

# Sistema experto como soporte al proceso de reducción de puntos de congestión vehicular en Lima Metropolitana

*Expert system to support the process of reducing traffic congestion points in Lima Metropolitan*

Mayteelsoon Guerra Castilla \*  
Rocío Benito Misaray \*\*  
Dante Bazán Peña \*\*\*

## RESUMEN

La presente investigación propone un modelo que contribuya a solucionar el grave problema de la congestión vehicular en la ciudad de Lima Metropolitana, mediante la implementación de un sistema experto, el cual ofrece al usuario rutas óptimas que le permitan llegar a su destino en el menor tiempo posible. Para lograr esto, controla en tiempo real el estado del tráfico en las vías, gestiona las posibles incidencias que ocurran, evalúa la distancia y calidad de las posibles vías, y predice la existencia de congestión vehicular en una vía, basándose en estadísticas, en caso de no tener información actualizada.

El objetivo primario del sistema, es equilibrar la cantidad de vehículos en las vías disponibles, redirigiendo a los vehículos por zonas libres de la congestión, ofreciendo al usuario nuevas rutas para llegar a su destino, y de esta manera, solucionar otros aspectos importantes, entre los cuales tenemos el consumo elevado del combustible para llegar al destino, el sobretiempo empleado, la estrés, la violencia y la frustración que genera el tráfico, y la reducción del contaminantes que se liberan en el medio ambiente.

El ensayo, demostró que la utilización del sistema experto como soporte al proceso de toma de decisiones, redujo el tiempo de viaje y permitirá reducir los puntos de congestión en Lima Metropolitana.

**Palabras clave:** *sistema experto, congestión vehicular, rutas óptimas, toma de decisiones.*

## ABSTRACT

This research proposes a model that helps solve the serious problem of traffic congestion in the city of Lima, by implementing an expert system, which provides the user with optimal routes to enable it to reach its destination in the shortest time possible. To achieve this, real-time controls the traffic on the tracks, It manages any incidents that occur, it evaluates the distance and quality of the possible routes, and predicts the existence of congestion in a way, based on statistics, should not have updated information.

The primary objective of the system is to balance the number of vehicles on the roads available, redirecting vehicles congestion free areas, offering the user new routes to your destination, and thus solve other issues, between which you have high fuel consumption to reach to the destination, employee overtime, the stress, violence and frustration of traffic, and the reduction of pollutants released into the environment.

The trial showed that the use of expert system to support the making decision process, reduced travel time and will allow to reduce the traffic jam in Lima.

**Key words:** expert system, traffic congestion, optimal routes, making decisions.

---

\* Mayteelsoon Guerra Castilla es alumno del X ciclo de la EAPISI-UAP. E-mail: [ing.mguerra@outlook.com](mailto:ing.mguerra@outlook.com)

\*\* Rocío Benito Misaray es alumna del X ciclo de la EAPISI-UAP. E-mail: [rbenito@outlook.com](mailto:rbenito@outlook.com)

\*\*\* Dante Bazán Peña es alumno egresado de la EAPISI-UAP. E-mail: [dante\\_bazan@hotmail.es](mailto:dante_bazan@hotmail.es)

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que afrontan las grandes ciudades de todo el mundo es la congestión vehicular, la cual genera pérdidas multimillonarias que afectan directamente al ciudadano, entre ellas cabe destacar el sobretiempo empleado para movilizarse a su destino, el consumo adicional de combustible, que a su vez origina un aumento de la emisión de gases que afectan el medio ambiente y el aumento de enfermedades causados por la toxicidad de las emisiones.

Según un estudio realizado en la ciudad de Lima por la Defensoría del Pueblo<sup>1</sup>, la Gerencia de Transporte Urbano (GTU)<sup>2</sup> y la ONG Luz Ámbar<sup>3</sup>, se recogieron los siguientes datos:

- a) La congestión en Lima deja pérdidas de mil millones de soles al año.
- b) Se consume un 30% adicional de combustible, para llegar al destino.
- c) Los precios de los pasajes aumentaron en un 50%, debido al consumo adicional de combustible y el tiempo necesario para llegar al destino.
- d) Los niveles de contaminación del aire llegaron a ser superiores que los encontrados en ciudades como Santiago de Chile, México DF y Sao Paulo.
- e) Se registraron las tasas de enfermedades crónicas (asma, faringitis, rinitis alérgica) entre las más altas del mundo.
- f) Un aumento del número de accidentes de tráfico, atribuibles a un manejo audaz, por tratar de llegar más rápido al destino.
- g) Pérdida de horas-hombre por el aumento del tiempo de viaje derivado de la congestión.

La presente investigación tiene como objetivo determinar cómo el uso de un sistema experto, desarrollado por alumnos de la facultad de Ingenierías de Sistemas e Informática de la Universidad Alas Peruanas, permitirá reducir los puntos de congestión en la ciudad de Lima Metropolitana, para ello se evaluará un sistema experto que permita balancear la carga de vehículos en las diferentes vías de dicha ciudad, conduciendo a los usuarios por vías alternas, aligerando las que presentan mayor congestión vehicular.

## Hipótesis

La utilización del sistema experto propuesto tiene un efecto positivo en la reducción de puntos de congestión vehicular en Lima Metropolitana, además de reducir el tiempo de viaje, el consumo de combustible y la liberación de gases tóxicos, y por consiguiente, mejora la calidad de vida de los usuarios del transporte.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Material:

Para construir la solución, se utilizaron las siguientes herramientas:

1. *Microsoft Visual C# 2010*: Lenguaje de programación multipropósito, principal lenguaje del sistema experto.

2. *Microsoft ASP.NET MVC 3*: Lenguaje de programación, utilizado para el entorno Web.

---

<sup>1</sup> El Transporte Urbano en Lima Metropolitana: Un Desafío en Defensa de la Vida. Informe defensorial N° 137. Primera edición. Lima. Perú.

<sup>2</sup> Gerencia de Transporte Urbano <http://www.gtu.munlima.gob.pe/>

<sup>3</sup> ONG Luz Ámbar <http://www.luzambar.pe/>

3. *Microsoft Entity Framework 4.1*: Mapeador de base de datos, utilizado como interface para la comunicación con la base de datos.
4. *Microsoft SQL Server 2008 R2*: Gestor de base de datos, en la cual se almacena la información generada por el sistema experto.

### Método:

Para lograr el objetivo, se propuso la creación de un sistema experto, el cual tiene las siguientes características:

1. Recibir y procesar información sobre el estado del tráfico, en tiempo real y de fuentes confiables.
2. Recibir y procesar información sobre rutas alternas, proporcionada por usuarios expertos y fuentes confiables.
3. Inferir rutas nuevas, basándose en las rutas existentes.
4. Recibir y procesar información sobre incidentes diversos (accidentes, bloqueo de pistas, protestas, etc.) que ocurran en tiempo real y a futuro.
5. Inferir el estado del tráfico en las vías mediante estadísticas, en caso de no contar con información actualizada.
6. Procesar toda la información para ofrecer al usuario la mejor ruta para llegar a su destino.
7. Ofrecer la información en tiempo real, a todos los usuarios del transporte, de manera gratuita, rápida y confiable.

Para ello, el prototipo funcional, procesa toda la información obtenida por fuentes confiables y ofrece al usuario una ruta o serie de pasos a tomar, para llegar a su destino, para lograr esto, se utiliza un motor de enrutamiento dinámico, el cual verifica los datos del tráfico en tiempo real, obtiene todas las posibles rutas y evalúa la mejor opción, de acuerdo a un análisis estadístico, en base a las preferencias de los usuarios, tipo de vía, hora exacta, eventos futuros, accidentes, etc.

Para comprobar la efectividad de la herramienta en evaluación, se procedió a realizar las siguientes operaciones:

- A. *Encuestas*: Se realizaron encuestas a 25 voluntarios, los cuales ofrecieron datos sobre rutas conocidas para llegar a su trabajo, además del tiempo empleado para ello. Los datos del punto B y C pertenecen a los datos proporcionados por los voluntarios.
- B. *Recolección de datos*: Se seleccionaron 5 puntos de partida y destino, los cuales comparten las siguientes características:

**Tabla 1. Datos de partida y destino**

PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE DESTINO	CANTIDAD DE RUTAS ALTERNAS CONOCIDAS
La Bolichera (Surco)	Círculo Militar (Jesús María)	2
Sede principal UAP (Jesús María)	Compuplaza (Cercado de Lima)	2
Hospital del empleado (Lince)	Entrada de Villa (Villa El Salvador)	2
Compuplaza (Cercado de Lima)	Parque de la amistad (Surco)	2

De los datos obtenidos, se obtuvieron las rutas más utilizadas por los voluntarios.

**Tabla 2. Rutas preferidas de los voluntarios**

RUTA	PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE DESTINO	OPCIÓN A	OPCIÓN B
Ruta 1	Compuplaza (Cercado de Lima)	Parque de la Amistad (Surco)	Av. Garcilaso de la Vega Av. Arequipa Av. Angamos Av. Marsano Av. Caminos del Inca	Av. Garcilaso de la Vega Av. Arequipa Av. Angamos Av. Marsano Av. Aviación Av. Benavides Av. Caminos del Inca
Ruta 2	Sede principal UAP (Jesús María)	Compu Plaza (Cercado de Lima)	Av. Salaverry Av. Garcilaso de la Vega Av. Wilson	Av. Rebagliati Av. Arequipa Av. Garcilaso de la Vega Av. Wilson
Ruta 3	Hospital del Empleado (Lince)	Entrada de Villa (Villa El Salvador)	Av. Arequipa Av. Angamos Av. Marsano Panamericana Sur	Av. Canevaro Av. Francisco de Zela Av. Canadá Panamericana Sur
Ruta 4	La Bolichera (Surco)	Círculo Militar (Jesús María)	Av. Marsano Av. Angamos Av. Arequipa Av. Rebagliati	Panamericana Sur Av. Canadá Francisco de Zela Av. Arequipa Av. Rebagliati

Se tomaron muestras sobre el estado del tráfico en las vías de estudio.

**Tabla 3. Datos sobre la toma de muestras del estado del tráfico**

PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE LLEGADA	HORA DE LA MUESTRA
La Bolichera (Surco)	Círculo Militar (Jesús María)	06:00 pm

Sede principal UAP (Jesús María)	Compuplaza (Cercado de Lima)	06:00 pm
Hospital del empleado (Lince)	Entrada de Villa (Villa El Salvador)	06:00 pm
Compuplaza (Cercado de Lima)	Parque de la amistad (Surco)	06:00 pm

C. *Análisis de datos:* Los datos sobre el estado del tráfico y las rutas seleccionadas, son analizados para determinar un promedio del tiempo de viaje y la cantidad de puntos de congestión en las rutas seleccionadas.

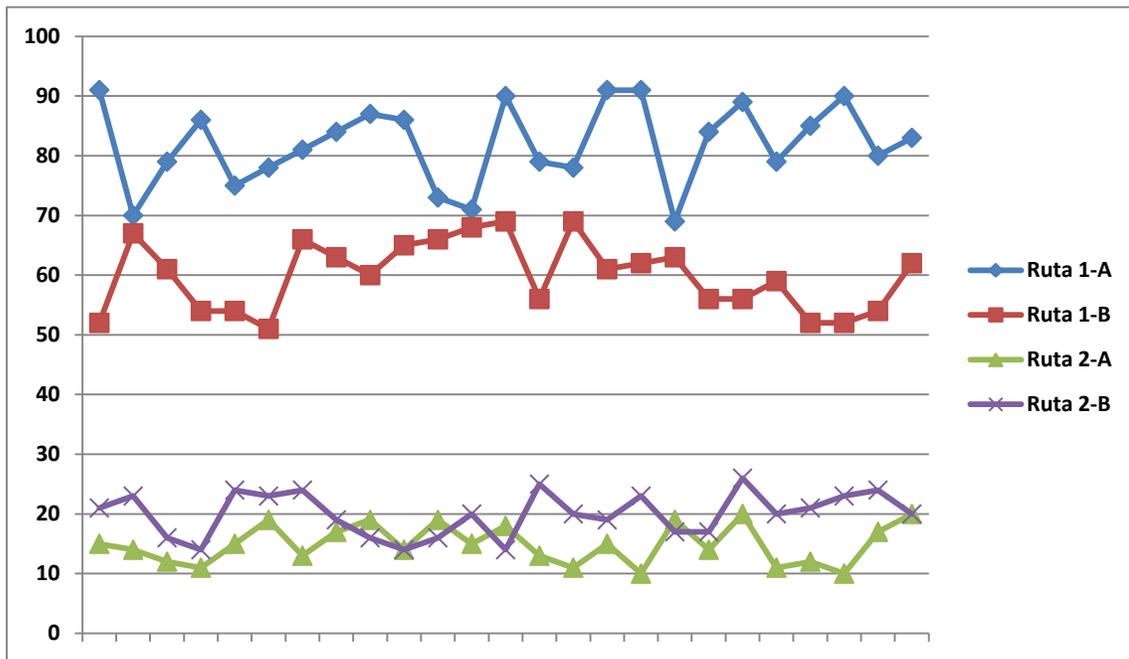
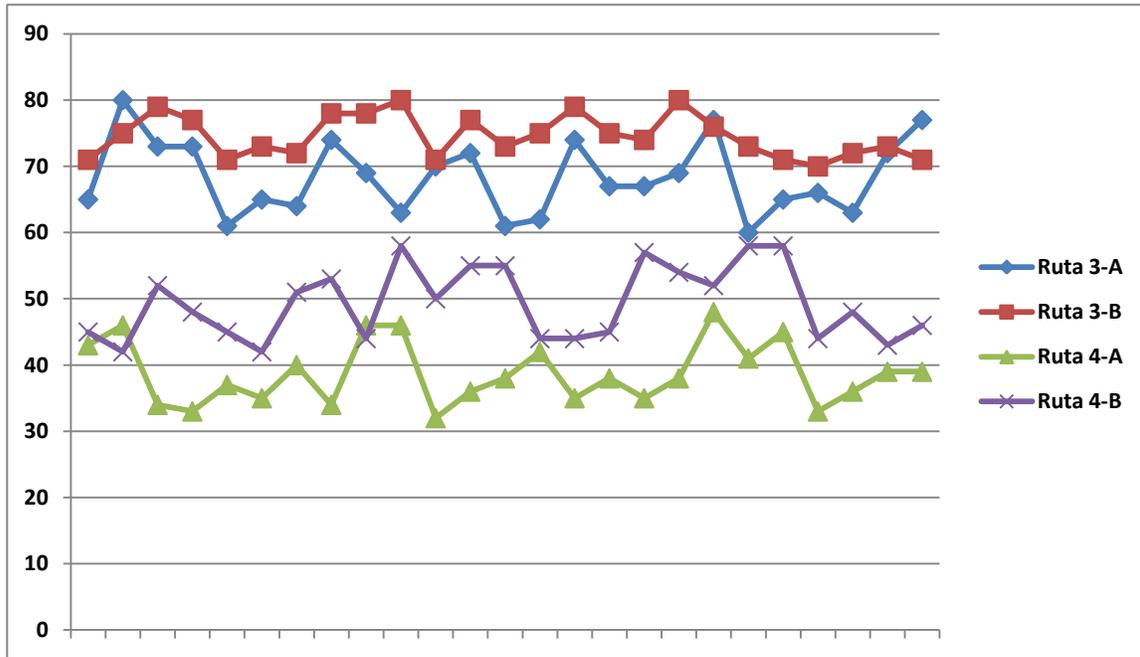


Gráfico 1. Muestras estimadas del tiempo de viaje (en minutos)



**Gráfico 2.** Muestras estimadas del tiempo de viaje (en minutos)

1. *Puntos de congestión:* Se analizaron las rutas, realizando viajes en la misma hora, para obtener la cantidad de puntos de congestión por ruta, con los siguientes resultados.

**Tabla 4.** Puntos de congestión por ruta

RUTA	INICIO DE LA EVALUACIÓN	PUNTOS DE CONGESTIÓN
Ruta 1-A	06:00 pm	6
Ruta 1-B	06:00 pm	8
Ruta 2-A	06:00 pm	2
Ruta 2-B	06:00 pm	3
Ruta 3-A	06:00 pm	5
Ruta 3-B	06:00 pm	5

Ruta 4-A	06:00 pm	5
Ruta 4-B	06:00 pm	3

*Procesamiento de datos:* Se ingresaron datos sobre el estado del tráfico, nuevas rutas, incidentes, etc. Luego, se ingresaron los datos sobre los puntos de partida y destino, y el sistema propuso tomar las siguientes rutas:

**Tabla 5. Ruta propuesta por el sistema experto**

PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE LLEGADA	RUTA PROPUESTA
Compuplaza (Cercado de Lima)	Parque de la amistad (Surco)	Av. Alfonso Ugarte, Av. Washington, Vía Expresa Grau, Nicolás Ayllón, Av. Circunvalación, Panamericana Sur, Calle Bodegones, Av. Caminos del Inca.
Sede principal UAP (Jesús María)	Compuplaza (Cercado de Lima)	Av. Olavegoya, Av. Huáscar, Av. Horacio Urteaga, Av. Rivero, Av. Paredes, Av. Alfonso Ugarte.
Hospital del Empleado (Lince)	Entrada de Villa (Villa El Salvador)	Av. Francisco de Zela, Av. Canevaro, Av. Jose Pardo de Zela, Av. Iquitos, Av. Jazmines, Av. Ricardo Navarrete, Av. Canaval y Moreyra, Calle 41, Av. Principal, Av. Tomas Marsano, Av. Panamericana Sur.
La Bolichera (Surco)	Círculo Militar (Jesús María)	Av. Tomas Marsano, Av. Aramburu, Av. Manuel Fuentes, Av. Federico Villarreal, Av. Petit Thouars, Av. Rebagliati, Av. Salaverry.

2. *Ensayo efectuado en voluntarios:* En el ensayo participaron 16 voluntarios sanos de ambos sexos, residentes en diversos distritos de Lima Metropolitana. Se dividió a los participantes en dos grupos:

Grupo I (grupo problema – 8 participantes): Se administraron rutas propuestas por el sistema experto.

Grupo II (grupo control – 8 participantes): No se les administraron rutas propuestas, debieron de tomar la ruta A en todas las pruebas.

Previo consentimiento escrito, los voluntarios procedieron a tomar las rutas desde los puntos de partida establecidos, hacia el punto de llegada, sin variar las rutas ni intentar reducir el tiempo de viaje realizando maniobras peligrosas.

El estudio se realizó en 4 ocasiones, los días 10 y 18 de Octubre del 2012, y los días 8 y 14 de Noviembre del 2012, realizándose las pruebas a las 06:00 pm en todas las ocasiones.

## RESULTADOS

Las pruebas realizadas en los voluntarios dieron los siguientes resultados:

**Tabla 6.** Comparación de tiempos de viaje entre grupos estudiados

PUNTO DE PARTIDA	PUNTO DE LLEGADA	TIEMPO DE VIAJE (GRUPO PROBLEMA)	TIEMPO DE VIAJE (GRUPO CONTROL)
Compuplaza (Cercado de Lima)	Parque de la amistad (Surco)	60 minutos	75 minutos
Sede principal UAP (Jesús María)	Compuplaza (Cercado de Lima)	13 minutos	15 minutos
Hospital del empleado (Lince)	Entrada de Villa (Villa El Salvador)	60 minutos	69 minutos
La Bolichera (Surco)	Círculo Militar (Jesús María)	39 minutos	38 minutos

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Durante la evaluación de los datos obtenidos en las encuestas, pudimos comprobar que los usuarios del transporte prefieren las rutas más congestionadas, debido a que no tienen conocimientos de rutas alternas y por su uso constante, la selección de rutas se vuelve rutinaria.

Las rutas proporcionadas por el sistema experto tienen la característica de tomar calles y avenidas poco transitadas, evitando en lo posible rutas principales y focos de congestión conocidos.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema experto ofrece resultados que reducen el tiempo de viaje, buscando rutas libres de congestión, aumentando la velocidad del viaje y por consiguiente, mayor tramo recorrido por un consumo justo de combustible.

Los beneficios son claramente visibles: Una reducción del tiempo de viaje, un menor consumo de combustible, además, se espera que el acceso y uso masivo del sistema experto por parte de los millones de habitantes, pueda reducir la cantidad de puntos de congestión vehicular.

## CONCLUSIONES

El uso del sistema experto como agente de apoyo en la toma de decisiones, permite reducir los tiempos de viaje, reducción de combustible y permite conocer el tiempo real el estado del tráfico en Lima y los incidentes que puedan ocurrir.

El uso continuado y masivo del sistema experto, por la población de Lima Metropolitana, permitirá reducir considerablemente los puntos de congestión vehicular, permitiendo que otros usuarios, que no utilizan el sistema experto, también se vean beneficiados.

Sin embargo, se debe tener en cuenta otras medidas adicionales, tales como un análisis de preferencias de los usuarios, cambios en la arquitectura de la ciudad, concientización y reducción de vehículos en mal estado, de manera que un futuro próximo, podamos reducir significativamente este mal que aqueja a la población desde hace muchas décadas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rolston, David W. Principios de inteligencia artificial y sistemas expertos.
- Giarratano, Joseph; Riley, Gary. Sistemas expertos principios y programación. International Thomson editores. México. Cr. 2001. 3ra ed. 596 p., il., 28 cm.
- Agencia europea del medio ambiente. El medio ambiente en la unión europea en el umbral del siglo XXI. Hechos y resultados sobre los problemas medioambientales. Copenhague: aema, 2001. 42 p.
- Pozueta Echavarrí, J. Movilidad y planeamientos sostenibles, hacia una consideración inteligente del transporte y movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2000.
- Frame. Information Services Technologies. Planificación de un sistema de transporte moderno. Guía para la arquitectura de un sistema inteligente de transporte.
- Seguí Pons, J.M. los sistemas inteligentes de transporte. Efectos territoriales a partir del estudio de casos. III congreso nacional sobre sistemas inteligentes de transporte. Seguridad, información y tecnología. Palma: asociación española de la carretera, 2002.