

# SISTEMAS DE DETECCIÓN VEHICULAR PARA SEMAFORIZACION ADAPTATIVA <sup>1</sup>

Romina A. Hoff<sup>2</sup>; Javier E. Kolodziej<sup>3</sup>; Sergio A. Garassino<sup>4</sup>; Ricardo A. Korpys<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Proyecto de investigación aplicada del programa “Universidad y Transporte”, Proyecto del Programa de Incentivos.

<sup>2</sup> Integrante, Estudiante de Ingeniería Electrónica, [roandru92@gmail.com](mailto:roandru92@gmail.com)

<sup>3</sup> Co-director, Dr. Ingeniero Electrónico, [koloj@fio.unam.edu.ar](mailto:koloj@fio.unam.edu.ar)

<sup>4</sup> Director, Ingeniero Electrónico, [garassino@fio.unam.edu.ar](mailto:garassino@fio.unam.edu.ar)

<sup>5</sup> Integrante de Proyecto, [korpys@fio.unam.edu.ar](mailto:korpys@fio.unam.edu.ar)

## Resumen

El sistema de detección vehicular es un componente fundamental de un sistema de semaforización adaptativa. En este trabajo, que forma parte de los primeros avances realizados en un proyecto de investigación que trata esta temática, se analizan los distintos métodos de detección de presencia vehicular en las vías con circulación comandada por semáforos. El objetivo principal es optar por el sistema más conveniente considerando costos, complejidad y viabilidad. Los métodos analizados son: bucles de inducción, detectores laser, detección por radar y detección por video. De cada uno de ellos se describe el principio de funcionamiento, se analizan sus características y prestaciones, además de la disponibilidad en el mercado.

Observando las ventajas e inconvenientes de cada método, se opta por la detección por video para seguir avanzando con las investigaciones.

**Palabras Clave:** flujo vehicular – Bucle de inducción – detección por radar – detección por video– detectores infrarrojos – procesamiento de imágenes – semaforización adaptativa

## Introducción

En la provincia de Misiones, numerosos municipios poseen un trazado vial que responde a una arquitectura caracterizada por una vía de circulación rápida, avenida principal, interceptada por numerosas calles secundarias de tránsito lento. Ejemplo de ello son Eldorado, Puerto Rico, Monte Carlo, Aristóbulo del Valle, Campo Grande, etc.

Para lograr una circulación fluida del tránsito y aumentar la seguridad vial, clásicamente se instalan semáforos convencionales, de temporización fija, que ayudan a ordenar la circulación pero provocan muchas veces esperas innecesarias.

A nivel nacional, varias empresas proponen soluciones basadas en extensos sistemas de semaforización inteligente, estructuradas a partir de un centro de procesamiento, lo que implica en costos sumamente elevados para ser asumidos por municipios de nuestra provincia. Por ello, se propone investigar una solución más económica, desarrollada en la provincia, que resulte en semáforos que se adapten a las necesidades reales de circulación, tomando decisiones de forma local y comunicando informaciones de sincronismo y operación a otros semáforos.

Para hallar dicha solución, es necesario investigar primeramente los distintos métodos de detección vehicular, y realizar una comparación de costos, alcances, disponibilidad en el mercado, durabilidad, prestaciones en condiciones climáticas adversas, etc.

En el presente trabajo se realiza un análisis comparativo de los siguientes métodos de detección: (a) bucles de inducción; (b) detectores laser; (c) detección por radar; y (d) detección por video.

Cabe mencionar que se toma como variable de referencia la densidad de tráfico, por lo tanto el sistema de detección debe ser capaz de determinar si a lo largo de la calle hay varios vehículos circulando.

Este proyecto se realiza además, con vinculación al municipio de Puerto Rico Misiones, donde se pretende instalar el sistema de semaforización adaptativa en una de sus avenidas principales (Av. San Martín) interceptada por una calle secundaria.

### **Metodología**

Se realiza un estudio bibliográfico de cada uno de los métodos de detección mencionados, analizando el funcionamiento, características constructivas, montaje y durabilidad. Se investiga además la disponibilidad en el mercado y los costos asociados a los distintos dispositivos y su correspondiente instalación, mantenimiento, etc. Finalmente con los datos obtenidos se realiza un análisis comparativo que permitirá seleccionar el método de detección de vehículos más adecuado. Esto servirá de base para seleccionar posteriormente el método de procesamiento de la información de densidad de tránsito de cada calle y comandar los semáforos correspondientes.

### **Resultados y Discusión**

La detección vehicular es el primer paso a realizar para poder desarrollar un sistema de control del paso de vehículos. El método de detección debe poseer una respuesta rápida, es decir, proporcionar información en tiempo real de la densidad de tránsito en la avenida principal y en la calle que la intersecta.

Además, es necesario conocer la geometría del trazado vial. En cuanto a la normativa que reglamenta el ancho de las calles y avenidas, se han encontrado que esto es particular de cada municipio, las dimensiones varían de acuerdo a sus asentamientos y planificación urbanística. Si bien cada municipio reglamenta esto dentro de su carta orgánica, por lo general difiere de las medidas reales de las calles. Para el caso particular del municipio de Puerto Rico, la avenida San Martín, tomada de referencia en la investigación, tiene un ancho de aproximadamente 12 m., en cuanto las calles secundarias miden alrededor de 10 m. de ancho. La Figura 1 muestra una captura del plano de esta avenida, (Google maps, 2015), donde se observa la intersección de la avenida con una calle secundaria.



*Figura 1: intersección de la avenida San Martín con una calle secundaria*

A continuación se realiza un análisis de cada uno de los métodos de detección.

#### **a) Bucle de inducción:**

Un sensor vehicular de lazo (o bucle) inductivo se basa en el fenómeno físico de la inducción electromagnética, se compone de una o más vueltas de un cable aislado (de materiales altamente conductores como hierro, acero, y cobre) insertado en el pavimento. Cuando un vehículo lo atraviesa o se detiene encima de este, se inducen corrientes en el vehículo y disminuye la inductancia del lazo, esto trae como consecuencia el desbalance del circuito del cual este inductor es parte. Este desbalance se mide con un circuito auxiliar

y se determina cuando ha pasado un automóvil, una moto o una bicicleta. Este método es insensible a inclemencias del tiempo y ofrece una buena exactitud para el conteo de vehículos [1]. En la Figura 2 se presenta un esquema del funcionamiento de este método.

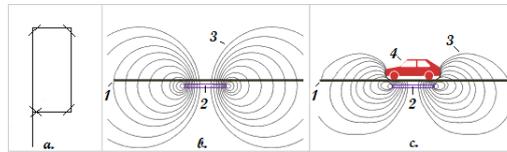


Figura 2: esquema del funcionamiento de la bobina de inducción

Este método tiene como desventaja que debe ser introducido en el pavimento, además dado el gran peso de algunos vehículos que lo atraviesan, la bobina suele dañarse por lo que habría que reemplazarla. Otra desventaja es que posee un rango limitado si el interés es medir la densidad de tránsito que hay en la calle en un instante dado.

**b) Detectores láser:**

El Láser es un dispositivo de amplificación de luz por emisión estimulada de radiación. Amplifican la luz y producen haces de luz donde las ondas, o fotones, se propagan de forma coherente. Esto hace que la luz láser pueda ser extremadamente intensa, muy direccional, y con una gran pureza de color. Para la detección de vehículos se envía una onda y esta al chocar con un objeto cambia su fase, esta diferencia de fase es la que permite determinar la distancia a la que está el objeto [2]. Pero la distancia mínima de captación es de 100 metros. Además se debe tener presente que las condiciones climáticas como ser lluvias, niebla o un gran contenido de partículas en el ambiente, introducen un error en la medición, dado que el láser no puede atravesar libremente el ambiente y llegar al objeto. En el mercado no se encuentran disponibles fácilmente estos dispositivos. Estas son las razones por la cual se descarta este método de detección.

**c) Detección por radar:**

El radar (del inglés *radio detection and ranging*, “detección y medición (de distancias) por radio”) es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles. Su funcionamiento se basa, por un lado, en la medición del tiempo de retorno de pulsos de ondas electromagnéticas de alta frecuencia, lo que permite determinar la posición de diferentes objetos. Por otro lado, el efecto Doppler, que consiste en el cambio de frecuencia cuando los pulsos interceptan objetos en movimiento, haciendo el análisis de la diferencia de la frecuencia, permite determinarla velocidad de desplazamiento. En nuestro caso interesa detectar el vehículo sobre la calle. Dado que se trabajan con altas frecuencias, se requieren componentes específicos que son difíciles de conseguir en el mercado local y poseen un costo elevado, encareciendo al sistema.

Sin embargo es una opción a considerar dada la gran difusión que comienza a tener en cuestiones relacionadas con el tránsito [3,4]. Además, existen circuitos sencillos que permiten hacer algunas incursiones en esta temática. Por ejemplo, una propuesta por el laboratorio MIT Lincoln. El sistema propuesto por ellos se presenta en la Figura 3.a). En la Figura 3.b), se ilustra una ventaja de esta método de detección, que es el gran rango de cobertura, alcanzando varios cientos de metros, lo cual es una de la características buscadas del método de detección

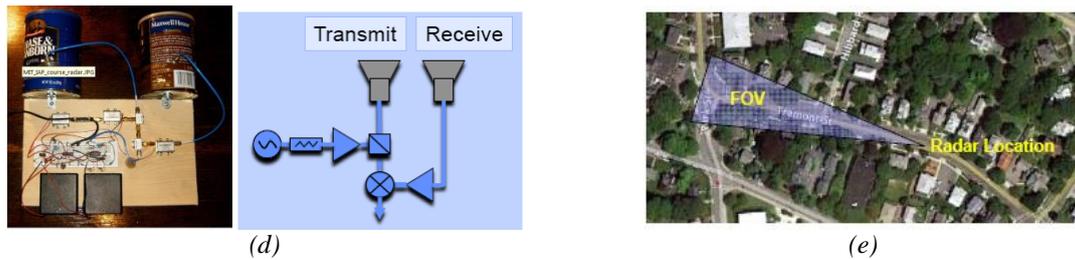


Figura 3: (a) Sistema de detección radar propuesto por MIT Lincoln Laboratory; (b) Representación de la radiación del sistema de radar.

#### d) DetECCIÓN POR VIDEO:

Dada la necesidad de simular y optimizar el control de tráfico para agilizar la circulación, en los últimos años, se ha ido implementando la vigilancia por medio de sistemas de vídeo de gestión de la información y actualizaciones en tiempo real. La estimación de la densidad del tráfico y la clasificación de los vehículos también se puede lograr utilizando sistemas de vídeos de vigilancia y a través de procesamiento de imágenes fotográficas [5].

En el mercado existe una gran variedad de cámaras de vigilancia, con características muy variadas. Analizando la situación problemática, resulta que estas cámaras deben detectar el flujo de vehículos sin importar las condiciones climáticas y en ausencia de iluminación. Por lo tanto deben ser para exterior y tener visión nocturna, esto visión infrarroja (IR) con un alcance superior a 30 metros para captar el flujo de automóviles.

Consultando a empresas que venden este tipo de cámaras, nos han recomendado el modelo DS-2CD2632F-I de la marca HIKVISION, esta se observa en la Figura 4.



Figura 4: Cámara DS-2CD2632F-I HIKVISION

Para lograr un buen ángulo de visión de la calzada y facilitar la instalación de las cámaras se las puede instalar en el mismo mástil donde estarán ubicadas las luces del semáforo como se muestra en la Figura 5.



Figura 5: Ejemplo de instalación de cámaras con el semáforo

Este último método resulta muy interesante y ventajoso por la gran disponibilidad de sistemas de vigilancia presente en el mercado y a un costo relativamente bajo. Además de contar con las características necesarias para la detección en tiempo real del flujo vehicular.

#### Conclusiones

Analizadas los distintos métodos de detección vehicular, se considera más viable optar por el sistema de detección por radar y la detección por video, como métodos a implementar. Sin embargo, se iniciarán los ensayos considerando la detección por video, dada la mayor disponibilidad en el mercado.

#### Referencias

- [1] T. Takechi, K Sugimoto, T. Mandonó and H. Sawada, "Automobiliie identification based on the measurement of car sounds," *30th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Busan, Korea, pp 1784-1789. Nov. 2004.
- [2] F. García, F. Jiménez, J. E. Naranjo, J. G. Zato, F. Aparicio y A. de la Escalera, "Laser sacner como sistema de detección de entornos viales," *Revista iberoamericana de automática e informática industrial*, vol. 8, no. 1, pp. 44-53, En. 2011.
- [3] M. Lazarus, "Radar Everywhere," *IEEE Spectrum*, pp 52-59. Feb. 2015.
- [4] J. Dickmann, N. Appenrodt, and C. Brenk, "Making Bertha See," *IEEE Spectrum*, pp. 40-45. Aug. 2014.
- [5] A. Kanungo and A. Sharma, "Smart traffic lights switching and traffic density calculation using video processing," RAECS UIET Panjab University, Chandigarh, India, Mar. 2014.