

Hacia una intersección Inteligente mediante un algoritmo de equilibrio de carga de trafico

(Semáforo Inteligente)

Dayanna Alvarado^[0000-0002-4799-0895], Josselyn Guazha^[0000-0002-5131-3790], Carlos Paredes^[0000-0001-9953-5213]

¹ Universidad Nacional de Loja, Ecuador

² Avenida Pio Jaramillo Alvarado, Loja 110103

Abstract.

En los últimos años el uso de vehículos ha aumentado exponencialmente en todo el mundo, pero las capacidades de sistemas de transporte son todavía limitados, y no han mejorado de manera expedita hacia un determinado número de vehículos que circulan por ellas. Por tal manera los atascos, y la contaminación se ha incrementado, lo cual lleva un efecto adverso ya sea social o económicamente en todo el mundo. Afortunadamente, los sistemas de transporte inteligentes son tecnologías prometedoras que se han introducido para ayudar a reducir los efectos secundarios de estos problemas. La inteligencia de estos sistemas depende principalmente de la exactitud y la aplicación oportuna y fiable de la información de tráfico en tiempo real. En este trabajo, proponemos un mecanismo basado en la teoría de las colas con el objetivo de mejorar el equilibrio de la carga y reducir los tiempos de espera en las intersecciones de carreteras muy transitadas, a su vez comparar dicho sistema con el mecanismo tradicional haciendo un análisis.

Keywords: Congestión Vehicular, tráfico, Semáforo Inteligente, teoría de colas

1. Introducción

Los sistemas de transporte Inteligente son considerados como uno de los sistemas más importantes que necesitan ser tratados de una manera apropiada. Basado en un informe publicado en 2014 por Victoria Transport Policy Institute's Urban Mobility (UMR), se estima una gran pérdida de tiempo y dinero con un retraso de 5,5 mil millones de horas y la pérdida de combustible de 2,9 millones de galones en Estados Unidos ocasionados por atascos de tráfico en un periodo de tiempo de 10 años. El congestionamiento se considera como uno de los problemas más comunes de hoy en día especialmente en las horas pico debido a la debilidad de la capacidad de absorción de la red de carreteras y

la ineficiencia de Sistemas de transporte para satisfacer las demandas requeridas al tener una gran cantidad de tráfico.

Estos Sistemas se han introducido por la comunidad científica e industrial para ayudar a resolver algunos de los problemas planteados por legacy systems. La idea detrás de estos sistemas es la aplicación de métodos eficientes en la infraestructura existente con el objetivo de aumentar la capacidad de las carreteras, seguridad humana, reducir la contaminación de tráfico, minimizar los tiempos de espera en áreas urbanas congestionadas, con el fin de alcanzar estos objetivos estos sistemas inteligentes utilizan varios mecanismos de recolección de datos y algoritmos inteligentes.

2. Marco Teórico

1. Congestión Vehicular

La congestión vehicular se refiere a la condición de un flujo vehicular que se ve saturado debido al exceso de demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje y atochamientos. Este fenómeno se produce comúnmente en las horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.[1]

2. ¿En qué punto comienza la congestión?

La causa fundamental de la congestión es la fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, etc. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación. Véase la Figura 1, que presenta, mediante la función $t=f(q)$, el tiempo (t) necesario para transitar por una calle, a diferentes volúmenes de tránsito (q). La otra curva, $d(qt)/dt = t + qf'(q)$, se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito (q), el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional.

Puede observarse que las dos curvas coinciden hasta el nivel de tránsito Q_0 ; hasta allí, el cambio en el tiempo de viaje de todos los vehículos es simplemente el tiempo empleado por el que se incorpora, porque los demás pueden seguir circulando a la misma velocidad que antes. Por el contrario, de ahí en adelante, las dos funciones divergen, estando $d(qt)/dt$ por arriba de t . Eso significa que cada vehículo que ingresa experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando.[2]

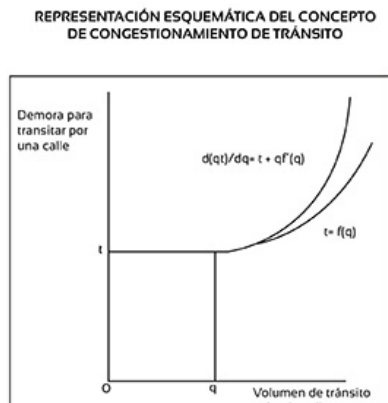


Ilustración 1 Congestion de transito

3. Beneficios de los semáforos inteligentes

La principal ventaja de estos semáforos inteligentes es la de mejorar el tránsito por la ciudad, tanto para los conductores como para los peatones. En caso que no se encuentre vehículos, no tendrás que esperar a que pasen unos minutos para que cambien de color el semáforo. Estos semáforos inteligentes producen sus cambios solo cuando lo vea pertinente, de esta manera, es menos el tiempo de espera y no se producirá atascos en el tráfico.

Otros de los beneficios son los siguientes:

- Ahorra un 30% del tiempo de los conductores y peatones.
- Permite realizar una mejor recopilación de la información para dar prioridad a los motorizados, peatones y los ciclistas.
- Al requerir de menos Policías de Tránsitos, se podrán dedicar a dar atención a otros sectores de las ciudades que los necesites.[3]

4. Desarrollo

La idea de este trabajo es plasmar la investigación descrita en “Computing Conference 2017 18-20 de julio de 2017-Londres, Reino Unido” en el cual se realiza una investigación donde se recopila información de simulaciones expuestas por varios autores para resolver la problemática de congestión de tráfico en una intersección, el documento se basa principalmente en dos bibliografías y las acopla para resolver un nuevo método de resolución mediante un semáforo inteligente con la implementación de teoría de colas y tiempos de espera de cada uno de los automóviles que llegan a una intersección.

1. Herramientas Utilizadas

Visim.- es una herramienta de software para la simulación microscópica y multimodal del tránsito, desarrollada por la empresa PTV. El acrónimo deriva del alemán “Verkehr In Städten - SIMulation” (en castellano “Simulación de tránsito en ciudades”).

JDK.- El JDK es un entorno de desarrollo para crear aplicaciones, applets y componentes utilizando el lenguaje de programación Java.

El JDK incluye herramientas útiles para desarrollar y probar programas escritos en el lenguaje de programación Java y que se ejecutan en la plataforma Java.

2. Descripción del Algoritmo implementado

El algoritmo implementado para la simulación sigue la lógica descrita en el documento tomado de referencia citado anteriormente, el algoritmo describe una ejecución como se describe a continuación.

1. Simulación de una intersección de calles
2. Simulación de vehículos aleatorios en las calles que conforman la intersección
3. Simulación de un semáforo de paso en cada una de las calles de intersección
4. Simulación de tiempos que espera cada vehículo que llega a la calle.
5. Calcular el promedio de tiempo de espera de los autos de cada calle.
6. Calcular el número total de autos en cada una de las calles
7. El semáforo se pondrá en verde dando paso a los carros de la calle donde el promedio de tiempo de espera y el número de carros en esa calle sea mayor.

3. Recopilación de Datos

Para la implementación del algoritmo se realizó un experimento de observación de datos en la vida real del número de carros y el tiempo de espera de cada auto antes de que el semáforo le dé luz verde en una intersección.

La intersección observada está ubicada en la Av Manuel Agustín Aguirre y Chile Sector Tebaida de la ciudad de Loja, la primera consta de dos sentidos y la segunda de uno solo.

Los datos resumidos observados son los siguientes:

Tabla 1 Datos Recopilados

N ° Calle	Numero de carros que llegan
2	3
1	5
2	4
1	6
1	4
1	3
2	2
2	4

1	1
1	4
2	2
1	3
2	4
2	2
2	3
1	5
2	2
1	4
1	1
2	4
2	3

5. Resultados

Haciendo uso de la herramienta de Software Vissim se realizó la simulación de una se intersección con el tránsito de carros aleatoriamente y el control de paso mediante las luces de un semáforo común, lo cual se representa en la siguiente intersección.

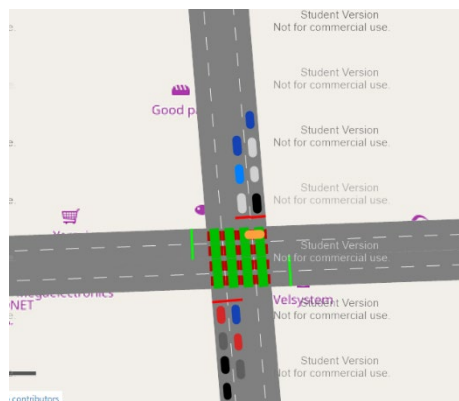


Ilustración 2 Simulación de Intersección

Para la implementación del algoritmo referencial de reducción de tráfico mediante un semáforo inteligente se utilizó JAVA IDE, en el cual se simula una intersección de dos calles cada una con doble sentido, además se registra en una tabla los datos de la simulación de los vehículos que llegan a cada una de las calles con los tiempos de espera asociados. El sistema calcula en un tiempo determinado cuantos vehículos están en cada una de las calles y calcula el promedio de tiempo de espera de cada uno de ellos, consta con dos semáforos inteligentes que dará luz verde a la calle que tenga mayor número de carros y mayor promedio de tiempo de espera de los vehículos, como se muestra a continuación

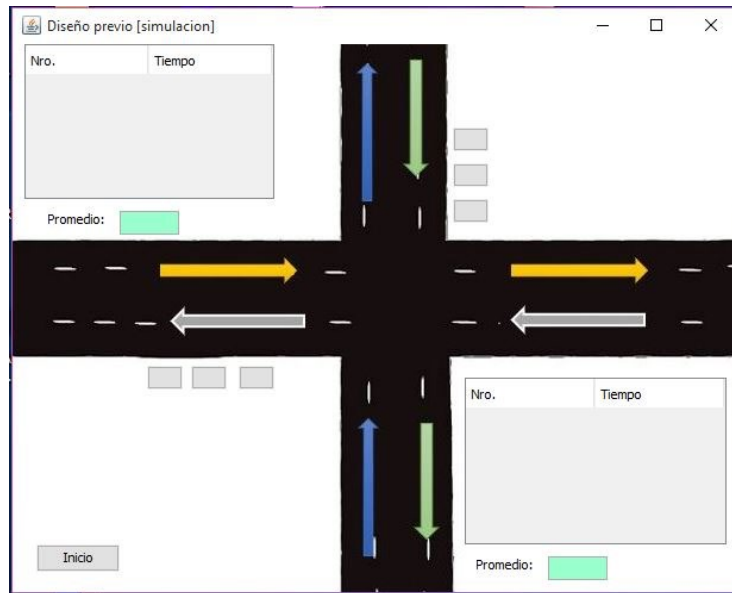


Ilustración 3 Semáforo Inteligente

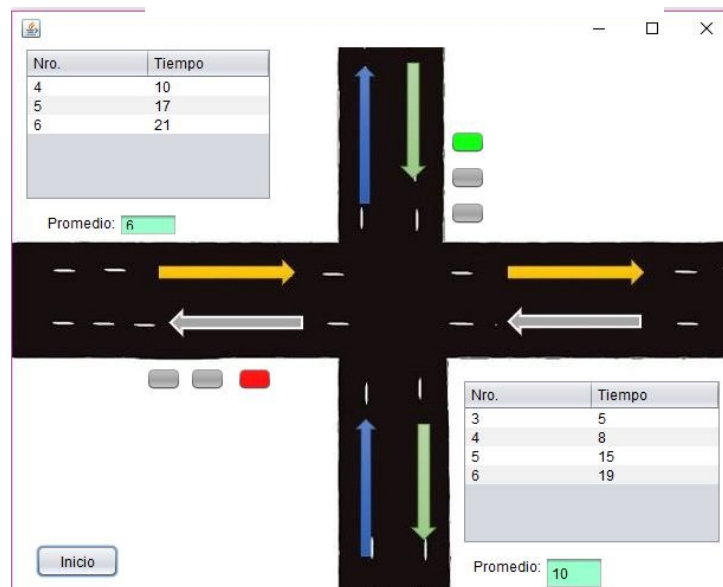


Ilustración 4 Semáforo Inteligente

6. Análisis de resultados

Se realizó una comparación entre una intersección con un semáforo inteligente contra una intersección con un semáforo tradicional, con ello se pudo demostrar la eficacia de la implementación de un semáforo inteligente para el manejo de carga vehicular.

Puesto que el semáforo inteligente dará paso a los carros de la calle que contenga promedio de tiempo de espera y el número de cola mayor, se evitará la congestión vehicular, lo que diferencia de los sistemas de manejo con semáforo tradicional en el que el semáforo espera un tiempo en específico para dar paso a los carros sin tomar en cuenta si la cola está o no vacía y sin tomar en cuenta el tiempo que los vehículos han estado esperando una luz verde para transitar.

En las tablas citadas a continuación se describe un análisis manual de dicha comparación, en ellas se evidencia el transcurso de los vehículos en una sola calle específica, se establecen los números de carros que están en la cola antes de que el semáforo cambie a la luz verde, en el primer caso, con el semáforo inteligente, se observa que la cola de carros que esperan luz verde es pequeña en comparación al segundo caso, además siendo la cola pequeña en el primer caso hay gran probabilidad de que toda la cola transite, por el contrario en el segundo caso, la cola de espera es bastante larga y no todos pasan antes de que el semáforo cambie a rojo, generando así mucho tiempo que los carros permanecen en la cola, además en este segundo caso el semáforo da paso a los carros después de un tiempo constante sin verificar que la fila este llena o no, entonces se puede dar el escenario de que no haya ningún carro en la calle1 y varios carros en la calle2, el semáforo sincroniza el color verde dando paso a los carros que están en la calle1, mientras que los de la calle2 esperan aún más tiempo, si se siguiera llenando la cola las intersecciones se obstaculizan y se genera congestión.

Si nos idealizamos una ciudad bastante grande donde hay calles con dos sentidos, vario tránsito vehicular en una hora pico, en el caso dos, con el semáforo tradicional, se genera un caos, y es por ello que lo mas optimo es implementar un semáforo inteligente para lograr un eficiente manejo de carga vehicular.

ANTES

Estado del Semáforo: Verde

Tabla 2 Análisis Antes

Semáforo Inteligente	Semáforo Normal
Calle 1	Calle 1
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

DESPUES

Estado del Semáforo: Verde

Tabla 3 Análisis Después

Semáforo Inteligente	Semáforo Normal
Calle 1	Calle 1
10	7
11	8
12	9
	10
	11
	12

7. Conclusiones

- Los resultados obtenidos del sistema de control de semáforos inteligentes para el control de tráfico vehicular en una intersección de una ciudad, permite mejorar el flujo del tráfico gracias a la capacidad del sistema de toma de decisiones que dan prioridad a las calles con mayor promedio de tiempo de espera y cola.
- El sistema de manejo de carga vehicular con un semáforo inteligente es más eficiente en comparación al sistema tradicional, puesto que ayuda a reducir el tiempo de espera de los vehículos en una intersección y sobre todo a reducir el número de autos en una cola esperando a transitar.
- Es importante recalcar que en esta simulación se hace uso de las distribuciones estudiadas, en el software Vissim se hace uso de la distribución de Poisson para simular los tiempos en que llega un carro a apilarse en una calle.

8. Recomendaciones

- Para comprobar mejor la optimización del sistema inteligente de control de congestión vehicular es recomendable realizar una simulación con un número elevado de escenarios y considerando una intersección con calles de doble sentido en una ciudad con gran tránsito vehicular y sobre todo en las horas pico.
- Implementar en una mejor versión del proyecto un parámetro de conteo vehicular que permita llevar una estadística de la fluidez en las intersecciones para establecer horas picos, lo cual nos ayuda a modificar los tiempos de habilitación de las vías de acuerdo a las necesidades de circulación vial.
- Es recomendable para trabajos futuros realizar la simulación de paso vehicular en una intersección más céntrica de la ciudad, puesto que es ahí donde se produce más congestión.

9. Referencias Bibliográficas

- [1] EFE (23 de mayo de 2014). «São Paulo sofre engarrafamento recorde de 344 quilômetros» (en portugués). UOL Economía. Consultado el 25 de mayo de 2014.
- [2] Pardo, Vicente (2001), Medidas para el control de la congestión vial urbana actuando sobre la oferta
- [3] An Overview of Transit Signal Priority Advanced Traffic Management Systems Committee et al, 2002

- [4] F. Ahmad, A. Basit, H. Ahmad, S. A. Mahmud, G. M. Khan and F. Z. Yousaf, "Feasibility of Deploying Wireless Sensor Based Road Side Solutions for Intelligent Transportation Systems," Connected Vehicles and Expo (ICCVE), 2013 International Conference on, Las Vegas, NV, 2013, pp. 320-326. doi: 10.1109/ICCVE.2013.6799814.
- [5] N. S. Nafi and J. Y. Khan, "A VANET based Intelligent Road Traffic Signalling System," Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC), 2012 Australasian, Brisbane, QLD, 2012, pp. 1- 6. doi: 10.1109/ATNAC.2012.6398066.