



**Ciencia Latina**  
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,  
Volumen 8, Número 5.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5)

**MEJORA DE LA CALIDAD DE SERVICIO DE  
TRANSPORTE PÚBLICO EN EL DISTRITO DE  
NUEVO CHIMBOTE MEDIANTE REDES  
NEURONALES SUPERVISADAS**

**IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF THE PUBLIC  
TRANSPORTATION SERVICE IN THE DISTRICT OF NUEVO  
CHIMBOTE THROUGH SUPERVISED NEURAL NETWORKS**

**Julio Alejandro Lecca Zavaleta**  
Universidad Nacional del Santa, Perú

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13804](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13804)

## Mejora de la Calidad de Servicio de Transporte Público en el Distrito de Nuevo Chimbote Mediante Redes Neuronales Supervisadas

Julio Alejandro Lecca Zavaleta<sup>1</sup>

[julio\\_1426@hotmail.com](mailto:julio_1426@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-4361-4873>

Universidad Nacional del Santa

Perú

### RESUMEN

El propósito de esta investigación fue demostrar que es posible mejorar la calidad del servicio de transporte público en el distrito de Nuevo Chimbote, el cual carece de un sistema de transporte adecuado que facilite la movilidad urbana debido al mal servicio proporcionado por algunas empresas de transporte. Se empleó una red neuronal supervisada, entrenada con el 60% de datos históricos obtenidos a través de una encuesta y validada con el 40% restante. Las redes neuronales se utilizaron para modelar y predecir patrones de demanda y satisfacción del servicio, identificando relaciones clave entre variables como el sector de partida, sector de destino, ruta, horario, día de la semana, capacidad del medio de transporte, motivo del traslado, total de pasajeros y rango de edades del pasajero. Los resultados obtenidos demostraron una validez del 99% y permitieron identificar una relación significativa entre estos factores. La aplicación de este modelo puede contribuir a una mejor planificación y gestión del transporte público, optimizando recursos y mejorando la percepción del servicio por parte de los usuarios.

**Palabras clave:** red neuronal, calidad del servicio, transporte público

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [julio\\_1426@hotmail.com](mailto:julio_1426@hotmail.com)

# Improvement of the Quality of the Public Transportation Service in the District of Nuevo Chimbote Through Supervised Neural Networks

## ABSTRACT

The purpose of this research was to demonstrate that it is possible to improve the quality of public transport service in the district of Nuevo Chimbote, which lacks an adequate transport system that facilitates urban mobility due to the poor service provided by some transport companies. A supervised neural network was used, trained with 60% of historical data obtained through a survey and validated with the remaining 40%. Neural networks were utilized to model and predict patterns of demand and service satisfaction, identifying key relationships between variables such as departure sector, destination sector, route, schedule, day of the week, transport capacity, reason for transfer, total number of passengers, and passenger age range. The results obtained showed a 99% validity and allowed identifying a significant relationship between these factors.

**Keywords:** neural network, service quality, public transport

*Artículo recibido 08 agosto 2024*

*Aceptado para publicación: 10 setiembre 2024*



## INTRODUCCIÓN

La calidad del servicio de transporte público es un factor crucial en la movilidad urbana, especialmente en ciudades en crecimiento como Nuevo Chimbote. El tema de investigación que se aborda en este artículo es la mejora de la calidad del servicio de transporte público mediante la aplicación de redes neuronales supervisadas. La problemática central es la deficiencia en el sistema de transporte público actual, que provoca que los ciudadanos prefieran el uso de vehículos privados, resultando en congestión vehicular, contaminación y ruido.

La relevancia de abordar este tema radica en la necesidad de encontrar soluciones tecnológicas que optimicen el servicio de transporte público y, por ende, mejoren la calidad de vida de los ciudadanos. La implementación de redes neuronales supervisadas se presenta como una estrategia innovadora que puede ofrecer un análisis detallado y predictivo de los factores que influyen en la calidad del servicio de transporte, permitiendo ajustes específicos y eficaces.

El marco teórico del estudio se basa en la teoría de redes neuronales artificiales, que han demostrado ser efectivas en la modelación y predicción de patrones complejos en diversos campos de estudio. Las redes neuronales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, capaces de aprender y generalizar a partir de datos. Autores como Haykin (1999) y Goodfellow et al. (2016) destacan su aplicabilidad en problemas de clasificación y regresión, lo cual es pertinente para el análisis de servicios de transporte.

Estudios previos como el de Zhao et al. (2018) han demostrado el uso exitoso de redes neuronales en la mejora de sistemas de transporte público, al identificar patrones de uso y optimizar rutas y horarios. Este trabajo se diferencia al aplicar estas técnicas específicamente en el contexto de Nuevo Chimbote, utilizando una metodología que incluye la recolección de datos a través de encuestas y su análisis mediante redes neuronales supervisadas.

El contexto de esta investigación se enmarca en la realidad urbana de Nuevo Chimbote, una ciudad con un crecimiento demográfico significativo y una infraestructura de transporte público insuficiente. Históricamente, el sistema de transporte ha dependido de servicios informales y poco regulados, lo que ha contribuido a una percepción negativa por parte de los usuarios.



Para este estudio, se plantean las siguientes hipótesis: (1) Es posible mejorar la calidad del servicio de transporte público en Nuevo Chimbote mediante el uso de redes neuronales supervisadas, y (2) Existen factores específicos como la ruta, horario y capacidad del medio de transporte que influyen significativamente en la percepción de la calidad del servicio.

El objetivo general de la investigación se enunció como: Mejorar la calidad del servicio de transporte público en el distrito de Nuevo Chimbote utilizando redes neuronales supervisadas. Los objetivos específicos incluyen: (1) Identificar los factores clave que afectan la calidad del servicio, (2) Desarrollar y entrenar una red neuronal supervisada con datos históricos, y (3) Validar el modelo predictivo y proponer recomendaciones para la optimización del servicio de transporte.

## **METODOLOGÍA**

La investigación se llevó a cabo utilizando una metodología de análisis descriptivo propositivo. Se realizó un diagnóstico en una muestra probabilística por conglomerado en el área urbana del distrito de Nuevo Chimbote, dividida en 23 sectores, de los cuales se seleccionaron 11 de forma aleatoria, y de cada uno se eligieron 35 habitantes al azar. La red neuronal fue entrenada con el 60% de los datos históricos obtenidos de las encuestas y validada con el 40% restante, desarrollándose las siguientes etapas:

### **Desarrollo de la Red Neuronal Supervisada**

El desarrollo de la red neuronal supervisada se llevó a cabo mediante un proceso inductivo de creación de capas y neuronas adecuadas que incluyó la recopilación y el preprocesamiento de datos, la configuración de la arquitectura de la red, el entrenamiento del modelo y su validación.

### **Recopilación y Preprocesamiento de Datos:**

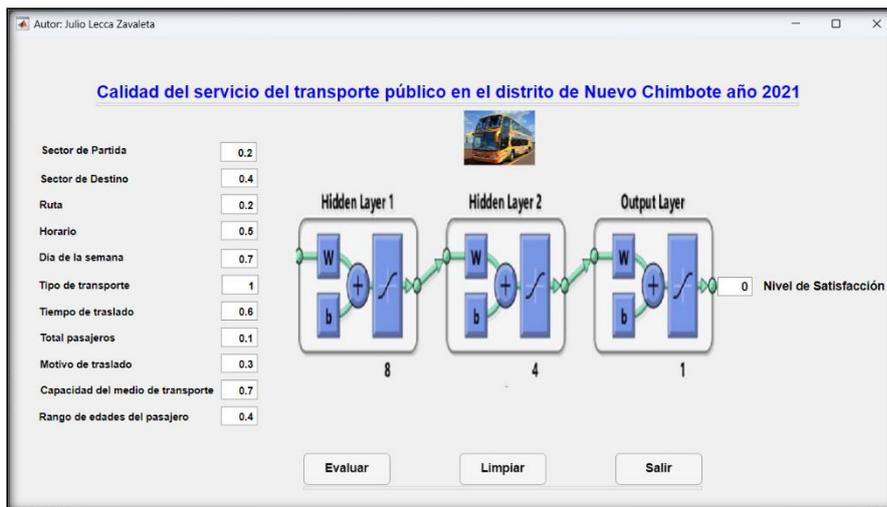
La recolección de datos se efectuó mediante encuestas aplicadas a usuarios del transporte público en Nuevo Chimbote y fueron diseñadas para capturar información relevante sobre la satisfacción del servicio, incluyendo factores como el sector de partida y destino, la ruta, el horario, el día de la semana, la capacidad del medio de transporte, el motivo del traslado, el total de pasajeros, y el rango de edades de los pasajeros.

**Datos Históricos:** Los datos históricos fueron segmentados en un 60% para el entrenamiento de la red neuronal y un 40% para la validación.

### Configuración de la Arquitectura de la Red:

**Arquitectura de la Red:** Se optó por una red neuronal tipo Multilayer Perceptron (MLP) debido a su capacidad para manejar problemas de clasificación y regresión. La red se configuró de la siguiente forma: una capa de entrada que recibe 11 variables de entrada, 02 capas ocultas con un número de neuronas determinado experimentalmente, y una capa de salida que proporciona las predicciones.

### Gráfico de la arquitectura de la red neuronal utilizada:



**Función de Activación:** Se utilizaron funciones de activación como la función sigmoide, muy común en redes neuronales, y la ReLU (Rectified Linear Unit) en las capas ocultas para introducir no linealidades en el modelo.

▪ **La función sigmoide definida como:**

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

donde:

- $\sigma(x)$  es la salida de la neurona.
- $x$  es la entrada ponderada a la neurona.

▪ **Función de Activación ReLU:** Función común, definida como:

$$f(x) = \max(0, x)$$

## Algoritmo de Retropropagación

**Fórmula de Ajuste de Pesos:** El ajuste de los pesos en el proceso de retropropagación se puede ilustrar con la siguiente fórmula:

$$\omega_{ij} = \omega_{ij} - \eta \frac{\partial E}{\partial \omega_{ij}}$$

donde:

- $\omega_{ij}$  es el peso sináptico entre la neurona  $i$  e  $j$ . la salida de la neurona.
- $\eta$  es la tasa de aprendizaje.
- $E$  es el error cuadrático medio (MSE).

## Evaluación del Modelo

### ▪ Gráfico de la Curva de Entrenamiento:

Un gráfico que muestre la evolución del error durante el entrenamiento y la validación, evidenciando cómo el modelo mejora con cada época.

▪ **Matriz de Confusión:** Una matriz de confusión que muestra el desempeño del modelo en términos de verdaderos positivos, falsos positivos, verdaderos negativos y falsos negativos.

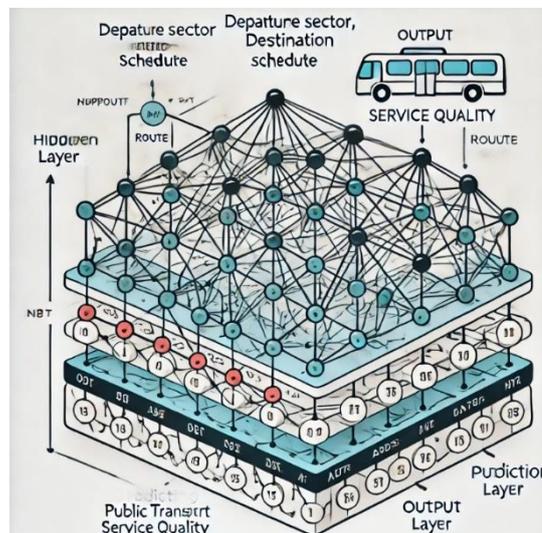


Ilustración de la arquitectura de la red neuronal utilizada para predecir la calidad del servicio de transporte público en el distrito de Nuevo Chimbote.

### **Entrenamiento de la Red:**

**Algoritmo de Aprendizaje:** Se empleó el algoritmo de retropropagación con descenso por gradiente para ajustar los pesos sinápticos de la red, minimizando la función de pérdida, la cual en este caso fue el error cuadrático medio (MSE) entre las predicciones de la red y los valores reales.

**Parámetros de Entrenamiento:** Se definieron parámetros como la tasa de aprendizaje y el número de épocas. Estos fueron ajustados iterativamente para optimizar el desempeño de la red.

### **Validación y Evaluación del Modelo:**

**Validación Cruzada:** Se implementó una validación cruzada k-fold para evaluar la capacidad de generalización de la red. Esto ayudó a evitar problemas de sobreajuste y proporcionó una estimación más robusta de la precisión del modelo.

**Análisis de la Importancia de Variables:** Se utilizó el método de perturbación para calcular la importancia relativa de cada variable predictora en el modelo, lo cual permitió identificar los factores más influyentes en la calidad del servicio.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La presente investigación nos permitió obtener los siguientes resultados:

### **Factores influyentes en la calidad del servicio de transporte público:**

#### **1. Sector de partida y sector de destino:**

- Se identificó que la satisfacción del usuario varía significativamente dependiendo del sector de partida y destino. Los sectores con mayor demanda presentaron una percepción más negativa del servicio debido a la sobrecarga y la insuficiente capacidad del transporte.

#### **2. Ruta y horario del viaje:**

- Los resultados mostraron que las rutas más congestionadas y los horarios pico son los momentos en los que los usuarios experimentan mayor insatisfacción. Las redes neuronales permitieron identificar patrones específicos de alta y baja demanda, sugiriendo la necesidad de ajustar las frecuencias de los servicios en estos periodos.

#### **3. Día de la semana:**

- Se observó que los días laborables tienen una demanda significativamente mayor en comparación con los fines de semana. Esto implica la necesidad de una planificación



diferenciada para los días de semana y fines de semana para optimizar la disponibilidad del transporte.

#### 4. Capacidad del medio de transporte:

- La capacidad de los vehículos de transporte público fue un factor crucial. Los usuarios expresaron mayor satisfacción con vehículos que tienen una mayor capacidad y están menos congestionados.

#### 5. Motivo del traslado:

- Los viajes por motivos laborales o educativos mostraron mayores niveles de insatisfacción, posiblemente debido a la importancia de la puntualidad y la comodidad en estos contextos.

#### 6. Total de pasajeros y rango de edades:

- La densidad de pasajeros y el rango de edades también influyeron en la percepción de la calidad del servicio. Los vehículos más llenos y con una mayor proporción de jóvenes y adultos jóvenes tienden a recibir críticas más negativas.

#### 7. Desempeño de la red neuronal:

- La red neuronal supervisada alcanzó una precisión del 99% en la validación de los resultados. Esto indica que el modelo es altamente efectivo en predecir patrones de demanda y satisfacción del servicio de transporte.
- La identificación de patrones en la demanda del servicio permitió proponer ajustes específicos en las rutas y horarios, así como en la asignación de vehículos con capacidades adecuadas a la demanda esperada.

#### Correlación de las variables en estudio:

		Calidad de Servicio	de V Cramer	de Lambda
<i>Rho de</i>	Coeficiente de correlación	.628**	0.452	0.46
<i>Spearman</i>	Red Neuronal Sig. (bilateral)	<.004	0.000	0.040
<i>n</i>	N	383		

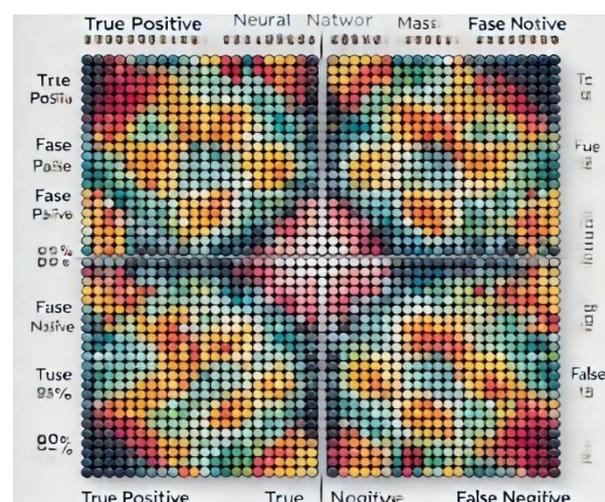
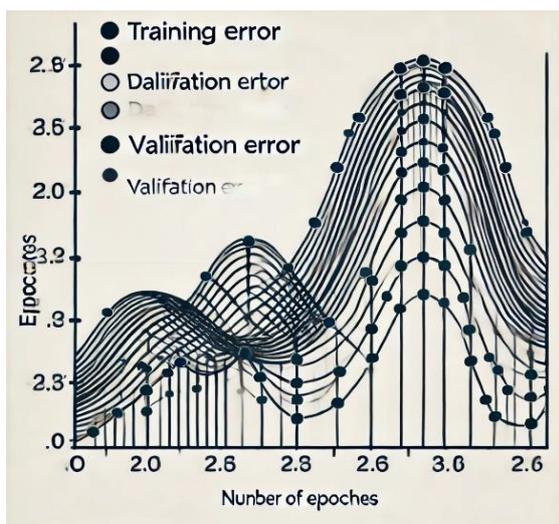
Se observa que el coeficiente de correlación de Rho Spearman es  $R = 0.628$  (existiendo una relación positiva) con nivel de significancia  $p = 0.004$  siendo esto menor al 5% ( $p < 0.05$ ) lo que significa que la red neuronal se relaciona significativamente con la calidad de servicio, en el gráfico muestra que se

acepta la H1 donde el valor calculado 5.875 supera al de tabla con un 1.67 por lo que ambas variables son dependientes, con una intensidad para ambas variables y direccionalidad de nivel Media, por lo que se aprueba la Prueba de hipótesis H<sub>1</sub>: La calidad del servicio en el transporte público en el distrito de Nuevo Chimbote, basado en una red neuronal, tienen una relación significativa.

**Curva de Entrenamiento y validación del Modelo:** Muestra como el error disminuye durante el proceso de entrenamiento y validación de la red neuronal. La disminución del error con cada época, indica que el modelo está aprendiendo.

**Matriz de Confusión:** Un gráfico que represente la matriz de confusión del modelo, mostrando los valores de verdaderos positivos, falsos positivos, verdaderos negativos y falsos negativos. Esto es útil para evaluar el desempeño del modelo en la clasificación correcta de la calidad del servicio.

**Curva de Entrenamiento y Validación del Modelo:** Muestra cómo el error disminuye durante el entrenamiento del modelo, indicando el proceso de aprendizaje.



## DISCUSIÓN

### Relación con Estudios Previos:

Los hallazgos de este estudio concuerdan con investigaciones previas como las de Zhao et al. (2018), que también encontraron que la aplicación de técnicas de inteligencia artificial puede optimizar significativamente los sistemas de transporte público. Sin embargo, este estudio aporta una perspectiva local específica al contexto de Nuevo Chimbote, lo que añade valor al conocimiento existente al adaptar y validar estos métodos en un nuevo entorno.

### **Implicaciones Prácticas:**

La aplicación de redes neuronales supervisadas en la planificación del transporte público ofrece una herramienta poderosa para las autoridades locales. Los resultados sugieren que se pueden hacer mejoras significativas en la calidad del servicio mediante ajustes basados en datos precisos y análisis predictivos. Esto no solo mejoraría la satisfacción del usuario, sino que también podría reducir la congestión vehicular y la contaminación, promoviendo un uso más eficiente del transporte público.

### **Limitaciones y Consideraciones Futuras:**

Aunque los resultados son prometedores, existen limitaciones que deben considerarse. La representatividad de la muestra puede no reflejar completamente la diversidad de opiniones y experiencias de todos los usuarios del transporte público en Nuevo Chimbote. Además, los datos auto informados pueden estar sujetos a sesgos de recuerdo o percepción.

Futuras investigaciones podrían beneficiarse de la inclusión de datos adicionales, como registros de tráfico en tiempo real y análisis de movilidad urbana más detallados. También sería útil realizar estudios longitudinales para evaluar el impacto de los cambios implementados a lo largo del tiempo.

### **Novedad Científica y Aplicaciones Prácticas:**

Este estudio presenta una novedad científica al aplicar redes neuronales supervisadas específicamente en el contexto del transporte público en Nuevo Chimbote. Las aplicaciones prácticas de estos hallazgos son amplias, proporcionando una base para mejorar la planificación y gestión del transporte urbano en otras ciudades con características similares.

## **CONCLUSIONES**

Se destaca que la deficiencia actual del transporte público impulsa a los ciudadanos a preferir vehículos privados, lo que genera problemas como congestión, contaminación y ruido. La propuesta innovadora del estudio es utilizar redes neuronales para analizar y predecir los factores que afectan la calidad del servicio, optimizando rutas y horarios calculando en datos históricos y encuestas. Se plantea como hipótesis que esta técnica puede mejorar el transporte en la ciudad, lo cual está respaldado por estudios previos que han demostrado su eficacia en contextos similares. La investigación busca ofrecer una solución tecnológica que impacte positivamente en la movilidad urbana y, en última instancia, en la calidad de vida de los ciudadanos de Nuevo Chimbote.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Badami, M. G., & Haider, M. (2017). Un análisis del desempeño de autobuses de tránsito público en las ciudades de La India.
- Bunge, M. (1999). La investigación científica (4.<sup>a</sup> ed.). Editorial Ariel.
- Chávez, C., Quezada, R., & Tello, D. (2017). Calidad en el servicio en el sector transporte terrestre interprovincial en el Perú. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Demut, H., Beale, M., & Hagan, M. (2015). MATLAB. Guía de Redes Neuronales.
- Fernández, C., Baptista, M. D., & Hernández, R. (2014). Metodología de la investigación (6.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández, S. R. (2019). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
- Hilera, J., & Martínez, V. (2014). Redes Neuronales artificiales. Editorial Alfaomega.
- Ibarra-Morales, L. E., Woolfolk-Gallego, L. E., Meza-López, B. I., & Gelain-Rodríguez, E. T. (2020). Evaluación de la calidad en el servicio: una aplicación práctica en un establecimiento de café. Revista CEA, 6(11), 89-107.
- Ishikawa, K. (2010). ¿Qué es el control total de calidad? La modalidad japonesa. Editorial Norma.
- Lackes, R., & Mack, D. (2010). Neuronal Networks: Basics and Applications. Springer Verlag.
- Machado León, (2016). El papel de la participación en lo que respecta a percepciones de los usuarios del servicio de transporte público.
- Martín del Brío, B., & Sanz Molina, A. (2002). Redes Neuronales y Sistemas Difusos. Editorial Alfaomega.
- Mojica, C., Lynn, P., Pérez, D., Navas, C., & Abad, J. (2020). Esto es lo que los usuarios de transporte público tienen que decir durante la pandemia. Moviliblog. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/esto-es-lo-que-los-usuarios-de-transporte-publico-tienen-que-decir-durante-la-pandemia/>
- Olivera, R. (2015). Proyecto de redes optimizadas de transporte público por ómnibus utilizando algoritmo genético. [Tesis magistral, Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo].
- Pressman, R. (2002). Ingeniería del Software. Un enfoque práctico (5.<sup>a</sup> ed.). Editorial McGraw Hill.



- Quiñonez, Y., Lizarraga, C., Peraza, J., & Zatarain, O. (2019). Sistema inteligente para el monitoreo automatizado del transporte público en tiempo real. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 31, 94-105. <https://doi.org/10.17013/risti.31.94-105>
- Reyes, M. (2017). Aplicación del Modelo SERVQUAL para medir la calidad del servicio al cliente de la empresa de transporte EMTRUBAPI S.A.C. año 2016-Piura. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura].
- Sotelo, J. E. (2015). Análisis de impactos del desarrollo de proyectos urbanos en el sistema vial y transporte. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Torres Álvarez, N., Hernández, C., & Pedroza, L. F. (2015). Redes Neuronales y Predicción de Tráfico.

