



**REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA**



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen X- N° 29 Julio 2026

ISSN 2521-8093

2



# Implementación de semáforos inteligentes para reducir el tráfico vehicular entre la Av. Elmer Faucett y la Av. Riva Agüero en la ciudad de Lima

Ing. Christian Renatto Torres Chung

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Correo electrónico: christian.torresc@unmsm.edu.pe

Recibido: 03 Marzo 2026

Aceptado: 02 Julio 2026



14

**Resumen:** En este estudio se evalúa la implementación de semáforos inteligentes como alternativa para reducir la congestión vehicular en el tramo comprendido entre la Av. Elmer Faucett y la Av. Riva Agüero en la ciudad de Lima. El problema se origina por el incremento del tránsito, los ciclos semaforicos fijos y la limitada capacidad de respuesta del sistema actual. El objetivo fue determinar si un sistema adaptativo permite mejorar el flujo vehicular, reducir tiempos de espera y optimizar el nivel de servicio. La metodología fue de enfoque cuantitativo y diseño experimental, utilizando aforos vehiculares, modelamiento microscópico y simulaciones en el software PTV Vissim. Los resultados muestran que el escenario adaptativo reduce significativamente las longitudes de cola, los tiempos de detención y las demoras por aproximación. Se concluye que la implementación de semáforos inteligentes es técnica y operacionalmente viable. Se recomienda su progresiva incorporación como parte de las estrategias de movilidad urbana en Lima.

**Palabras claves:** Semáforos inteligentes / Tráfico vehicular / Simulación / Movilidad urbana / Optimización del tránsito.

**Abstract:** This study evaluates the implementation of smart traffic lights as an alternative to reduce vehicular congestion along the section between Elmer Faucett Avenue and Riva Agüero Avenue in the city of Lima. The problem arises from increased traffic demand, fixed traffic signal cycles and the limited responsiveness of the current control system. The objective was to determine whether an adaptive system can improve traffic flow, reduce waiting times and optimize the service level. The methodology followed a quantitative approach with experimental design, using traffic counts, microscopic modelling and simulations conducted in PTV Vissim software. Results show that the adaptive scenario significantly reduces queue lengths, stop and approach delays. It is concluded that the implementation of smart traffic lights is technically and operationally feasible. Progressive incorporation is recommended as part of Lima's urban mobility strategies.

**Keywords:** Smart traffic lights / Vehicular traffic / Simulation / Urban mobility / Traffic optimization.

**Résumé:** Cette étude évalue la mise en œuvre de feux de signalisation intelligents comme alternative pour réduire la congestion du trafic sur le tronçon compris entre l'avenue Elmer Faucett et l'avenue Riva Agüero dans la ville de Lima. Le problème découle de l'augmentation du trafic, des cycles de feux à temporisation fixe et de la capacité de réponse limitée du système

actual. L'objectif était de déterminer si un système adaptatif permet d'améliorer l'écoulement du trafic, de réduire les temps d'attente et d'optimiser le niveau de service. La méthodologie adoptée repose sur une approche quantitative et un design expérimental, utilisant des comptages de trafic, une modélisation microscopique et des simulations réalisées avec le logiciel PTV Vissim. Les résultats montrent que le scénario adaptatif réduit de manière significative les longueurs de file d'attente, les temps d'arrêt et les retards par approche. Il est conclu que la mise en œuvre de feux de signalisation intelligents est techniquement et opérationnellement viable. Il est recommandé d'envisager leur intégration progressive dans le cadre des stratégies de mobilité urbaine à Lima.

**Mots-clés:** Feux de signalisation intelligents / Trafic routier / Simulation / Mobilité urbaine / Optimisation du trafic.

## 1. Introducción

El crecimiento del parque automotor en las principales ciudades latinoamericanas ha generado un incremento sustancial del tráfico vehicular, afectando de forma negativa la movilidad urbana, los tiempos de viaje y la calidad de vida de la población. En Lima Metropolitana, esta problemática se acrecienta en distintos corredores viales donde la operación semafórica se basa predominantemente en ciclos de temporización fija, los cuales presentan limitaciones en su capacidad de adaptación frente a variaciones dinámicas de la demanda vehicular. Esta condición se traduce en elevados tiempos de espera, colas extensas y un ineficiente uso de la infraestructura vial, especialmente en intersecciones de alta carga vehicular (Chávez, 2021; Fernández, 2020).

En línea con este contexto, surge la necesidad de evaluar otras alternativas tecnológicas que propicien una buena gestión del tránsito urbano. El problema general de la investigación se centra en determinar si la implementación de un sistema semafórico adaptativo contribuye a mejorar el desempeño operativo de corredores viales congestionados. De manera específica, se busca analizar su impacto sobre indicadores como el tiempo de viaje, velocidad promedio, longitud de cola, flujo vehicular y el nivel de servicio, en comparación con un esquema de temporización fija. En este contexto, el estudio evalúa el impacto de la implementación de un sistema de control semafórico adaptativo sobre el desempeño operativo de un corredor vial urbano de alta demanda de la ciudad de Lima. El análisis se centra en indicadores como el tiempo de viaje, la longitud de cola, la velocidad promedio, el flujo vehicular y el nivel de servicio, comparando un esquema de temporización fija con un escenario adaptativo, mediante técnicas de microsimulación de tráfico mediante el software PTV Vissim, ampliamente utilizado en estudios de ingeniería (Hernández, 2023; PTV Group, 2025).

En ese marco, los antecedentes revisados aportan elementos importantes para el desarrollo de la presente investigación. A nivel nacional, Chávez (2021) demuestra que la aplicación de control semafórico adaptativo en intersecciones urbanas permite optimizar el flujo vehicular y reducir las demoras, evidenciando la pertinencia de este tipo de soluciones en contextos de alta demanda vehicular; mientras que Huamán (2022) resalta el valor de la microsimulación en PTV Vissim como una herramienta para evaluar el desempeño operativo de intersecciones semaforizadas, validando su uso como soporte metodológico. En el ámbito internacional, Fernández (2020) destaca la capacidad de los modelos computacionales para analizar escenarios de

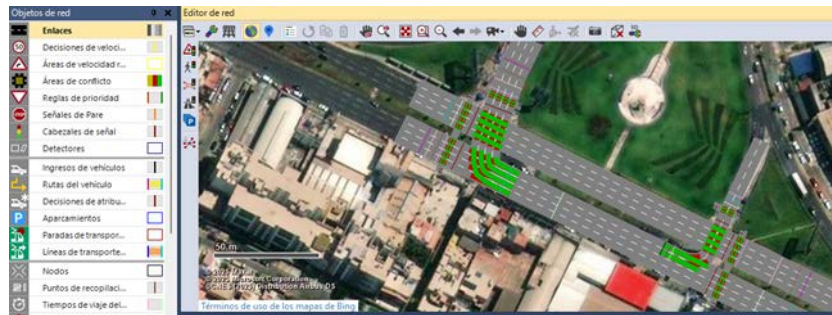
semaforización inteligente y anticipar mejoras en la movilidad urbana, y Herrera (2021) aporta un enfoque integral al evaluar no solo el desempeño operativo, sino también la viabilidad de implementación de sistemas semafóricos inteligentes en entornos urbanos de alta complejidad. De manera complementaria, otros estudios nacionales e internacionales coinciden en señalar que la gestión semafórica inteligente, evaluada mediante indicadores como tiempos de viaje, longitud de cola, capacidad vial y nivel de servicio, constituye una estrategia eficaz para mitigar la congestión y mejorar la eficiencia del tránsito urbano. En conjunto, estos estudios evidencian que la semaforización adaptativa, respaldada en técnicas de modelamiento y simulación, constituye una alternativa técnicamente viable y metodológicamente consistente para la mejora del desempeño del tránsito urbano. Sin embargo, también ponen de manifiesto la necesidad de estudios aplicados a corredores urbanos específicos, considerando sus particularidades operativas, lo cual justifica y refuerza la relevancia de la presente investigación, orientada a evaluar el impacto de la semaforización adaptativa sobre el desempeño operativo en corredores urbanos de la ciudad de Lima.

## 2. Material y métodos

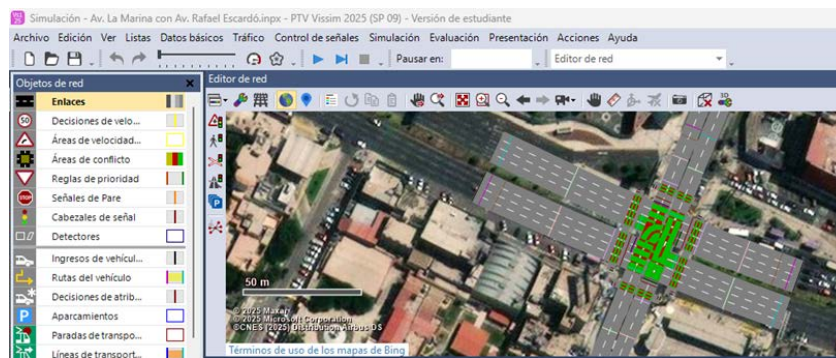
La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con diseño comparativo y no experimental, orientado a evaluar el desempeño operativo de un corredor vial urbano mediante el uso de técnicas de microsimulación de tráfico. El estudio se desarrolló a partir de la comparación entre escenarios de control semafórico con temporización fija y un escenario alternativo con control semafórico adaptativo, con el fin de analizar las variaciones en los principales indicadores de operación vehicular.

### 2.1. Área de estudio

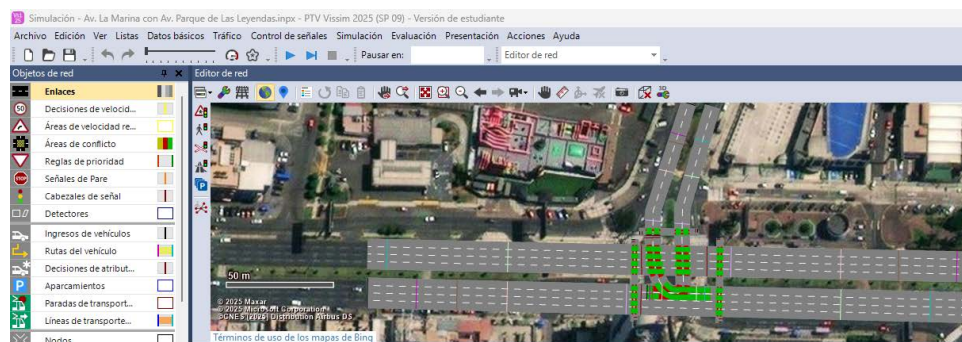
El área de estudio corresponde a un corredor vial urbano de alta demanda vehicular ubicado en la ciudad de Lima Metropolitana, caracterizado por la presencia de intersecciones semaforizadas consecutivas, flujos vehiculares variados y recurrentes niveles de congestión durante horas punta. La selección del corredor de la Av. La Marina se realizó considerando su representatividad dentro del sistema vial urbano y la disponibilidad de información geométrica y operativa necesaria para la modelación.

**Figura N°1:** Representación del modelo vial. Cruce Av. La Marina con Av. Elmer Faucett

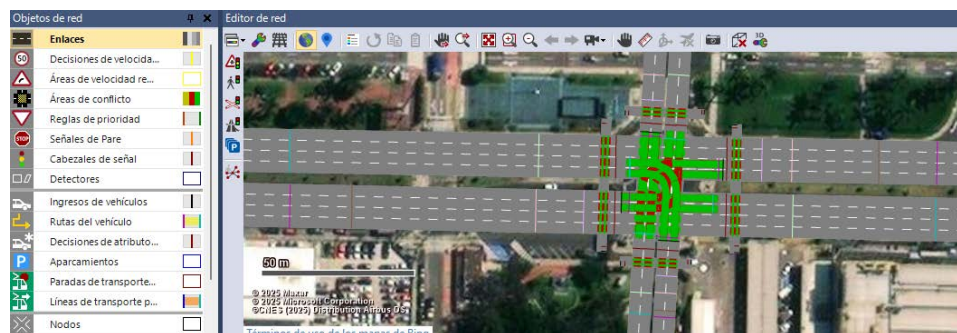
Fuente: Elaboración propia

**Figura N°2:** Representación del modelo vial. Cruce Av. La Marina con Av. Rafael Escardó

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°3:** Representación del modelo vial. Cruce Av. La Marina con Av. Parque de Las Leyendas

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°4:** Representación del modelo vial. Cruce Av. La Marina con Av. Riva Agüero

Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Herramienta de simulación

Para el desarrollo de la investigación se empleó el software PTV Vissim, herramienta de microsimulación ampliamente utilizada en estudios de ingeniería del tránsito por su capacidad de modelamiento del comportamiento de una unidad vehicular, las interacciones vehiculares y la operación de sistemas semafóricos bajo distintos esquemas de control. El software permite representar de manera detallada la geometría vial, los flujos de tráfico, las reglas de prioridad y los parámetros de control semafórico, facilitando la evaluación a nivel comparativo de distintos escenarios de operación.

## 2.3. Construcción del modelo de simulación

El modelo de simulación se construyó a partir de la modelación geométrica del corredor vial y la definición de la demanda vehicular para los periodos de análisis. Se incorporaron carriles, intersecciones, radios de giro y elementos de control conforme a la configuración real de cada cruce, así como los volúmenes vehiculares diferenciados por ruta y tipo de circulación. La demanda fue calibrada con el objetivo de reproducir las condiciones representativas del comportamiento real del tránsito.

## 2.4. Escenarios de simulación

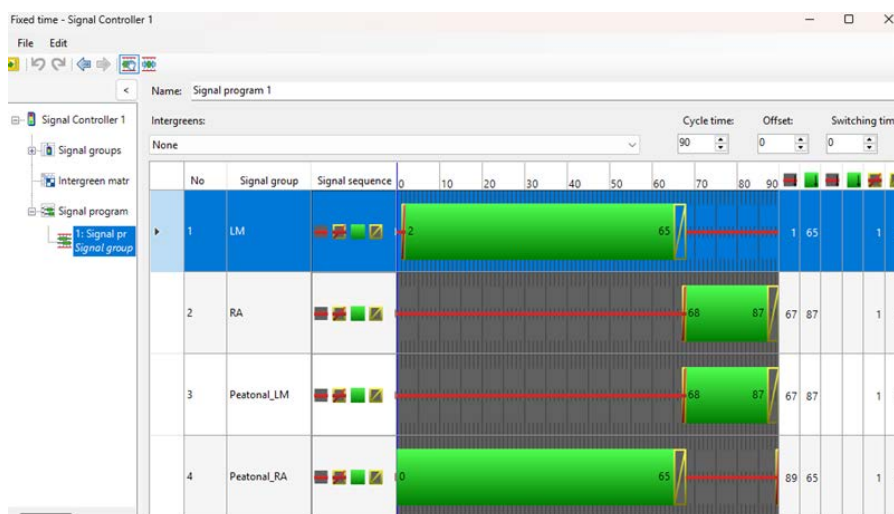
Se definieron dos escenarios de simulación:

- Escenario base, correspondiente a la operación actual del corredor, bajo un esquema de temporización semafórica fija, en el cual los ciclos, fases y tiempos verdes permanecen constantes durante todo el periodo de simulación. Las configuraciones a realizar dentro del software para este escenario, son mostradas en las figuras N°5 a la N°7.
- Escenario propuesto, en el cual se configuró un sistema semafórico con control adaptativo, permitiendo la variación dinámica de los tiempos semafóricos en función de las condiciones del flujo vehicular. Las configuraciones a realizar dentro del software para este escenario, son mostradas en las figuras N°8 a la N°10.

Los ciclos promedian entre 90 y 120 segundos según la intersección. Luego de ello, se procedió a configurar tanto la simulación como la generación del reporte de resultados para cada cruce en

PTV Vissim (archivo de extensión \*.fzp), cuyo análisis y cálculo de métricas fueron procesados mediante Scripts desarrollados en Python.

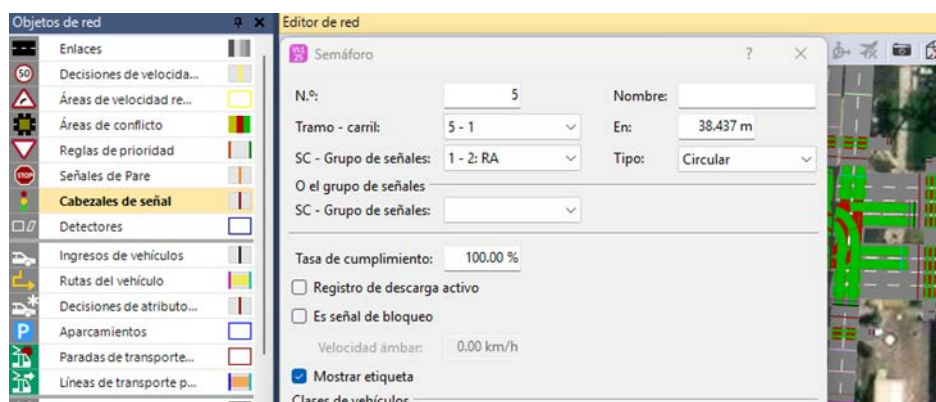
**Figura N°5:** Configuración de tiempos semafóricos fijos



Fuente: Elaboración propia

19

**Figura N°6:** Asignación de grupos de señal por carril (semáforos)



Fuente: Elaboración propia

**Figura N°7: Configuración de atributos de resultados**

Configuración de la evaluación

Directorio de salida de la evaluación: nulación\Cruce Av. La Marina con Av. Riva Agüero\Escenario N°1\ ...

Gestión de resultados Atributos de Resultados Salida directa

Recolectar datos adicionalmente para estas clases:

Clases de vehículos

- 10: Automóvil
- 19: LGV
- 20: HGV
- 30: Autobús
- 40: Tranvía
- 50: Peatones
- 60: Bicicleta

Clases de peatones

- 10: Hombre, mujer
- 30: Usuario de la silla de rueda

|                                            | Recopilar datos                     | Tiempo desde | Tiempo hasta | Intervalo |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|
| Aparcamientos                              | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Áreas y rampas                             | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Bordes meso                                | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Celdas de cuadrícula de peatones           | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Contadores de colas                        | <input checked="" type="checkbox"/> | 0            | 99999        | 99999     |
| Decisiones de enrutamiento de aparcamiento | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Enlaces                                    | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Espacios de aparcamiento                   | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Grupos de aparcamiento                     | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Ingresos de vehículos                      | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Mediciones de área                         | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Nodos                                      | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Pares OD                                   | <input type="checkbox"/>            | 0            | 99999        | 99999     |
| Recopilaciones de datos                    | <input checked="" type="checkbox"/> | 0            | 99999        | 99999     |

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°8: Configuración de controlador adaptativo en Vissim**

Controlador de señales

N.º: 1 Nombre: C1\_AD

Tipo: Controlador de 2 etapas ☒ Activo

Tiempo del ciclo

☐ Fijo: 0 Retranqueo: 0 s

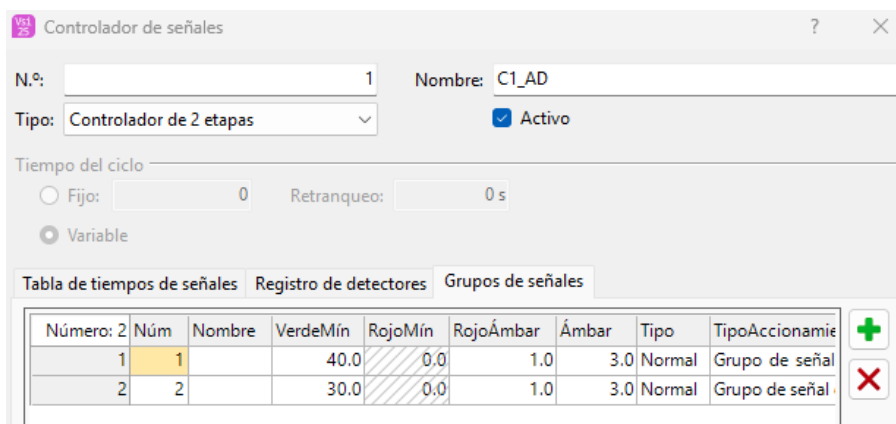
☒ Variable

Tabla de tiempos de señales Registro de detectores Grupos de señales

☒ Configurar de forma automática la tabla de tiempos de señales

| Número | NombreConfig | NúmVariab | Etiqueta |
|--------|--------------|-----------|----------|
| 1      | SIGGRP       | 1         | GS 1     |
| 2      | SIGGRP       | 2         | GS 2     |
| 3      | DETEKT       | 1         | Det 1    |

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°9: Configuración de tiempos de fases (adaptativo)**


N.º: 1 Nombre: C1\_AD

Tipo: Controlador de 2 etapas ☒ Activo

Tiempo del ciclo

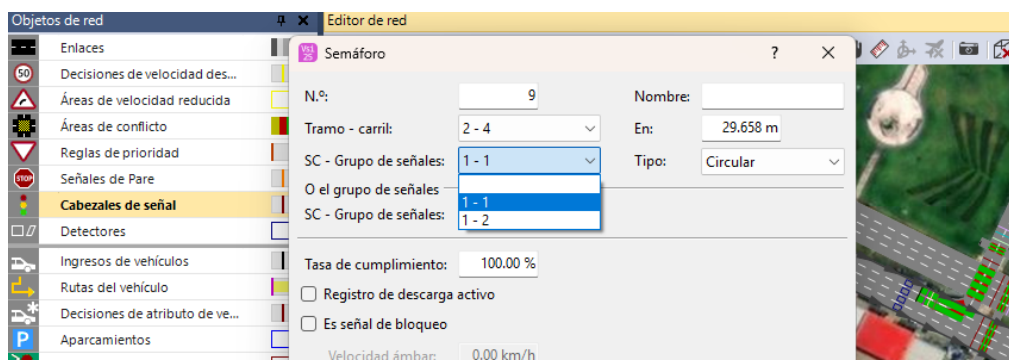
☐ Fijo: 0 Retranqueo: 0 s

☒ Variable

Tabla de tiempos de señales Registro de detectores Grupos de señales

| Número | 2 | Núm | Nombre | VerdeMín | RojoMín | RojoÁmbar | Ámbar | Tipo   | TipoAccionamie |
|--------|---|-----|--------|----------|---------|-----------|-------|--------|----------------|
| 1      | 1 |     |        | 40.0     | 0.0     | 1.0       | 3.0   | Normal | Grupo de señal |
| 2      | 2 |     |        | 30.0     | 0.0     | 1.0       | 3.0   | Normal | Grupo de señal |

Fuente: Elaboración propia

**Figura N°10: Asignación de nuevas fases semafóricas (adaptativo)**


Objetos de red Editor de red

Semáforo

N.º: 9 Nombre:

Tramo - carril: 2 - 4 En: 29.658 m

SC - Grupo de señales: 1 - 1 Tipo: Circular

O el grupo de señales: 1 - 1

SC - Grupo de señales: 1 - 2

Tasa de cumplimiento: 100.00 %

☐ Registro de descarga activo

☐ Es señal de bloqueo

Velocidad ámbar: 0.00 km/h

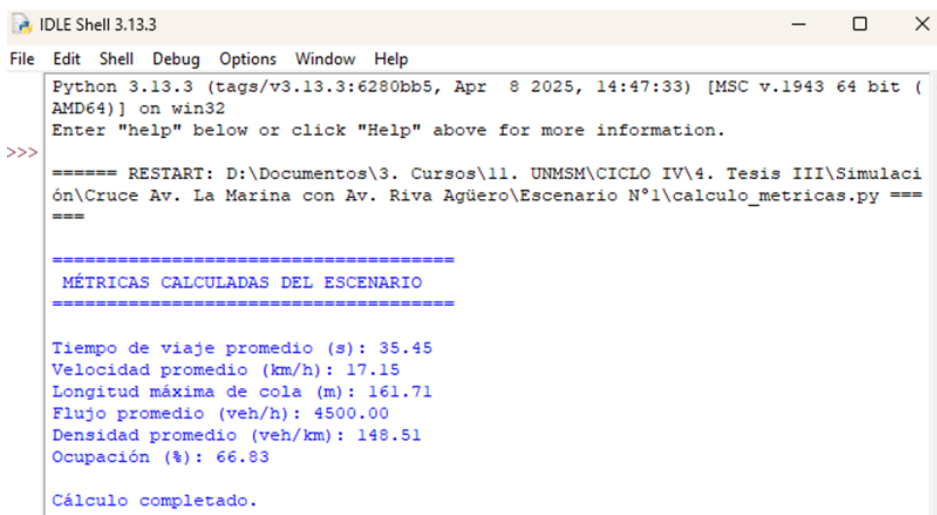
Fuente: Elaboración propia

## 2.5. Indicadores de desempeño

Para la evaluación del desempeño operativo del corredor vial, se analizaron los siguientes indicadores: tiempo promedio de viaje, velocidad promedio, longitud de cola, flujo vehicular y nivel de servicio. Estos indicadores fueron obtenidos directamente a partir de los resultados de la simulación y permitieron comparar cuantitativamente el comportamiento del sistema bajo ambos esquemas de control.

## 2.6. Procedimiento de análisis

Cada escenario fue simulado bajo las mismas condiciones de demanda y periodo de análisis, asegurando la comparabilidad de los resultados. Posteriormente, los valores promedio de los indicadores fueron analizados y comparados, con el fin de identificar las variaciones generadas por la implementación del control semafórico adaptativo y evaluar su impacto en el desempeño operativo del corredor vial en cada una de las intersecciones, los resultados de los cálculos de indicadores para cada cruce, es mostrado en la Figura N°11.

**Figura N°11: Resultados del cálculo de métricas en cada intersección**


```

IDLE Shell 3.13.3
Python 3.13.3 (tags/v3.13.3:6280bb5, Apr 8 2025, 14:47:33) [MSC v.1943 64 bit (AMD64)] on win32
Enter "help" below or click "Help" above for more information.

>>>
===== RESTART: D:\Documentos\3. Cursos\11. UNMSM\CICLO IV\4. Tesis III\Simulación\Cruce Av. La Marina con Av. Riva Agüero\Escenario N°1\calcula_metricas.py =====
=====
MÉTRICAS CALCULADAS DEL ESCENARIO
=====

Tiempo de viaje promedio (s): 35.45
Velocidad promedio (km/h): 17.15
Longitud máxima de cola (m): 161.71
Flujo promedio (veh/h): 4500.00
Densidad promedio (veh/km): 148.51
Ocupación (%): 66.83

Cálculo completado.
  
```

Fuente: Elaboración propia

### 3. Resultados

#### 3.1. Escenario actual (fijo). Los resultados muestran:

- Demoras elevadas en todas las intersecciones.
- Colas que superan la longitud de aproximación en hora punta.
- Saturación en varios carriles.
- Operación general en niveles de servicio de E y F.

#### 3.2. Escenario propuesto. El sistema adaptativo logra:

- Reducir demoras totales por intersección.
- Disminuir la longitud máxima de cola.
- Mejorar la fluidez de movimientos rectos.
- Reducir la saturación por carril hasta en un 6-11%.

La comparación de ambos escenarios demuestra mejoras sostenidas en todas las intersecciones analizadas. Dichas tablas comparativas junto con la explicación detallada, son presentadas a continuación.

#### Cruce De Av. La Marina con Av. Elmer Faucett

El análisis comparativo entre el esquema de temporización fija y el control adaptativo en este cruce, muestra un desempeño superior del segundo. En particular, el tiempo medio de viaje disminuyó de 60.97 s. a 48.59 s., lo que representa una reducción del 20.3%, mientras que la velocidad promedio prácticamente se duplicó, pasando de 5.82km/h a 11.36km/h (+95.1%). Asimismo, el flujo vehicular promedio aumentó de 3,792 veh/hora a 4,440 veh/hora, equivalente a un incremento del 17.1%, reflejando una mayor capacidad operativa del cruce bajo el control adaptativo. De manera complementaria, se registraron reducciones en la densidad vehicular

(-6.7%) y en el nivel de ocupación del tramo (-6.6%), lo que sugiere una menor condición de saturación. Sin embargo, la longitud máxima de cola presentó un ligero aumento (2.6%), atribuible principalmente al mayor volumen procesado durante los periodos de máxima demanda y a las restricciones propias del escenario adaptativo modelado, derivadas del uso de la versión estudiantil del software. En conjunto, estos resultados confirman que la implementación de un sistema semafórico ajustado dinámicamente a la demanda vehicular contribuye a mejorar la fluidez y capacidad del cruce, aun considerando las limitaciones del entorno de simulación. Los valores obtenidos se presentan en la tabla N°1.

**Tabla N°1:** Comparación de escenarios de simulación. Cruce: Av. La Marina con Av. Elmer Faucett

| Indicador                    | Escenario 1 (Fijo) | Escenario 2 (Adaptativo) | Variación (%)  |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| Tiempo de viaje promedio (s) | 60.97              | 48.59                    | <b>-20.30%</b> |
| Velocidad promedio (km/h)    | 5.82               | 11.36                    | <b>95.10%</b>  |
| Longitud máxima de cola (m)  | 208.54             | 213.88                   | <b>2.60%</b>   |
| Flujo promedio (veh/h)       | 3,792              | 4,440                    | <b>17.10%</b>  |
| Densidad promedio (veh/km)   | 215.01             | 200.7                    | <b>-6.70%</b>  |
| Ocupación (%)                | 96.75              | 90.31                    | <b>-6.60%</b>  |

Fuente: Elaboración propia

Bajo las condiciones actuales de operación, el cruce se clasifica con un nivel de servicio C, caracterizado por un tránsito estable, aunque próximo a estados de congestión moderada. Con la implementación del control adaptativo, se evidencia una disminución significativa del tiempo de viaje, acompañada de un incremento sustancial en la velocidad media, cercana al doble del valor inicial. Este comportamiento indica que el funcionamiento del cruce bajo el esquema adaptativo presenta una mejora dentro del mismo intervalo operativo, aproximándose a condiciones intermedias entre los niveles de servicio B y C. En consecuencia, el sistema mantiene un régimen estable, pero con una circulación más fluida y una reducción perceptible de la demora para los usuarios.

### Cruce de Av. La Marina con Av. Rafael Escardó

El análisis comparativo entre el esquema de temporización fija y control adaptativo en este cruce evidencia mejoras significativas al incorporar una lógica semafórica dinámica. En particular, el tiempo promedio de viaje disminuyó de 41.54 s. a 27.58 s., lo que representa una reducción del 33.9%, mientras que la velocidad media se incrementó de 8.30km/h a 14.84km/h (+78.7%), reflejando una circulación vehicular más eficiente. De manera similar, el flujo promedio aumentó de 3,252 veh/hora a 3,948 veh/hora, equivalente a un incremento del 21.4%, lo cual denota una mayor capacidad operativa del cruce bajo un esquema adaptativo. Adicionalmente, la longitud máxima de cola presentó una reducción de 89.68 m. a 69.23 m. (-22.8%), lo que sugiere un despeje más rápido de la intersección durante los ciclos semafóricos. En coherencia

con estos resultados, la densidad vehicular promedio y el nivel de ocupación del tramo disminuyen en 19.6% y 11.1%, respectivamente, evidenciando una condición de saturación menor. En conjunto, los resultados confirman que la implementación de un sistema de control semafórico adaptativo genera mejoras tangibles en la movilidad y en el desempeño operativo del cruce, respaldando su pertinencia como una alternativa de optimización frente al esquema de temporización fija, aun considerando las limitaciones asociadas a la selección del controlador semafórico en el entorno de simulación de Vissim. Los resultados detallados, se presentan en la Tabla N°2.

**Tabla N°2:** Comparación de escenarios de simulación. Cruce: Av. La Marina con Av. Rafael Escardó

| Indicador                    | Escenario 1 (Fijo) | Escenario 2 (Adaptativo) | Variación (%)  |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|
| Tiempo de viaje promedio (s) | 41.54              | 27.48                    | <b>-33.90%</b> |
| Velocidad promedio (km/h)    | 8.3                | 14.84                    | <b>78.70%</b>  |
| Longitud máxima de cola (m)  | 89.68              | 69.23                    | <b>-22.80%</b> |
| Flujo promedio (veh/h)       | 3,252              | 3,948                    | <b>21.40%</b>  |
| Densidad promedio (veh/km)   | 125.71             | 101.1                    | <b>-19.60%</b> |
| Ocupación (%)                | 56.57              | 45.5                     | <b>-11.10%</b> |

Fuente: Elaboración propia

En su condición actual, el cruce presenta un nivel de servicio E, caracterizado por estados próximos a la saturación, elevados tiempos de demora y una utilización intensiva de la capacidad vial disponible. Al aplicar el esquema de control adaptativo, se registran mejoras sustanciales en los principales indicadores operativos. En particular, se observa una reducción del tiempo de viaje superior al 30%, acompañada de un incremento de la velocidad media y una disminución de la longitud máxima de cola. Estos resultados sugieren que, pese a las condiciones iniciales altamente demandantes, el desempeño del cruce podría evolucionar hacia un nivel de servicio D, evidenciando un funcionamiento menos crítico y una atenuación de la congestión, aunque sin llegar aún a condiciones consideradas plenamente aceptables.

### Cruce de Av. La Marina con Av. Parque de Las Leyendas

El análisis comparativo entre los esquemas de temporización fija y control adaptativo en este cruce evidencia mejoras de carácter moderado, pero sostenidas, tras la incorporación de la tecnología adaptativa. En términos operativos, el tiempo promedio de viaje disminuyó de 42.52 s. a 37.02 s., equivalente a una reducción del 12.9%, mientras que la velocidad media aumentó de 14.47km/h a 18.42km/h (+27.3%), lo que refleja una circulación vehicular más fluida. De forma complementaria, el flujo promedio presentó un ligero incremento, pasando de 4,344 veh/hora a 4,524 veh/hora (+4.1%), indicando una mejora marginal en la capacidad operativa del cruce. Asimismo, tanto la densidad vehicular como el nivel de ocupación del tramo registraron disminuciones del 9.3%, lo que sugiere una menor condición de saturación. No obstante, la longitud máxima de cola mostró un aumento de 131.92 m. a 143.22 m. (+8.5%), compor-

tamiento que podría atribuirse a concentraciones más intensas de llegadas en determinados intervalos horarios o a las limitaciones inherentes al control adaptativo modelado mediante la versión estudiantil del software Vissim. A pesar de ello, los indicadores globales confirman que el esquema adaptativo presenta un desempeño superior al sistema semafórico de temporización fija, respaldando su pertinencia para la operación de este cruce. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°3.

**Tabla N°3:** Comparación de escenarios de simulación. Cruce: Av. La Marina con Av. Parque de Las Leyendas

| Indicador                    | Escenario 1 (Fijo) | Escenario 2 (Adaptativo) | Variación (%) |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|
| Tiempo de viaje promedio (s) | 42.52              | 37.02                    | -12.90%       |
| Velocidad promedio (km/h)    | 14.47              | 18.42                    | 27.30%        |
| Longitud máxima de cola (m)  | 131.96             | 143.22                   | 8.50%         |
| Flujo promedio (veh/h)       | 4,344              | 4,524                    | 4.10%         |
| Densidad promedio (veh/km)   | 171.48             | 155.56                   | -9.30%        |
| Ocupación (%)                | 77.16              | 70                       | -9.30%        |

Fuente: Elaboración propia

En su condición actual, este cruce opera con un nivel de servicio B, lo que refleja un funcionamiento adecuado, con una circulación fluida y demoras relativamente bajas. Al aplicar el esquema de control adaptativo, se observan mejoras de carácter moderado en los tiempos de desplazamiento y en velocidad media, acompañadas de ligeras reducciones en los indicadores de densidad y ocupación. Si bien la longitud máxima de cola registra un incremento, el desempeño global del cruce se mantiene dentro de parámetros operativos aceptables. En consecuencia, el nivel de servicio bajo el escenario adaptativo se conserva en un rango similar al B, aunque con una operación más estable y menos vulnerable a fluctuaciones en la demanda vehicular.

### Cruce de Av. La Marina con Av. Riva Agüero

El análisis comparativo entre los escenarios de temporización fija y control adaptativo en este cruce revela diferencias de magnitud reducida, lo que indica que su comportamiento operativo se mantiene relativamente estable bajo ambos esquemas. En términos generales, el escenario adaptativo presenta ligeras mejoras en algunos indicadores, como el incremento del flujo promedio en 4.8% y una disminución marginal de la longitud máxima de cola del 1.5%. De igual forma, el tiempo promedio de viaje registra una reducción leve (-0.7%), mientras que la velocidad media prácticamente no presenta variaciones significativas entre ambos escenarios (-0.06%). Por otro lado, se observa un aumento moderado en los valores de densidad y ocupación (4% en ambos casos), lo cual podría explicarse por una mayor cantidad de vehículos procesados de manera eficiente bajo la lógica adaptativa. Aunque las mejoras absolutas son menores en comparación con las obtenidas en otros cruces analizados, los resultados evidencian que la implementación de semaforización adaptativa contribuye a un uso ligeramente más eficiente de

la capacidad del cruce y a un mejor vaciado de las colas, aun cuando el beneficio operativo sea limitado. Los resultados detallados correspondientes a este cruce se presentan en la Tabla N°4.

**Tabla N°4:** Comparación de escenarios de simulación. Cruce Av. La Marina con Av. Riva Agüero

| Indicador                    | Escenario 1 (Fijo) | Escenario 2 (Adaptativo) | Variación (%) |
|------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------|
| Tiempo de viaje promedio (s) | 35.45              | 35.19                    | -0.70%        |
| Velocidad promedio (km/h)    | 17.15              | 17.14                    | -0.06%        |
| Longitud máxima de cola (m)  | 161.71             | 159.29                   | -1.50%        |
| Flujo promedio (veh/h)       | 4,500              | 4,716                    | 4.80%         |
| Densidad promedio (veh/km)   | 148.51             | 154.51                   | 4.00%         |
| Ocupación (%)                | 66.83              | 69.53                    | 4.00%         |

Fuente: Elaboración propia

En su condición actual, el cruce se clasifica dentro de un nivel de servicio D, asociado a un régimen de operación con flujos limitados, demoras de magnitud moderada y un funcionamiento próximo al umbral de estabilidad. Al implementar un esquema de control adaptativo, las variaciones observadas resultan de carácter reducido. En particular, el tiempo promedio de viaje presenta una disminución leve del 0.7%, mientras que la velocidad media prácticamente se mantiene constante y la longitud máxima de cola registra una ligera reducción. Si bien se evidencia un incremento en el flujo vehicular, el desempeño global del cruce no experimenta cambios sustanciales en la calidad del servicio, por lo que el nivel de servicio se mantiene en D bajo la configuración adaptativa. La mejora marginal observada sugiere un aprovechamiento ligeramente más eficiente de los tiempos de luz verde, aunque insuficiente para generar una transición hacia un nivel de servicio superior.

En conjunto, el escenario con control semafórico adaptativo presentó un mejor desempeño operacional frente al esquema de temporización fija en todas las intersecciones evaluadas. Las reducciones observadas en las demoras, longitudes de cola y niveles de saturación evidencian que la asignación de los tiempos semafóricos de forma dinámica permite una respuesta más eficiente frente a la variabilidad de la demanda vehicular en corredores urbanos de alta carga.

#### 4. Discusión

El análisis comparativo de los cuatro cruces seleccionados a lo largo de la Av. La Marina, demuestra de forma consistente que el uso de un sistema semafórico adaptativo representa una mejora significativa frente al esquema tradicional de semaforización vigente en la actualidad. A través de las simulaciones desarrolladas en el software PTV Vissim y mediante el procesamiento especializado de datos exportados en formato (\*.fzp) con scripts de Python, se consiguió obtener métricas detalladas de desempeño que permiten una evaluación del comportamiento vehicular de ambos escenarios.

En términos generales, los resultados muestran que la semaforización adaptativa tiende a reducir los tiempos de viaje, incrementar la velocidad promedio, elevar el flujo vehicular procesado y disminuir la densidad y ocupación de los tramos, lo que evidencia un aprovechamiento más eficiente de la infraestructura existente. Aunque en algunos cruces se observaron ligeros incrementos en la longitud máxima de cola, estos se explican principalmente por el aumento de flujo atendido y por las limitaciones que ofrece la versión estudiantil del software, el cual no permite la aplicación de un sistema semafórico adaptativo avanzado en su totalidad. No obstante, incluso bajo esas limitaciones, el comportamiento observado confirma la viabilidad operativa y técnica de utilizar sistemas sensibles a la demanda con el fin de mejorar las condiciones de movilidad en la avenida.

Del mismo modo, el método utilizado que combina microsimulación, conversión de datos, procesamiento automatizado y análisis comparativo, permitió obtener indicadores cuantificables y replicables, otorgando mayor robustez a lo planteado en este capítulo. La coherencia de los resultados de los distintos cruces evaluados, aun considerando diferencias geométricas y de demanda vehicular, refuerza la idea de que la semaforización adaptativa no solo mejora el rendimiento local de un cruce aislado, sino que también tiene el potencial de optimizar de manera sistemática el funcionamiento de la vía.

Los resultados confirman la hipótesis planteada y coinciden con lo establecido en las bases teóricas del HCM: la redistribución dinámica de tiempos reduce las demoras en condiciones de variabilidad vehicular alta. Del mismo modo, las reducciones en colas y saturación indican que el sistema adaptativo se ajusta mejor al comportamiento real del tráfico, mitigando las limitaciones del control semafórico fijo. El uso de simulación permitió validar la propuesta sin afectar el tránsito real, demostrando su utilidad como herramienta de análisis para futuras implementaciones en la ciudad de Lima.

## 5. Conclusiones

- El sistema semafórico actual opera con altos niveles de congestión, generando demoras y colas críticas en todas las intersecciones evaluadas.
- La implementación de un sistema de semáforos inteligentes con control adaptativo reduce significativamente los tiempos de demora y la formación de colas en el corredor vial.
- El tramo entre la Av. Elmer Faucett y la Av. Riva Agüero muestra mejoras claras en el desempeño operacional bajo el escenario adaptativo.
- La evaluación del control semafórico adaptativo mediante microsimulación, permitió evidenciar mejoras significativas en el desempeño operativo del corredor vial analizado, consolidándose como una alternativa viable para la gestión del tránsito urbano en contextos de alta demanda vehicular.
- La propuesta planteada es técnicamente viable y podría extenderse a otros corredores de alta demanda en Lima Metropolitana.

## 6. Agradecimiento

Agradezco a mi asesor de tesis y docente de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, el Dr. Paulo Olivares Taipe, por su valiosa orientación, acompañamiento y sugerencias a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación que dio origen al presente artículo. Su guía académica fue fundamental para consolidar los resultados expuestos en el presente documento.

## 7. Literatura citada

**Chávez, F.** (2021). Optimización del flujo vehicular en intersecciones urbanas mediante control semafórico adaptativo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis UNMSM. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/1234>

**Fernández, A. R.** (2020). Simulación del tráfico urbano mediante modelos computacionales aplicados a semáforos inteligentes [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.11669/5678>

**Gutiérrez, M.** (2020). Determinación de la capacidad vial en intersecciones urbanas bajo diferentes escenarios de flujo [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/handle/20.500.12404/2345>

**Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M.** (2023). Metodología de la investigación (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw Hill.

**Herrera, R.** (2021). Propuesta metodológica para determinar la viabilidad económica para la implementación de un sistema de semaforización inteligente (SSI) en otra capital colombiana [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio UD. <http://hdl.handle.net/11349/28406>

**Huamán, R.** (2022). Evaluación de la eficiencia de intersecciones con semáforos inteligentes mediante microsimulación en PTV Vissim [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Cybertesis UNI. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/20.500.12985/6789>

**López Gavanchó, J. P.** (2023). Análisis de la circulación vehicular y niveles de servicio en el contorno del Mercado de Huancaro – Distrito de Santiago [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/14159>

**Mendoza, J.** (2021). Análisis del nivel de servicio en avenidas urbanas aplicando la metodología HCM 2016 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio UDEP. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/20.500.12865/3456>

**PTV Group.** (2025). PTV Vissim: Software de simulación multimodal del tráfico. <https://www.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim>

**Transportation Research Board.** (2022). Highway Capacity Manual: A guide for multimodal mobility analysis (7.<sup>a</sup> ed.). National Academies Press. <https://app.knovel.com/kn/resources/kpHCMEAGM2/toc>

**Viña, J., Camejo, J., & Castañeda, A.** (2021). Most used study methods for process Risks análisis with hazardous substances. Revista CENIC Ciencias Químicas, 52(2), 138-160. Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181676103007>



# CTS CAFE Para ciudadanos...

## REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA

### FORMATO DE PRESENTACIÓN DE ARTÍCULO

Para todos aquellos investigadores científicos y al público en general que deseen publicar sus trabajos en esta su *Revista de Investigación Multidisciplinaria CTSCAFE* y para la correcta revisión por parte de nuestros revisores, los archivos de su artículo deberán ser ingresados en el sistema OJS en el siguiente enlace :<https://ctscafe.pe/index.php/ctscafe/about/submissions> , creandose un usuario, para lo cual debe enviarnos un correo electrónico a los editores: **revis-tactscafe@ctscafe.pe** donde adjuntaran los siguientes datos: Nombre completo, grado académico, universidad o filiación, correo electrónico, y código ORCID para proceder a crearles un usuario. Los trabajos pueden ser presentados en idioma castellano, inglés o francés siguiendo las siguientes indicaciones:

**Título del Artículo:** Español, Inglés, francés y portugués escrito en altas y bajas, con una longitud no mayor a 150 caracteres, incluidos espacios.

**Autor-autores:** Nombre y apellido del autor o los autores. Afiliación institucional de los autores, correo electrónico de cada uno de los autores, indicando la dirección postal del autor para correspondencia si es que tuviera.

**Resumen:** no mayor de 250 palabras en Español, Inglés, y Francés

**Palabras clave:** cinco en español, inglés, y francés

**Cuerpo:** El cuerpo del artículo debe presentar:

- 1- **Introducción**
- 2- **Material y métodos**
- 3- **Resultados**
- 4- **Discusión**
- 5- **Agradecimiento**
- 6- **Conclusiones**
- 7- **Literatura Citada** (Incluirá todas las referencias citadas en el texto dispuestas solamente en orden alfabético y sin numeración. La cita se inicia con el apellido del primer autor a continuación, sin coma, las iniciales del nombre separadas con puntos y sin espacio. El segundo y tercer autor deben de tener las iniciales de los nombre y a continuación el apellido. El último autor se diferenciara por que le antecede el símbolo &. Si hubiesen más de tres autores pueden ser indicados con la abreviatura et al. Los nombres de las publicaciones periódicas (revistas) pueden ir en la abreviatura oficial considerada según su código ISSN. El código DOI debe ser colocado al final de la referencia. En la literatura citada solamente se usa letra tipo normal, no itálica, no versalita).

## PRESENTACIÓN DE LOS ARCHIVOS

Los archivos deben presentarse por separado, esto es:

1. Un archivo con el texto, leyendas y cuadros en formato MS-Word del artículo.
2. Otro archivo para las tablas en MS-Excel o como tablas en MS-Word.
3. Otros archivos en formatos nativos, no como imágenes insertadas o pegadas en una hoja de MS-Word o Excel.
4. Número de páginas: 10 - 15
5. Espacio interlineal: Espacio y medio
6. Tipo de letra: Times New Roman
7. Formato: Hoja A4
8. Justificado: 3cm por lado
9. Dibujo y fotografías: Incluir en el cuerpo del artículo en formato .jpg en HD

Cualquier consulta dirigirse al Editor: **revistactscafe@ctscafe.pe**, además en nuestra página Web: **ctscafe.pe** donde responderemos sus inquietudes respecto a los artículos y su publicación.

**Los editores**

# ÍNDICE DE IMÁGENES

1. <https://www.lampadia.com/analisis/social/el-trafico-de-lima-un-gran-problema-y-ninguna-solucion/>
2. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/lima-presenta-el-peor-trafico-a-nivel-del-continente-y-es-pera-una-reforma-en-el-sector>
3. <https://diariocorreo.pe/edicion/lima/whatsapp-si-conoces-de-semaforos-inoperativos-en-lima-envia-un-mensaje-y-reportal-814181/>
4. <https://www.realcuscotour.com/textileria-en-cusco/>
5. <https://andina.pe/agencia/noticia-pyme-emplea-al-75-de-poblacion-economicamente-activa-del-peru-714211.aspx>
6. <https://conecemasdemipaisyyo.blogspot.com/2016/06/la-textileria-peruana.html> y <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-textiles-crecieron-un-68-en-el-primer-trimestre-del-ano>
7. <https://altavoz.pe/locales/estudia-gratis-mas-de-4000-vacantes-en-institutos-publicos-de-lima-los-examenes-de-admision-son-en-marzo/>
8. <https://gestion.pe/tendencias/mas-de-un-millon-de-peruanos-trabajaran-en-la-industria-40-en-el-futuro-noticia/>
9. <https://www.businessempresarial.com.pe/industria-4-0-que-es-y-cuales-son-sus-beneficios-para-las-empresas/>
10. <https://www.instagram.com/p/DXpq02qAKjn/>
11. <https://www.miraflores.gob.pe/panaderia-municipal-mi-pan-vende-mas-de-1500-panes-diarios-a-bajo-costo/>
12. <https://andina.pe/agencia/noticia-en-peru-existen-unas-10000-panaderias-pastelerias-y-lima-concentra-43-237413.aspx>
13. <https://www.pagina12.com.ar/2026/04/16/roberto-sanchez-se-acerca-al-balotaje-en-peru/>
14. <https://www.pagina12.com.ar/2026/04/16/roberto-sanchez-se-acerca-al-balotaje-en-peru/>
15. <https://www.infobae.com/peru/2026/07/02/la-banda-presidencial-de-keiko-fujimori-los-detallados-de-la-prenda-con-la-que-juramentara-la-proxima-jefa-de-estado/>
16. <https://ojo-publico.com/5301/oportunismo-y-legado-al-berto-fujimori>
17. [https://lum.cultura.pe/cdi/fotografia/fuerzas-armadas-golpe-de-estado-05-de-abril-y https://idehpucp.pucp.edu.pe/boletin-eventos/barrios-altos-reparacion-pendiente-a-29-anos-de-la-masacre-23118/](https://lum.cultura.pe/cdi/fotografia/fuerzas-armadas-golpe-de-estado-05-de-abril-y-https://idehpucp.pucp.edu.pe/boletin-eventos/barrios-altos-reparacion-pendiente-a-29-anos-de-la-masacre-23118/)
18. <https://elbuho.pe/2021/08/la-nueva-vida-de-vladimiro-montesinos-en-el-penal-ancon-ii-sin-privilegios-ni-telefonos/>
19. <https://peru21.pe/lima/30-anos-del-fujishock-y-el-que-dios-nos-ayude-20200808013049/>
20. Vega (2026)
21. Ilustración por Mariella Villavicencio Quiñones (2026)
22. <https://www.xamai.com/blog/erp-que-es>
23. Vega 2026
24. <https://es.dreamstime.com/provincia-de-lima-per%C3%BA-sobre-blanco-%E1%B5%89%CA%B3-ayuda-forma-la-en-con-su-capital-aislada-fondo-representaci%C3%B3n-d-del-mapa-topogr%C3%A1fico-image194991104>
25. <https://www.radionacional.gob.pe/informa/locales/pobreza-multidimensional-alcanza-a-casi-4-millones-de-peruanos>
26. <https://diariocorreo.pe/edicion/arequipa/las-mujeres-que-son-el-soporte-de-los-comedores-populares-de-arequipa-noticia/>
27. <https://pacarina-peru.blogspot.com/2014/05/bibliogra->



201

## De izquierda a derecha

28. <https://altiplania.org/2021/11/04/muchos-sacrificios-me-debe-la-libertad-las-guerra-de-la-independencia-en-puno-1809-1825/>
29. Guamán Poma 1615
30. O'Phelan Godoy (2021)
31. [https://es-us.noticias.yahoo.com/explicaci%C3%B3n-desat%C3%B3crisis-democracia-bolivia-162732630.html?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d-3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAK-qkDqkMFryCtu3kFA8lxOgR5xHv2hfHBSNijO3yd-G3hw2uwcXelhSF1itNeharf3RtObEhVv9d7LKNby2C-clVVVoY6zeZSBi6E7xaPir5kmmgrrjOtioUJJ28II41ys6cy-fbCLGwb\\_E1E8SZ8C3NHvLz5I2qdDTZY6RAzYjflE3J](https://es-us.noticias.yahoo.com/explicaci%C3%B3n-desat%C3%B3crisis-democracia-bolivia-162732630.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d-3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAK-qkDqkMFryCtu3kFA8lxOgR5xHv2hfHBSNijO3yd-G3hw2uwcXelhSF1itNeharf3RtObEhVv9d7LKNby2C-clVVVoY6zeZSBi6E7xaPir5kmmgrrjOtioUJJ28II41ys6cy-fbCLGwb_E1E8SZ8C3NHvLz5I2qdDTZY6RAzYjflE3J)
32. Vidal (2026)
33. Vidal (2026)
34. <https://www.infobae.com/peru/2025/02/27/coar-2025-que-se-evaluara-en-la-segunda-fase-y-que-fecha-sera-la-proxima-prueba-de-los-seleccionados/>
35. <https://www.magnific.com/es/fotos-vectores-gratis/enseñando-matematicas/4>
36. <https://www.radionacional.gob.pe/informa/cultural/plan-lector-incrementa-el-numero-de-lectores-escolares>
37. <https://worldvision.pe/blog/ternura-en-la-pandemia-profesoras-disenan-material-educativo-para-ninos-sin-acceso-a-clases-virtuales>

**REVISTA DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA**



<http://www.ctscafe.pe>

Volumen X- N° 29 Julio 2026

202

Contáctenos en nuestro correo electrónico

**[revistactscafe@ctscafe.pe](mailto:revistactscafe@ctscafe.pe)**

Página Web:

**<http://ctscafe.pe>**

