



La complejidad cognitiva de los sistemas de transporte en las ciudades

## Descripción

## Introducción

En las ciudades contemporáneas, la gestión del transporte urbano se enfrenta a desafíos crecientes.

La complejidad de los sistemas multimodales, que combinan metro, autobuses, trenes, bicicletas, y otros medios, puede superar fácilmente la capacidad cognitiva de los usuarios, dificultando la navegación eficiente y la toma de decisiones óptimas.

Este artículo explora los límites cognitivos del ser humano en la navegación de redes de transporte complejas y propone soluciones basadas en investigaciones recientes para mejorar la usabilidad y resiliencia de estos sistemas

## Capacidad cognitiva y sobrecarga de información

La capacidad del ser humano para procesar y retener información es limitada.

En 1956, George A. Miller estableció que el número de elementos que podemos manejar simultáneamente en nuestra memoria de trabajo es de alrededor de 7, más o menos 2. Este principio, conocido como el “número mágico”, se aplica también a la navegación de sistemas complejos.

Estudios recientes han adaptado este concepto al contexto de redes de transporte, mostrando que los usuarios experimentan una sobrecarga cognitiva cuando deben tomar

más de tres o cuatro decisiones de ruta consecutivas, lo que corresponde a aproximadamente 8 bits de información (Miller, 1956; Chen et al., 2023)<sup>1</sup>.

En las grandes ciudades, los sistemas de transporte multimodal a menudo superan este umbral.

En Nueva York, por ejemplo, la red de metro es tan extensa y con tantas interconexiones que el 80% de los viajes potenciales implican decisiones que superan la capacidad cognitiva óptima de los usuarios (arXiv, 2023)<sup>2</sup>. Esto no solo genera confusión, sino que puede llevar a los usuarios a evitar ciertas rutas o a optar por trayectos menos eficientes simplemente porque son más fáciles de recordar y seguir.

## **Impacto en la eficiencia del sistema y la experiencia del usuario**

La sobrecarga cognitiva no es solo un problema individual, sino que también tiene consecuencias sistémicas.

Cuando muchos usuarios eligen rutas subóptimas para evitar la complejidad de la red, se generan patrones de uso ineficientes que contribuyen a la congestión en ciertas líneas y estaciones.

Por ejemplo, la preferencia por rutas directas, aunque más lentas, puede sobrecargar líneas de autobús o tren que, de otro modo, serían menos utilizadas. Esto crea un desequilibrio en la distribución de la carga de pasajeros, afectando la eficiencia general del sistema (European Transport Research Review, 2023)<sup>3</sup>.

La complejidad no solo se debe a la cantidad de rutas disponibles, sino también a cómo se presenta la información al usuario.

Los mapas de transporte con demasiadas líneas, conexiones y detalles pueden resultar abrumadores, mientras que una representación excesivamente simplificada puede omitir información crítica.

Además, la variabilidad en el tiempo de viaje debido a factores como el clima, el tráfico o los retrasos en el servicio complica aún más la planificación eficiente de rutas (Springer, 2023)<sup>4</sup>.



## Propuestas para la mejora de la usabilidad y la resiliencia del sistema

Para abordar estos desafíos, se han propuesto varias estrategias innovadoras:

### 1. Optimización inteligente de rutas

Utilizar algoritmos de inteligencia artificial, como el aprendizaje por refuerzo, permite optimizar rutas en tiempo real considerando variables dinámicas como el tráfico y el clima.

Estos sistemas pueden sugerir la mejor ruta disponible en cada momento, reduciendo la necesidad de que el usuario procese información compleja y permitiéndole tomar decisiones más eficientes.

Un estudio reciente aplicó un modelo basado en Q-learning para mejorar la planificación de rutas multimodales bajo incertidumbre, logrando resultados prometedores (Springer, 2023).

### 2. Diseño de redes resilientes

La resiliencia de un sistema de transporte se refiere a su capacidad para mantener operaciones eficientes ante interrupciones, como desastres naturales o fallos técnicos.

Los sistemas resilientes no solo permiten una rápida recuperación ante problemas, sino que también proporcionan rutas alternativas claras y fáciles de seguir.

Un estudio en Lisboa mostró que las redes multimodales diseñadas con criterios de resiliencia pueden soportar una mayor cantidad de fallos sin afectar significativamente el servicio (European Transport Research Review, 2023).

### 3. Presentación eficiente de la información

Mejorar la forma en que se presenta la información al usuario es fundamental para reducir la sobrecarga cognitiva.

Esto incluye el uso de mapas y señalización intuitivos que resalten las rutas más importantes y las conexiones clave, así como aplicaciones móviles que proporcionen información personalizada y actualizada en tiempo real.

Un diseño centrado en el usuario debe equilibrar simplicidad y detalle para facilitar la comprensión sin abrumar.

## Conclusión

La gestión eficiente de los sistemas de transporte multimodal en las grandes ciudades requiere una comprensión profunda de los límites cognitivos humanos y su aplicación al diseño y operación de estas redes.

Superar la complejidad actual implica no solo mejorar la infraestructura física, sino también optimizar la forma en que se presenta la información y cómo se gestionan las decisiones de ruta en tiempo real.

La combinación de tecnología avanzada, como la inteligencia artificial, con un diseño de información más accesible, puede transformar la experiencia de los usuarios y mejorar la eficiencia general del sistema.

Con un enfoque interdisciplinario que combine neurociencia, ingeniería de transporte y tecnología de la información, es posible diseñar sistemas que no solo sean funcionales, sino también intuitivos y adaptables, preparando nuestras ciudades para los desafíos de movilidad del futuro.

## Referencias

1. Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97.
2. (2023). Information measures and cognitive limits in multilayer navigation. Recuperado de [arxiv.org](https://arxiv.org)
3. (2023). Multimodal transportation routing optimization based on multi-objective Q-learning under time uncertainty. Recuperado de Springer
4. European Transport Research Review. (2023). Assessing robustness in multimodal transportation systems: a case study in Lisbon. Recuperado de [springeropen.com](https://www.springeropen.com)