esta investigación. Asimismo, agradecemos a Dios por su apoyo incondicional. Un agradecimiento especial a mis colegas Nicolle, Andrés y David, quienes dedicaron su tiempo a revisar y evaluar

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

este artículo, proporcionando valiosas sugerencias y comentarios. Adicionalmente, queremos expresar nuestra gratitud al tutor Héctor Andrés López Naranjo por su evaluación y sus aportes constructivos. Es importante aclarar que todos los autores hemos contribuido de manera significativa a este trabajo, desde la concepción de la investigación hasta la redacción final del manuscrito.

Para cualquier consulta o solicitud de información adicional, pueden comunicarse a través del siguiente correo electrónico: [aruges@ulagrancolombia.edu.co](mailto:aruges@ulagrancolombia.edu.co)

# “OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”

## Resumen

Esta investigación analiza la optimización del transporte público en la ruta intermunicipal entre Cota y Chía, en el departamento de Cundinamarca, Colombia. El estudio aborda la congestión vehicular y los largos tiempos de viaje en esta ruta, identificando factores críticos como la falta de infraestructura adaptativa, la carencia de tecnologías avanzadas de control de tráfico y el crecimiento del parque automotor. Mediante un enfoque cuantitativo-descriptivo, se realizaron encuestas a usuarios y observaciones en campo para evaluar los tiempos de recorrido y la percepción de los pasajeros. Además, se exploraron estrategias de optimización empleadas en otras ciudades de América Latina, como el uso de carriles exclusivos y tecnologías de semaforización adaptativa. Los resultados destacan la necesidad de implementar carriles exclusivos para autobuses, tecnologías de pago sin contacto y sistemas de control de tráfico en tiempo real para reducir los tiempos de espera y mejorar la eficiencia del servicio. En conclusión, la adopción de estas medidas no solo beneficiaría a los usuarios, sino que también contribuiría a una movilidad más sostenible y a una mejora en la calidad de vida de los habitantes de la región.

**Palabras clave:** Transporte público, congestión vehicular, movilidad sostenible, optimización de rutas.

## Abstract

This research analyzes the optimization of public transportation on the intermunicipal route between Cota and Chía, in the department of Cundinamarca, Colombia. The study addresses traffic congestion and long travel times on this route, identifying critical factors such

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

as the lack of adaptive infrastructure, the lack of advanced traffic control technologies, and the growth of the vehicle fleet. Using a quantitative-descriptive approach, user surveys and field observations were carried out to evaluate travel times and passenger perception. In addition, optimization strategies used in other Latin American cities were explored, such as the use of exclusive lanes and adaptive traffic lighting technologies. The results highlight the need to implement dedicated bus lanes, contactless payment technologies and real-time traffic control systems to reduce waiting times and improve service efficiency. In conclusion, the adoption of these measures would not only benefit users, but would also contribute to more sustainable mobility and an improvement in the quality of life of the region's inhabitants.

**Keywords:** Public transportation, vehicle congestion, sustainable mobility, route optimization.

### **“Optimización del Transporte Público entre Cota y Chía: Estrategias para Reducir la Congestión y Mejorar la Movilidad Sostenible”**

El crecimiento de la población y la expansión urbana en los municipios de la Sabana de Bogotá han incrementado significativamente la demanda sobre el sistema de transporte público. En particular, la ruta intermunicipal que conecta a los municipios de Cota y Chía con Bogotá ha experimentado un aumento en los niveles de congestión vehicular y en los tiempos de recorrido, afectando la calidad de vida de los habitantes y generando consecuencias negativas en términos de productividad. y sostenibilidad ambiental (Nieto, 2010). Este incremento en el tránsito vehicular responde tanto a la falta de infraestructura adecuada como a la carencia de un sistema

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

de gestión del tráfico eficiente, lo cual limita el desarrollo de un transporte público rápido, seguro y cómodo para los usuarios.

En América Latina, el uso del automóvil particular sigue siendo una prioridad sobre el transporte colectivo, un factor que exacerba los problemas de movilidad en las ciudades más grandes, como Bogotá, Ciudad de México y São Paulo. De hecho, la alta densidad de tráfico en estas metrópolis refleja la falta de estrategias de planificación urbana que prioricen el transporte público como una alternativa sostenible (Tejada, 2002). Este fenómeno es especialmente evidente en Cota y Chía, donde la dependencia de vehículos particulares incrementa la congestión en las horas pico y reduce la eficiencia del sistema de transporte público, el cual debería ser la opción de movilidad predilecta en zonas densamente pobladas.

El objetivo principal de esta investigación es desarrollar un modelo que optimice el tiempo de recorrido en el transporte público entre los municipios de Cota y Chía, permitiendo así mejorar la eficiencia del servicio, reducir el tiempo de traslado y aumentar la satisfacción de los usuarios. Para lograrlo, se plantea el uso de tecnologías avanzadas para la gestión del tráfico y una coordinación más eficiente de los paraderos, lo que garantiza un flujo más continuo y ágil del transporte público. Asimismo, se explorarán alternativas para optimizar el tiempo de embarque y desembarque de los pasajeros mediante la implementación de sistemas de pago eficientes y la reorganización de los puntos de parada.

El tema central de esta investigación es la optimización de la movilidad en la Ruta Nacional 21, en la que una mejora en los tiempos de recorrido no solo beneficiaría a los usuarios

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

directos del transporte público, sino que también contribuiría a una reducción de las emisiones contaminantes y a una mayor sostenibilidad en la región. En términos generales, un sistema de transporte más eficiente en esta zona no solo aumenta la productividad de los usuarios, sino que también genera beneficios económicos, ambientales y sociales, promoviendo el uso del transporte colectivo y disminuyendo la dependencia del automóvil privado.

Con este trabajo, se pretende no solo mejorar el sistema de transporte público en Cota y Chía, sino también proporcionar un modelo que pueda replicarse en otros municipios de Colombia y América Latina que enfrenten desafíos similares en términos de movilidad urbana. En un contexto donde las ciudades requieren soluciones innovadoras para responder a la creciente demanda de movilidad, la optimización del transporte público se posiciona como una estrategia clave para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover el desarrollo urbano sostenible.

### ***Planteamiento del Problema***

La optimización del transporte público intermunicipal es un tema crítico en muchas ciudades y municipios de América Latina, donde el rápido crecimiento poblacional y la falta de infraestructura adecuada afectan gravemente la movilidad. Este fenómeno es especialmente relevante en los municipios de Cota y Chía, ubicados en la periferia norte y occidental de Bogotá, los cuales dependen en gran medida del transporte público para conectar a sus habitantes con la capital. Según datos recientes, el tiempo de recorrido promedio en la ruta entre Cota y Chía, que debería ser de aproximadamente 20 minutos para cubrir los 9,6 kilómetros de

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

distancia, puede llegar a extenderse hasta 90 minutos en horas pico debido a la congestión vehicular y a la falta de sistemas de gestión eficientes (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017; SITEV, 2019) (Artículo).

### ***Causas del Problema***

La problemática en la movilidad entre Cota y Chía se debe a varios factores estructurales y operacionales. Uno de los principales problemas es el aumento en el número de vehículos particulares, lo cual incrementa significativamente la densidad de tráfico y afecta la eficiencia del transporte público. Este crecimiento vehicular responde al crecimiento urbano y la expansión de áreas residenciales y comerciales en la región, sin que haya habido una planificación proporcional en términos de infraestructura vial (Civitas, 2013). Además, la infraestructura actual presenta limitaciones significativas, como la falta de semaforización adaptativa y de carriles exclusivos para autobuses, lo cual impide un flujo vehicular eficiente y afecta los tiempos de recorrido (Nieto, 2010).

Otra causa importante es la falta de un sistema de pago ágil y moderno. Actualmente, los usuarios de transporte en esta ruta utilizan principalmente pagos en efectivo, lo que genera retrasos en el embarque y desembarque de pasajeros. Según estudios sobre movilidad en sistemas de transporte, el uso de tecnologías de pago sin contacto, como tarjetas inteligentes, puede reducir significativamente los tiempos de parada, mejorando así la eficiencia general del sistema (Anderson et al., 2021; Suzuki & Tanaka, 2022).

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

### ***Consecuencias del problema***

Las largas demoras en el transporte público entre Cota y Chía tienen consecuencias directas en la calidad de vida de los habitantes de estos municipios. Los tiempos prolongados de viaje no solo generan frustración y estrés en los usuarios, sino que también afectan su productividad y bienestar, ya que los pasajeros deben dedicar tiempo adicional en sus desplazamientos, reduciendo así su tiempo para actividades personales y laborales. Además, la congestión vehicular incrementa las emisiones de gases contaminantes, lo que representa un riesgo para el medio ambiente y para la salud pública en la región (Tejada, 2002; SITEV, 2019).

Otra consecuencia relevante es el impacto económico. La congestión y la ineficiencia en el transporte público reducen la competitividad de la región como destino para inversiones y nuevas residencias. Al no contar con un sistema de transporte confiable y rápido, la región pierde atractivo tanto para los residentes actuales como para posibles inversionistas en sectores industriales y comerciales (Gutiérrez, 2023). Así, mejorar la eficiencia del transporte en la ruta Cota-Chía podría tener un impacto positivo tanto en la economía local como en la sostenibilidad del área.

### ***Necesidades identificadas***

Para enfrentar estos desafíos, es necesario implementar una serie de mejoras tecnológicas y de infraestructura que optimicen el sistema de transporte público en la ruta Cota-Chía. En primer lugar, se recomienda la instalación de sistemas de semaforización adaptativa en puntos críticos de la ruta, lo cual permitiría ajustar los tiempos de los semáforos en función del flujo de

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

vehículos y reducir los tiempos de espera en intersecciones clave. Además, se sugiere la implementación de carriles exclusivos para autobuses en tramos de alta demanda, lo cual mejoraría la velocidad y confiabilidad del transporte público, beneficiando así a los usuarios que dependen de este servicio (Martínez et al., 2018; Pérez & González, 2020).

La adopción de un sistema de pago sin contacto, como tarjetas inteligentes o aplicaciones móviles, es otra medida necesaria para agilizar el embarque y desembarque de pasajeros. Este cambio permitiría disminuir los tiempos de parada en los paraderos, mejorando la experiencia del usuario y la puntualidad del servicio. La implementación de estas tecnologías no solo aumentaría la eficiencia del transporte, sino que también fomentaría una cultura de movilidad más sostenible en la región, al hacer el transporte público una opción más atractiva y competitiva frente al vehículo particular (Civitas, 2013; Li & Wang, 2019).

### ***Pregunta de investigación***

¿Cómo puede optimizarse el tiempo de recorrido en el transporte público entre los municipios de Cota y Chía en el departamento de Cundinamarca, garantizando una mayor eficiencia en el servicio y una reducción en los impactos negativos de la congestión vehicular?

### **Metodología**

La metodología de este estudio se ha diseñado cuidadosamente para garantizar una recopilación de datos sólida y confiable que permita analizar la eficiencia del transporte público entre los municipios de Cota y Chía, en Cundinamarca. Este apartado describe en detalle cada etapa y componente de la metodología, permitiendo al lector evaluar su adecuación y validez

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

para responder a la pregunta de investigación: ¿Cómo puede optimizarse el tiempo de recorrido en el transporte público entre los municipios de Cota y Chía?

### **Enfoque de Investigación**

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo-descriptivo, ya que busca medir y describir los factores que afectan la eficiencia del transporte público en la ruta en cuestión. El enfoque cuantitativo permite una recopilación y análisis de datos objetivos y cuantificables, lo cual es fundamental para evaluar los tiempos de recorrido, los niveles de congestión y la percepción de los usuarios sobre el servicio. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), los estudios descriptivos son apropiados cuando se pretende “especificar propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno” (p. 125). Este enfoque, por tanto, permite explorar en detalle las variables que inciden en la optimización del transporte público en un contexto particular.

### **Diseño del Estudio**

El diseño de investigación es no experimental y transversal, ya que se enfoca en observar y analizar la situación actual sin manipular variables ni realizar intervenciones directas en el sistema de transporte. Además, el estudio es de tipo transversal porque la recopilación de datos se realiza en un momento específico para obtener una instantánea de las condiciones de la ruta Cota-Chía (Hernández et al., 2014). Este diseño es ideal para comprender el estado actual de la congestión y los tiempos de recorrido, y permite identificar áreas clave de mejora sin alterar el contexto del estudio.

# “OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”

## **Definiciones Conceptuales y Operacionales de las Variables**

### ***Tiempo de Recorrido:***

Definición Conceptual: Se refiere al tiempo total que un usuario de transporte público tarda en trasladarse desde el punto de inicio hasta el destino final en la ruta Cota-Chía.

Definición Operacional: El tiempo de recorrido se medirá en minutos desde el momento en que el usuario sube al autobús hasta el momento en que desciende en su parada final. Para obtener datos precisos, se utilizarán relojes digitales y aplicaciones de seguimiento GPS.

### ***Congestión Vehicular:***

Definición Conceptual: Es el fenómeno en el que la demanda de vehículos en una vía supera su capacidad, lo que provoca una disminución en la velocidad promedio y un aumento en los tiempos de espera (Chávez, 2005).

Definición Operacional: La congestión vehicular se medirá mediante el conteo del número de vehículos en puntos críticos de la ruta y se categorizará en niveles bajo, medio o alto, según la densidad observada en diferentes horarios del día. Estos datos se recolectarán utilizando cámaras y observaciones en campo.

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

### ***Satisfacción del Usuario:***

Definición Conceptual: Es el grado en el cual los usuarios del transporte público perciben que el servicio cumple con sus expectativas en términos de puntualidad, comodidad y eficiencia (Nieto, 2010).

Definición Operacional: La satisfacción del usuario se evaluará mediante una encuesta estructurada en escala Likert de cinco puntos, que abarcará preguntas sobre puntualidad, condiciones del vehículo, tiempo de espera en paraderos y tiempo de recorrido.

### ***Frecuencia de Servicio:***

Definición Conceptual: La frecuencia de servicio se refiere a la cantidad de unidades de transporte público que circulan por la ruta en un tiempo determinado.

Definición Operacional: La frecuencia se medirá mediante el conteo de autobuses que transitan en la ruta durante un intervalo de una hora en horarios pico y no pico. Este dato permitirá evaluar la capacidad del sistema para satisfacer la demanda de usuarios.

### **Uso de Tecnologías de Pago:**

Definición Conceptual: La implementación de métodos de pago digitales (tarjetas inteligentes, pagos móviles) para reducir el tiempo de embarque y desembarque.

Definición Operacional: Se medirá mediante el porcentaje de usuarios que emplean métodos de pago sin contacto y se evaluará su impacto en los tiempos de embarque a través de observaciones en campo y registros de transacciones.

# “OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”

## **Fuentes de Información y Tipos de Documentos Consultados**

Para sustentar el análisis y las propuestas de optimización, esta investigación recurre a múltiples tipos de fuentes de información:

### **Fuentes Primarias:**

**Encuestas a Usuarios:** Las encuestas proporcionarán información directa sobre la percepción de los usuarios respecto a la eficiencia y satisfacción con el transporte en la ruta Cota-Chía. Este método permite recopilar datos sobre las experiencias y expectativas de los pasajeros.

**Observación en Campo:** La observación en puntos estratégicos de la ruta facilita la medición de variables como tiempo de recorrido, niveles de congestión y frecuencia de servicio en condiciones reales de operación.

**Conteo Vehicular:** Se realiza un conteo manual en puntos críticos de la ruta, lo que permite analizar la densidad vehicular y su relación con los tiempos de recorrido.

### **Fuentes Secundarias:**

**Estudios y Artículos Académicos:** Se consultaron estudios sobre movilidad urbana, optimización de transporte y tecnologías de pago, como los de Civitas (2013), que destacan el impacto de estas tecnologías en la eficiencia del transporte público.

**Informes Gubernamentales y Normativas:** Documentos oficiales de la Alcaldía de Bogotá y de otras autoridades locales, como la resolución 2307 de 2014, que regula el tránsito vehicular

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

y las restricciones en horarios pico (INVIAS, 2014). Estos documentos brindan contexto sobre las políticas de movilidad en la región.

Documentos Técnicos y Manuales: El Manual de Calles de México (2019) y guías internacionales sobre transporte sostenible aportan conocimientos técnicos y normativos aplicables a la infraestructura y gestión de tráfico.

### **Instrumentos de Recolección de Datos**

Encuestas: Las encuestas se aplicarán a los usuarios del transporte público en la ruta Cota-Chía, en horarios pico y no pico, para asegurar una muestra representativa. Los cuestionarios incluirán preguntas sobre percepción de puntualidad, comodidad, tiempo de recorrido y eficiencia del sistema de pago. Las encuestas se diseñaron en una escala Likert de cinco puntos, lo cual facilita el análisis estadístico y la comparación de resultados entre diferentes grupos de usuarios (Anderson et al., 2021).

Observación en Campo y Conteo Vehicular: La observación directa se llevará a cabo en puntos clave de la ruta, como intersecciones principales y paraderos de alta afluencia. Mediante cámaras y registros manuales, se realizarán conteos de vehículos para determinar la densidad del tráfico en distintos horarios. Este método permite identificar patrones de congestión vehicular que afectan los tiempos de viaje y la frecuencia del servicio (Civitas, 2013).

Simulación con Software VISSIM: La simulación se utilizará para modelar escenarios de tráfico en la ruta Cota-Chía y evaluar el impacto de propuestas como la semaforización

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

adaptativa y los carriles exclusivos para autobuses. VISSIM permite crear modelos de tráfico complejos y analizar el flujo vehicular en tiempo real, proporcionando datos valiosos sobre la viabilidad de las intervenciones propuestas (Pérez & González, 2020).

Registro de Tiempos de Recorrido mediante GPS: Para medir el tiempo de recorrido con precisión, se utilizarán aplicaciones de seguimiento GPS en los autobuses. Este método permitirá capturar los datos de tiempo de inicio y fin del recorrido, así como las variaciones en velocidad y tiempo de espera en paraderos. Los datos de GPS se complementarán con observaciones en campo para validar la información y detectar posibles anomalías en los tiempos de viaje (Li & Wang, 2019).

### **Confiabilidad y Validez de los Resultados**

Para asegurar la confiabilidad de los datos recolectados, se adoptaron las siguientes medidas:

Triangulación de Métodos: Se combinaron encuestas, observación en campo, conteo vehicular y simulaciones para obtener una visión completa y coherente del fenómeno en estudio, lo cual fortalece la validez de los hallazgos (Hernández et al., 2014).

Pruebas Piloto: Antes de la aplicación final, se realizó una prueba piloto de las encuestas y observaciones para detectar posibles problemas en la formulación de preguntas o en la recolección de datos. Esto permitió ajustar los instrumentos y asegurar su eficacia.

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

Estándares de Medición Consistentes: En la observación de campo y el conteo vehicular, se emplearon protocolos estandarizados para registrar la densidad de tráfico y el tiempo de recorrido, lo cual garantiza la consistencia y comparabilidad de los datos.

La validez del estudio también se asegura mediante el uso de fuentes confiables y métodos de medición comprobados, como el uso de GPS y software de simulación. La combinación de datos cuantitativos y análisis de simulación permite una interpretación robusta y detallada de las variables en estudio.

### **Reflexión**

La reflexión sobre la optimización del transporte público en Cota y Chía requiere un análisis profundo de los contextos locales e internacionales, comparando las estrategias de movilidad en Colombia con las de otros países de América Latina y del mundo. Esta reflexión se estructura en diferentes secciones para proporcionar una perspectiva completa, argumentada y secuencial de los desafíos y soluciones en el ámbito de la movilidad urbana y el transporte público. Cada sección presenta las ideas y conclusiones de autores relevantes, además de comparaciones entre contextos y la adaptación de soluciones probadas a nivel internacional para su posible implementación en Colombia.

#### **1. La Movilidad en Colombia: Un Desafío en Expansión**

La movilidad en Colombia, y específicamente en la región de Cundinamarca, enfrenta serios problemas de congestión vehicular debido a la rápida expansión urbana y el crecimiento del parque automotor. Según un informe de la Secretaría de Movilidad de Bogotá (2020), el tiempo promedio de viaje en rutas intermunicipales puede duplicarse en horas pico, lo cual afecta

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

gravemente la calidad de vida de los usuarios y la eficiencia del sistema de transporte (Secretaría de Movilidad de Bogotá, 2020). En este contexto, los municipios de Cota y Chía representan un ejemplo claro de cómo la falta de planificación en infraestructura y en sistemas de tráfico adaptativos genera problemas de movilidad.

Autores como Nieto (2010) señalan que el problema de la movilidad en Colombia está relacionado con la falta de integración entre los sistemas de transporte urbano e interurbano, lo cual incrementa el tiempo de viaje y reduce la eficiencia del transporte público. Nieto destaca que uno de los principales factores de congestión en Cota y Chía es la falta de tecnología avanzada en el control del tráfico, como la semaforización inteligente y los sistemas de monitoreo en tiempo real, lo cual permite ajustar el flujo de vehículos y reducir los Tiempos de espera (Nieto, 2010).

Además, el crecimiento poblacional en la región de la Sabana de Bogotá ha generado un aumento en la demanda de servicios de transporte, superando la capacidad actual de las infraestructuras viales. De acuerdo con Civitas (2013), la planificación de rutas y la implementación de tecnologías avanzadas para la optimización del tráfico son elementos fundamentales para mejorar la movilidad y reducir la congestión en áreas de alta demanda como Cota y Chía.

### **2. Comparación con la Movilidad en América Latina**

La situación de Cota y Chía en términos de congestión y tiempo de viaje no es exclusiva de Colombia; varios países de América Latina experimentan desafíos similares debido a la rápida

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

urbanización y al aumento del parque automotor. En ciudades como Lima, México y Sao Paulo, la falta de planificación en movilidad ha llevado a problemas graves de congestión, lo cual afecta tanto a los sistemas de transporte público como a los usuarios particulares (Tejada, 2002). Lima, por ejemplo, ha visto un incremento en el tiempo de viaje debido a la falta de infraestructura adecuada y al crecimiento del parque vehicular, lo que ha llevado a la saturación de las vías principales durante las horas pico (Manual de Calles México, 2019 ).

La ciudad de México es otro ejemplo de los problemas de congestión en la región, donde la implementación de sistemas de transporte masivo como el metro y los autobuses de tránsito rápido (BRT) han sido insuficientes para absorber la creciente demanda de movilidad. Según Martínez et al. (2018), una de las estrategias más efectivas en México ha sido la creación de carriles exclusivos para autobuses, lo cual ha reducido los tiempos de viaje en un 40% en rutas críticas. Esta medida, que ha sido replicada en otras ciudades, podría implementarse en Cota y Chía para mejorar la eficiencia del transporte público.

### 3. Reflexión sobre la Implementación de Tecnologías de Pago y Control de Tráfico

La tecnología de pago sin contacto y los sistemas de control de tráfico en tiempo real son herramientas ampliamente utilizadas en varios países desarrollados para mejorar la eficiencia del transporte público. En Japón, por ejemplo, el sistema de transporte público es uno de los más avanzados del mundo, y la implementación de tecnologías de pago sin contacto ha reducido significativamente los tiempos de embarque y desembarque en autobuses y trenes (Suzuki &

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

Tanaka, 2022). Esta tecnología permite una experiencia de usuario más rápida y cómoda, y reduce los tiempos de espera en paraderos, lo cual mejora la fluidez del servicio de transporte.

En el contexto de Cota y Chía, la adopción de tecnologías de pago sin contacto podría ser una estrategia efectiva para reducir los tiempos de parada y mejorar la experiencia del usuario. Como se señala en el documento de Civitas (2013), la tecnología de pago sin contacto facilita la operación del transporte público y aumenta la eficiencia en los tiempos de recorrido, especialmente en rutas de alta demanda.

Por otro lado, los sistemas de semaforización adaptativa, utilizados en ciudades como Tokio y Barcelona, han demostrado ser efectivos para reducir la congestión vehicular en intersecciones de alto tráfico (Pérez & González, 2020). Estos sistemas ajustan automáticamente los tiempos de los semáforos según el flujo de vehículos, lo cual permite una mayor fluidez en el tráfico y reducir los tiempos de espera. La implementación de este tipo de tecnología en Cota y Chía podría tener un impacto positivo en la reducción de los tiempos de viaje y en la descongestión de las principales intersecciones de la ruta.

### **4. Eficiencia y Sostenibilidad en el Transporte Público**

La sostenibilidad es un factor clave en la planificación de sistemas de transporte público en ciudades modernas. Países como Suecia y Dinamarca han integrado la sostenibilidad en sus políticas de movilidad, priorizando el uso del transporte público y promoviendo el uso de vehículos de bajas emisiones. En Copenhague, por ejemplo, se han implementado políticas para reducir el

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

uso de vehículos particulares y fomentar el transporte público y la movilidad en bicicleta, lo cual ha resultado en una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> y en una mejora de la calidad de vida. De los habitantes (Chávez, 2005).

La sostenibilidad en el transporte público en Cota y Chía implica no solo la optimización de los tiempos de recorrido, sino también la reducción de la contaminación y la promoción de una cultura de movilidad más responsable. Implementar tecnologías que reduzcan las emisiones y optimicen el uso del transporte público contribuiría a la sostenibilidad ambiental de la región y mejoraría la calidad de vida de sus habitantes.

### **5. Reflexión Final: La Integración de Soluciones Tecnológicas y de Infraestructura en Cota y Chía**

La reflexión final se centra en la importancia de integrar soluciones tecnológicas y de infraestructura para abordar los desafíos de movilidad en Cota y Chía. La evidencia recopilada sugiere que una combinación de tecnologías de pago sin contacto, semaforización adaptativa y carriles exclusivos para autobuses podría mejorar significativamente la eficiencia del transporte público en la ruta. Estas soluciones, ya implementadas en otros contextos internacionales, ofrecen una base sólida para su aplicación en Colombia.

Además, es fundamental que cualquier estrategia de optimización incluya una perspectiva de sostenibilidad y respeto al medio ambiente. Como señala el Manual de Calles México (2019),

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

una planificación integral que priorice la movilidad sostenible y el uso eficiente de los recursos es clave para crear ciudades más habitables y competitivas.

### **Conclusión**

En conclusión, el análisis de la movilidad y la optimización del transporte público entre los municipios de Cota y Chía revela una serie de desafíos que se encuentran profundamente arraigados en la falta de infraestructura adaptada al crecimiento demográfico y al incremento del parque vehicular. Este estudio ha permitido identificar no solo los factores que inciden en la congestión vehicular, sino también las oportunidades para implementar soluciones tecnológicas y de infraestructura que podrían mejorar significativamente los tiempos de recorrido y la eficiencia del transporte público en esta región.

Por un lado, los datos obtenidos de las encuestas y las observaciones en campo confirman que -la congestión vehicular en la ruta Cota-Chía afecta de manera crítica el tiempo de viaje y la satisfacción de los usuarios. Además, la falta de semaforización adaptativa y de carriles exclusivos para autobuses incrementa los tiempos de espera y reduce la velocidad de desplazamiento, limitando la capacidad del transporte público para satisfacer la demanda de una manera ágil y eficiente. Estos resultados evidencian la necesidad de adoptar medidas de optimización que prioricen el flujo del transporte público y promuevan una movilidad más sostenible y accesible.

## **“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

Asimismo, la comparación con casos de éxito en América Latina, como la implementación de carriles exclusivos en México y los sistemas de monitoreo en tiempo real en São Paulo, resalta el potencial de adaptar estas estrategias a la realidad de Cota y Chía. Estas experiencias demuestran que, con una planificación adecuada y una inversión en tecnologías avanzadas de control de tráfico, es posible reducir los tiempos de recorrido y mejorar la experiencia de los usuarios de transporte público. En este sentido, la creación de carriles exclusivos y la adopción de sistemas de pago sin contacto se destacan como medidas efectivas y aplicables que, además de optimizar el flujo de vehículos, incentivarían a más personas a optar por el transporte colectivo, reduciendo así el uso de vehículos particulares.

Por otro lado, este estudio subraya la importancia de fomentar la sostenibilidad en el transporte público, no solo para reducir la congestión, sino también para disminuir las emisiones contaminantes y mejorar la calidad de vida de los habitantes. La implementación de tecnologías que optimizan el uso de energía y el impulso de una cultura de movilidad responsable contribuirían a que la región avance hacia una movilidad urbana más sostenible, en sintonía con los objetivos de desarrollo ambiental y social.

Finalmente, es evidente que la integración de soluciones tecnológicas y de infraestructura en Cota y Chía debe ser abordada desde una perspectiva integral y con la colaboración de actores clave, como las autoridades locales, los operadores de transporte y los usuarios. Solo a través de una visión colaborativa y sostenible será posible implementar las mejoras necesarias para que el transporte público se convierta en una alternativa confiable y eficiente en la región. Así, este

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

estudio no solo identifica soluciones para optimizar los tiempos de recorrido, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos que contribuyan al fortalecimiento de la movilidad y el bienestar en Cota y Chía.

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

**Referencias**

- 1) Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Informe de Movilidad Urbana 2017 . Bogotá, Colombia: Secretaría de Movilidad.
- 2) Anderson, J., Smith, R. y Johnson, A. (2021). Implementación de sistemas de pago sin contacto en el transporte urbano: un análisis de la eficiencia del tiempo . *Journal of Urban Mobility*, 12(3), 45-58.
- 3) Chávez, L. (2005). *Movilidad Urbana Sostenible: Estrategias para la Reducción de la Congestión Vehicular* . Lima: Editorial CIES.
- 4) Civitas. (2013). *Innovaciones Tecnológicas en el Transporte Público: Casos de América Latina* . *Revista de Planificación Urbana*, 9(2), 70-85.
- 5) Forero, M. (2022). *Congestión y Eficiencia en TransMilenio: Un Análisis de la Infraestructura Vial y la Demanda de Usuarios* . *Revista de Movilidad Colombiana*, 15(1), 22-36.
- 6) García, L., & Méndez, P. (2021). *Impacto del Sistema Metroplús en la Movilidad Urbana en Medellín* . Universidad de Antioquia.
- 7) Gutiérrez, J. (2023). *Optimización de Rutas en el Transporte Público de Bucaramanga: Aplicación de Modelos de Simulación* . Universidad Industrial de Santander.
- 8) Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill.

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

- 9) INVÍAS. (2014). Resolución 2307 de 2014 sobre el Tránsito Vehicular en Colombia . Bogotá, Colombia: Instituto Nacional de Vías.
- 10) Li, X., y Wang, Y. (2019). Sistemas de monitoreo de tráfico en tiempo real en Shanghái: mejora de la eficiencia del transporte público . Revista asiática de estudios urbanos, 14(4), 101-120.
- 11) López, A., & Bernal, F. (2020). Efectos de los Sistemas de Pago Digitales en la Eficiencia del Transporte Público Intermunicipal . Revista del Valle, 8(3), 39-54.
- 12) Manual de calles México. (2019). Guía para la Planificación de Calles y la Movilidad Urbana Sostenible . Gobierno de la Ciudad de México.
- 13) Martínez, P., García, R., & Solano, E. (2018). Reducción de Tiempos de Viaje mediante Carriles Exclusivos en la Ciudad de México . Revista Mexicana de Movilidad Urbana, 6(4), 55-67.
- 14) Nieto, H. (2010). Problemas de Movilidad en Colombia: Diagnóstico y Propuestas para un Transporte Público Eficiente . Bogotá, Colombia: Editorial Uniandes.
- 15) Pérez, J., & González, M. (2020). Semaforización Adaptativa en Barcelona: Un Estudio sobre la Reducción de la Congestión Vehicular . Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- 16) Ramírez, D. (2019). Movilidad Urbana en Pereira: Impacto del Parque Automotor y la Necesidad de Tecnologías Inteligentes . Revista de Ingeniería Vial, 10(2), 85-102.

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

- 17) Secretaría de Movilidad de Bogotá. (2020). Informe de Movilidad y Congestión en la Región Metropolitana de Bogotá . Bogotá, Colombia: Secretaría Distrital de Movilidad.
- 18) SITEV. (2019). Estadísticas de Tránsito y Eficiencia Vehicular en la Sabana de Bogotá . Bogotá, Colombia: Sistema Integrado de Transporte en Vías.
- 19) Suzuki, K. y Tanaka, Y. (2022). Soluciones de tráfico de IA innovadoras en Tokio: cómo abordar la congestión urbana . Tokyo Journal of Transportation, 11(1), 34-48.
- 20) Tejada, R. (2002). Optimización del Transporte Público en Ciudades Latinoamericanas: Estrategias y Modelos . Lima: Ediciones Tesis

**“OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO ENTRE COTA Y CHÍA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA CONGESTIÓN Y MEJORAR LA MOVILIDAD SOSTENIBLE”**

**Anexos**

**Instrumento de Recolección de Datos: Encuesta a Usuarios de Transporte Público en la Ruta Cota-Chía**

Sección	Pregunta	Tipo de respuesta
<b>Datos demográficos</b>		
<b>1. Edad</b>	¿Cuál es su edad?	Opción múltiple: (3 – 17; 18-25; 26 – 35 y 36 – 60)
<b>2. Sexo</b>	¿Cuál es su sexo?	Opción (Masculino – Femenino)
<b>3. Motivo del viaje</b>	¿Cuál es el motivo principal de su viaje?	Opción múltiple: (Trabajo) (Estudios) (Otros)
<b>Frecuencia de Uso</b>		
<b>4. Frecuencia de uso</b>	¿Con qué frecuencia se utiliza?	Opción múltiple: (Diario) (Semanal) (Mensual)
<b>Percepción de la calidad</b>		
<b>5. Tiempo de viaje</b>	¿Cuánto tiempo promedio tarda en su viaje en la ruta Cota-Chía?	Opción múltiple: (Menos de 30 min) (30
<b>6. Puntualidad</b>	Estafa	Escala Likert: (1 Muy malo – 5 Muy bueno)
<b>7. Comodidad</b>	¿Cómo calificaría la comodidad del	Escala Likert: (1 Muy malo – 5 Muy bueno)
<b>8. Frecuencia d</b>	¿Cómo evaluar la frecuencia de los autobuses en esta ruta?	Escala Likert: (1 Muy malo – 5 Muy bueno)
<b>9. Seguridad</b>	¿Se siente seguro(a) con nosotros?	Escala Likert: (1 Muy malo – 5 Muy bueno)
<b>Problemas frecuentes</b>		
<b>10. Congestión</b>	¿Con qué frecuencia experimenta congestión en la ruta?	Opción múltiple: Nunca, Poco usual, Una vez que otra, Regularmente y Permanentemente,
<b>11. Tiempos de Espera</b>	¿Cuánto tiempo esp	Opción múltiple: (Menos de 5 min) (5-10 min) (Más de 10 min)
<b>Sistemas de pago</b>		
<b>12. Método de pago</b>	¿Cuál método de pago usa gen?	Opción múltiple: (Efectivo) (Tarjeta) (Otros)
<b>13. Preferencia de pago</b>	¿Te gustaría que existiera un método?	Respuesta abierta
<b>Satisfacción global</b>		
<b>14. Satisfacción</b>	¿Cuál es su nivel de satisfacción general con el transporte en esta ruta?	Escala Likert: (1 Muy insatisfecho – 5 Muy satisfecho)
<b>Sugerencias</b>		
<b>15. Sugerencias</b>	¿Qué mejoras hay en contra?	Respuesta abierta