

# **Análisis comparativo de tecnologías de detección para el desarrollo de un prototipo de control de tráfico vehicular en vías bidireccionales intervenidas.**

*Comparative analysis of detection technologies for the development of a prototype for vehicular traffic control on intervened bidirectional roads.*

SILVIO RODRIGO PERAFAN FINCER, JHON JAIRO PATIÑO GUERRERO

Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán, Colombia

## **Resumen**

El presente trabajo aborda un análisis comparativo de tecnologías de detección, como también el desarrollo de un prototipo para la detección y control del tráfico vehicular. El objetivo es determinar los componentes que conformarán el sistema, entre los cuales se encuentran: sensores, dispositivos de comunicación, microcontroladores, LCD, entre otros.

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema de detección vehicular que incorpora un sistema fotovoltaico, el cual permite evaluar el rendimiento del prototipo en entornos sin acceso a una red eléctrica. Para comprobar la funcionalidad del dispositivo, se llevaron a cabo pruebas en ambiente controlado y en campo, donde inicialmente se da funcionalidad a la comunicación inalámbrica con dos módulos y dispositivos de detección que determinaran las señales de tránsito mediante una señal lumínica para el control de automotores.

*Palabras clave: comunicación, control, detección, fotovoltaico, señalización.*

## **Abstract**

This paper deals with a comparative analysis of detection technologies, as well as the development of a prototype for the detection and control of vehicular traffic. The objective is to determine the components that will make up the system, among which are: sensors, communication devices, microcontrollers, LCD, among others.

The project consists of the design and implementation of a vehicle detection system that incorporates a photovoltaic system, which allows evaluating the performance of the prototype in environments without access to an electrical network. To verify the functionality of the device, tests were carried out in a controlled environment and in the field, where initially functionality is given to wireless communication with two modules and detection devices that determine traffic signals by means of a light signal for the control of automobiles.

*Keywords: communication, control, counting, detection, photovoltaic, signaling.*

#### 4. Introducción

En Colombia a partir del año 2014 presento un gran crecimiento en construcción e intervención vial, a pesar del trabajo realizado en las vías del país estas se ven afectadas por dos grandes factores los cuales son las fallas geológicas y el paso de vehículos con grandes cargas, estos ocasionan un gran deterioro vial. Las zonas más afectadas son las que cuentan solamente con vías de doble sentido, para la reparación y mantenimiento de estas carreteras se cuenta con la agencia INVIAS (instituto nacional de vías) el cual se encarga de designar el personal capacitado para dar solución al problema que se presente en alguna vía del país. Una de las actividades con gran importancia que realiza el personal es el control de tráfico vehicular, el cual es indispensable para garantizar la movilidad y la seguridad de los conductores, transeúntes y trabajadores que se encuentran en la vía, para realizar el respectivo trabajo cuentan con recursos básicos tales como (canalización de tráfico, conos viales, señales luminosas) [1].

El desarrollo del prototipo propuesto para este proyecto busca apoyar tecnológicamente el control de tráfico vehicular en vías de doble sentido intervenidas, las cuales cuenten con un solo carril para el flujo vehicular.

#### 5. Normatividad de señalización

Para realizar la construcción del prototipo se realizó un estudio acerca del manual de señalización vial en el cual se encuentra, leyes, artículos, normatividad con la que deben contar los encargados de los trabajos viales realizados en el país. El manual proporciona información acerca de todas las medidas necesarias para la elaboración del prototipo y así seguir la normatividad vial estipulada.

El manual de señalización vial fue creado para unificar la gran diversidad de señalización vial que existe en el mundo, la convocatoria fue realizada por la ONU (organización de naciones unidas) en el año de 1949, en el año 1979 se aprobó el manual interamericano de dispositivos para el control de tránsito el cual

debe ser modificado por cada país dependiendo de las normas que los rigen. Colombia adopto el manual interamericano en el año 1997, en Colombia se realizaron una nueva edición del manual en 1985 y una segunda edición en 1992. A partir de esta segunda edición se realizaron diversas actualizaciones hasta el año 2010 [2].

A continuación, se mencionan algunos de los artículos que se son de suma importancia y se tienen en cuenta en las obras que se realizan en el territorio nacional.

- “La aplicación y el cumplimiento de las reglamentaciones establecidas por el ministerio de transporte será responsabilidad de cada una de las autoridades de tránsito en su respectiva jurisdicción.” (artículo 5 de la Ley 769 modificado por el artículo 3 de la Ley 1383 de 2010).
- “Cada organismo de tránsito responderá en su jurisdicción por la colocación y el mantenimiento de todas y cada una de las señales necesarias para un adecuado control del tránsito, que serán determinadas mediante estudio que contenga las necesidades y el inventario general de la señalización en cada jurisdicción.” (Ley 769 de 2002, artículo 115, parágrafo 1).  
“En todo contrato de construcción, pavimentación o rehabilitación de una vía urbana o rural, será obligatorio incluir la demarcación vial correspondiente, so pena de incurrir el responsable, en causal de mala conducta.” (Ley 769 de 2002, artículo 115, parágrafo 2).

Teniendo en cuenta el manual de señalización vial mencionado anteriormente cabe destacar que el ministerio de transporte y por ende las secretarías de tránsito busca el bienestar tanto de transeúntes como de conductores que se movilizan por los diferentes sectores del país.

## 6. Diseño electrónico

Se realizaron dos diagramas de bloques los cuales permiten establecer una arquitectura general con la que se conformara el diseño electrónico, en la Imagen 1 el primero de ellos presenta dos nodos, los cuales se comunicaran entre sí, mediante una tecnología de radiofrecuencia entre otros elementos electrónicos que se definen específicamente en la fase de diseño, cada nodo será un dispositivo de control vial y mediante elementos electrónicos, se generara un sistema de automatización asistida, teniendo en cuenta que el proceso a controlar es crítico por lo que se estima el apoyo de un operario a diferencia de los sistemas operados manualmente mediante dos o más operarios.



Imagen 1 Componentes prototipo (elaboración propia)

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un segundo diagrama de bloques más detallado, este representa los elementos que tiene cada uno de los nodos, en el se propone un módulo de unidad de control encargado de contener el firmware cuyo algoritmo permite la operación del nodo, a este bloque se integra un sistema de comunicación RF (Radio Frecuencia) que se implementara mediante un transceptor que cumpla con el requerimiento de potencia necesario para la cobertura.

El desarrollo del prototipo implementa una señalización visual y por medio de una interfaz tipo LCD presenta la información relacionada al proceso, tales como, tiempo, conteo de vehículos entre otros. adicionalmente se tiene un bloque de entrada de datos que permita configurar las opciones del prototipo, y un sistema de sensores que permite la detección

de los vehículos y finalmente un sistema fotovoltaico el cual se encarga de suministrar energía al sistema.

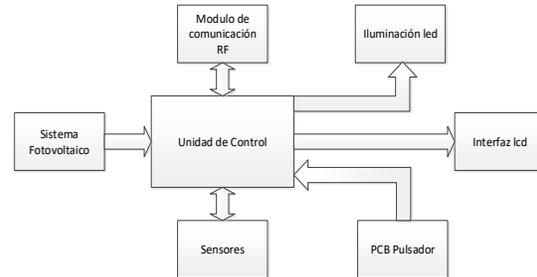


Imagen 2 Diagrama de flujo prototipo (elaboración propia)

Una vez establecida una arquitectura del prototipo por medio de los diagramas se evaluó y seleccionó los elementos que conformaran el dispositivo los cuales son:

- 1- **PIC 18f4550:** son dispositivos microcontroladores potentes, llamados también con el nombre de micro computadoras, debido a que cuentan con periféricos que un computador tiene, entre ellos están los módulos PWM, Usar, RAM y unidades de entrada/salida [1].
- 2- **Sensores de detección:** Los sensores de proximidad tienen la capacidad de detectar objetos de colores o materiales sólidos (como líquidos). cuentan con cierto alcance de detección y pueden recibir ecos emitidos dentro de este rango de distancia y convertirlos en señales eléctricas para procesar la información en el equipo de evaluación [2].
- 3- **LCD 2x16:** los módulos LCD (2 líneas de 16 caracteres), son dispositivos con pantalla de cristal líquido. Estas pantallas tienen la gran capacidad de mostrar textos alfanuméricos. La mayoría de sus aplicaciones se encuentran en la

electrónica, de esta manera facilita al ser humano la visualización de información de un proceso [3].

**4- Modulo transceptor de radio frecuencia E32-915t20D:**

la tecnología LoRa soluciona el alcance de la red de cierta área, como también la falta de energía eléctrica, LoRa permite comunicar dispositivos hasta 30 kilómetros en campo abierto con un mínimo consumo de energía, además de tener conectividad segura mediante triple encriptación y el envío de datos es bidireccional [4].

**5- Tira LED RGB:**

Las tiras de LED RGB se pueden ajustar según el gusto o las necesidades, vienen en varios tipos de tamaños y se puede variar la intensidad de la luz dependiendo del tipo de LED, el voltaje de trabajo es de 12V o 24V, pueden alumbrar de distintos colores en el momento que así lo deseemos [5].

**6- Sistema fotovoltaico:**

Estos sistemas son aquellos conformados por un conjunto de equipos que sirven para aprovechar la energía solar y su función es la generación y almacenamiento de energía eléctrica. A continuación, una descripción de los elementos básicos que debe tener un sistema fotovoltaico.

- **Paneles fotovoltaicos:** es un dispositivo conformado por un conjunto de células solares, que se encargan de convertir directamente en electricidad los fotones que provienen de la luz del sol. La producción de corriente depende de la irradiación (nivel de iluminación), de modo que, cuanto más sea la luz captada, mayor será la intensidad eléctrica a través de la célula. En el panel solar fotovoltaico, el conjunto de células

están conectadas eléctricamente entre sí, encapsuladas y montadas en una estructura de soporte o marco [6].

- **Regulador de voltaje para sistema fotovoltaico:** un regulador de tensión o regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante [6].

**Batería:** son el medio de almacenamiento de energía captada por un panel solar y su función es dar soporte de energía cuando no hay suficiente luz solar haciendo que un sistema pueda ser autónomo, las más utilizadas en sistemas fotovoltaicos son del tipo plomo-ácido con electrolito líquido y las del tipo plomo-ácido con electrolito gelificado [6].

Realizada la selección de elementos que conformaran el prototipo se procede a realizar un diseño esquemático y el respectivo ruteo de la PCB, en la Imagen 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el diseño final de la placa trabajada en EAGLE 7.4.0 [3]. Se requiere de la fabricación de dos placas, a una de ellas se le asignara la programación de maestro y la otra programación de esclavo.

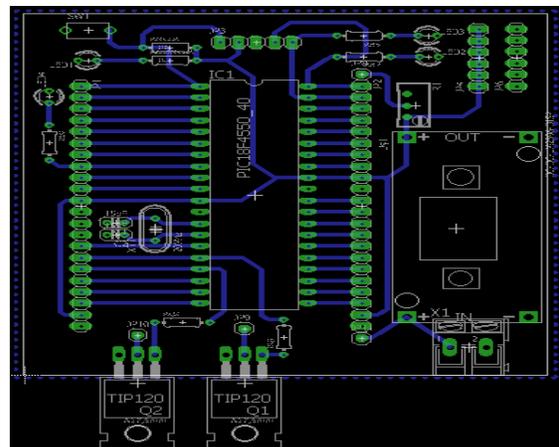


Imagen 3 Ruteo PCB (elaboración propia)

En la Imagen 4

se muestra el diseño final de la PCB para pulsadores, esta se integrará a la placa con la programación maestro.

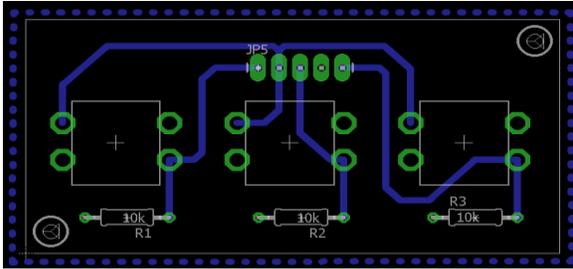


Imagen 4 Ruteo PCB pulsadores (elaboración propia)

## 7. Diseño industrial

Se realizó un diseño industrial, que se compone de un espacio para posicionar los diferentes sensores de detección, estructura, tira led RGB, base para tiras led, estructura para sensores. Dichos elementos fueron desarrollados con la ayuda del software CAD Solid Edge [7], este software permite diseñar estructuras en 3D las cuales pueden ser creadas de forma independiente y posteriormente ensambladas mediante la herramienta conjunto la cual permite observar el resultado final del trabajo desarrollado, en la Imagen 5 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta el resultado final del prototipo diseñado en 3D.

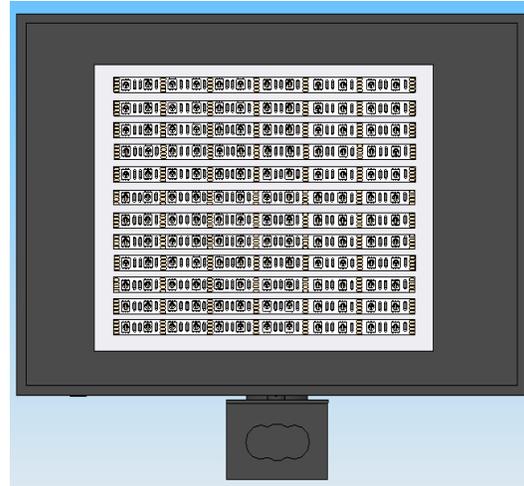


Imagen 5 Integración de piezas 3D, prototipo completo (elaboración propia)

## 8. Desarrollo

En este apartado se presentan los resultados de fabricación y ensamble de hardware, la integración del firmware, hardware y posteriormente las pruebas obtenidas en la integración del sistema electrónico.

En la Imagen 6 se puede observar el trabajo de la maquina CNC mediante el programa candle 1.1.7 y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa la placa terminada con todos sus componentes soldados. Se integra el sensor ultrasónico hc-sr04 para determinar el correcto funcionamiento de la placa.

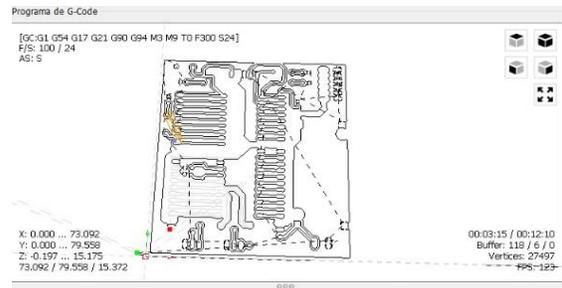


Imagen 6 Ruteo maquina CNC(elaboración propia)

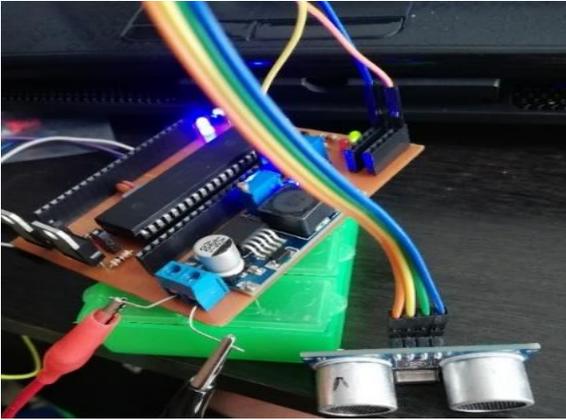


Imagen 7 Prueba de funcionamiento PCB (elaboración propia)

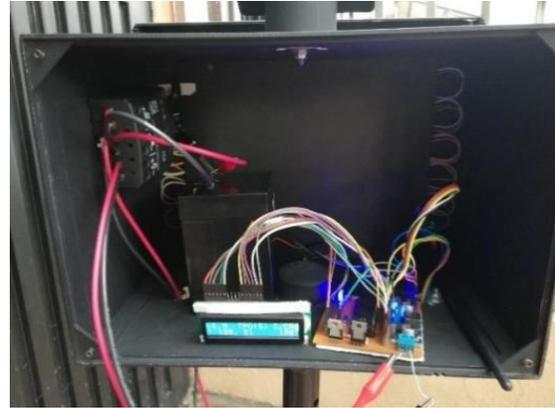


Imagen 8 Activación del prototipo completo (elaboración propia)

### 9. Integración de FW y HW.

Una vez ensamblado todos los componentes físicos que componen el prototipo se procede a integrar el programa para poder realizar las pruebas pertinentes y así comprobar el funcionamiento completo del prototipo. En la Imagen 8 se puede ver el prototipo completo y la activación de las tiras led RGB exponiendo la señal de pare y sigua, en el apartado B) se observa la parte interior de la estructura en la cual van integrados el regulador solar, batería y PCB'S y la activación de la LCD con su respectiva información.

#### Apartado A)



#### Apartado B)

### 10. Pruebas del prototipo a distancias fijas

Una vez verificado el funcionamiento del sistema fotovoltaico junto al sistema de señalización, en laboratorio se procede a realizar la evaluación del prototipo mediante una serie de pruebas con distancias cortas los datos tomados en cada ensayo se registraron para determinar el correcto funcionamiento del prototipo.

En la Imagen 9 aparatado A), apartado B) y apartado C) se puede apreciar uno de los registros fotográficos realizados en el cual se evidencia el momento de la realización de las pruebas en un ambiente controlado y supervisado por los integrantes del proyecto.

#### Apartado A)



**Aparado B)**



**Apartado C)**



*Imagen 9 Prueba a 100 metros (elaboración propia)*

## 11. Conclusiones

- La comparación de desempeño de trabajo en las diferentes tecnológicas de detección para automotores en un ambiente controlado. Una vez definido el dispositivo de mayor eficacia y desempeño, se procedió a realizar una prueba final en campo, donde se estaba interviniendo una vía y el tránsito de automotores era constante.
- La caracterizaron los métodos de señalización utilizados en tramos viales que son intervenidos civilmente. Con respecto a este tipo de señales, se diseñó y se implementó un prototipo para controlar el flujo de automotores en vías bidireccionales que disponen de un solo carril, donde finalmente se eligió la tecnología de detección que tuviera mejor desempeño en dicha práctica.
- El presente trabajo integró dos áreas de la ingeniería como son la programación y el diseño electrónico, que facilitaron la implementación de un software de diseño asistido por Computador para la elaboración de los bocetos en 3D; esto permitió ahorrar tiempo y costos en la construcción de las estructuras contenedoras que dieron forma física y funcional al prototipo electrónico.
- El proyecto se desarrolló bajo una metodología de análisis basada en requerimientos, que estableció un proceso coherente y secuencial, que culminó con la fabricación de un prototipo funcional, evaluado en laboratorio y en un entorno controlado en exteriores con alto grado de satisfacción.
- Respecto de los resultados obtenidos por el prototipo tenemos

que el sensor JSN-SR04 presento un buen funcionamiento al momento de detectar presencia. De esta manera se logra la funcionalidad de la programación para que el dispositivo opere con tiempos predefinidos para dar vía, tomando como señal de inicio la detección del primer automotor. Este trabajo permite concluir que su funcionalidad como elemento de apoyo semiautomatizado en vías intervenidas con acceso por un solo carril es ideal.

- Según las pruebas realizadas, una de las mejoras al prototipo está relacionada con la integración de un sensor de mayor robustez tipo industrial, que debido a sus altos costos fue imposible adquirir.

## 12. Trabajos futuros.

- Diseñar y analizar el comportamiento de sensores tipo M-Wave u otra tecnología que permita reducir el error en la detección.
- Realizar un diseño electrónico que pueda disminuir el consumo energético del prototipo.
- Integrar el sistema desarrollado a un sistema que recolecte datos para subirlos a una plataforma web y realizar análisis de flujo vehicular.
- Implementar una pantalla táctil que mejore la visualización y la interacción de la persona con el prototipo

## 13. Referencias

- [1] A. Bull, «Comisión Económica para América Latina y el Caribe,» Santiago de Chile, 2003
- [2] Gerardo Tobar Lopez, «Ministerio de Transporte,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.mintransporte.gov.co/documentos/29/manuales-de-senalizacion-vial/>. [Último acceso: 7 20 2020].
- [3] Pacheco madrid wilson Alejandro, “FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES,» 2014.
- [4] F, Torres, C. Fernandez, “Sensores y detectores,» 2013.
- [5] F. Antonio and M. Castro, “Desarrollo del manejador de LCD del proyecto abierto papiGB Por,» 2016.
- [6] P. D. P. Adi and A. Kitagawa, “Performance evaluation of E32 long range radio frequency 915 MHz based on internet of things and micro sensors data,» *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 11, pp. 38–49, 2019, doi: 10.14569/IJACSA.2019.0101106.
- [7] S. Harwood Fernández and Y. Torroja Fungairiño, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CONTROLADOR LED CON MÚLTIPLES MODOS DE FUNCIONAMIENTO JULIO 2017.”
- [8] Ancizar Barragan Alturo Paula Fernanda Salazar Franco, Alexandra Mahecha Sereno, “UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA SECCIONAL ALTO MAGDALENA FACULTAD DE INGENIERIA PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL FISICA II GIRARDOT 2018,» 2018.

- [9] Autodesk, «Autodesk,» [En línea]. Available: <http://eagle.autodesk.com/eagle/software-versions/5>. [Último acceso: 4 02 2020].