

**Control de tráfico optimizado en una intersección vial
de la ciudad de Temuco**

Optimized traffic control at a street intersection of Temuco city

Boris L. Martínez-Jiménez¹, Matías Guzmán, Edward Hidalgo, Cristian Sánchez

1- Universidad Tecnológica de Chile INACAP, Temuco, Chile. E-mail:

boris.martinez02@inacapmail.cl,

{matias.guzman07,edward.hidalgo,cristian.sanchez40}@inacapmail.cl

Resumen:

La congestión vehicular es uno de los principales problemas de los tiempos modernos. Los semáforos inteligentes se han convertido en una de las soluciones más eficientes en los últimos años en ciudades de países desarrollados, mejorando no solo el flujo vehicular y peatonal sino también las emisiones de CO₂. Sin embargo, estos sistemas suelen ser de alto costo, de difícil implementación y complicada puesta en marcha, por lo que terminan teniendo un costo muy elevado en comparación con el generalizado sistema de tiempos pre-establecidos por horario. En este trabajo se presenta un prototipo de semáforo optimizado basado en visión artificial, de programación sencilla y económico, que presenta resultados satisfactorios y prometedores de mejora del flujo vehicular.

Palabras Clave: Semáforo inteligente; Visión artificial; Control de tráfico optimizado.

1. Introducción

Actualmente existen diversas problemáticas que afectan a las personas, pero una de las más significativas en las ciudades modernas es la congestión vehicular. En Chile ha crecido con rapidez el parque automotor gracias a la facilidad en la adquisición de vehículos. Específicamente, en las poblaciones de Temuco y Padre Las Casas ha ocurrido una creciente motorización, llegando a ser el aumento del parque automotriz de un 8% anual en el último lustro, por encima del promedio nacional. Esto ha causado aumento en los eventos de congestión vehicular en estas ciudades, lo cual ha traído consigo mayores emisiones de CO₂ que empeoran el problema de la contaminación, un mayor gasto de combustibles, acrecentamiento de la accidentalidad y un aumento en los niveles de estrés. El mejoramiento del transporte público y el aumento de las vías son algunas de las soluciones implementadas, pero no siempre son posibles y no han traído los resultados esperados. Estudios recientes han determinado que la congestión vehicular es un problema en aumento y que la creación de más vías en una carretera no siempre es una mejora, pues este nuevo espacio se terminará por ocupar o generará “cuellos de botellas” en las zonas posteriores o anteriores a esta “mejora” (Szymalski, 2016). Por otro lado, los semáforos inteligentes o adaptables han demostrado ser un aporte a la solución de esta problemática, aunque la mayoría de las aplicaciones han sido en ciudades con alto desarrollo tecnológico y recursos financieros elevados.

Por tal razón, el objetivo de este proyecto es implementar a un semáforo un algoritmo de control basado en visión artificial para minimizar el tiempo de congestión vehicular en una las zonas más concurridas de la ciudad de Temuco. Para ello se empleará un algoritmo de identificación de vehículos mediante visión artificial para adquirir datos de circulación y un algoritmo de control (toma de decisiones) que decidirá las prioridades de tránsito vehicular al procesar dichos datos. Se resalta que este proyecto será implementado y analizado a través de un prototipo que cuenta con una cámara y una CPU de bajo costo. Como características de la solución, se establece que el algoritmo solo detecte vehículos de cuatro o más ruedas, y no detectará bicicletas, motocicletas o peatones; se aplicará en una intersección tipo “T” y el sistema no interferirá en los cruces anteriores o posteriores.

2. Etapas del funcionamiento del semáforo optimizado

Este proyecto consistirá en la creación de un algoritmo para la reducción de los tiempos de congestión en el tránsito vehicular, por medio de cámaras instaladas en diferentes puntos de interés. El proceso se llevará a cabo cíclicamente en diferentes etapas de procesamiento. (figura 1).

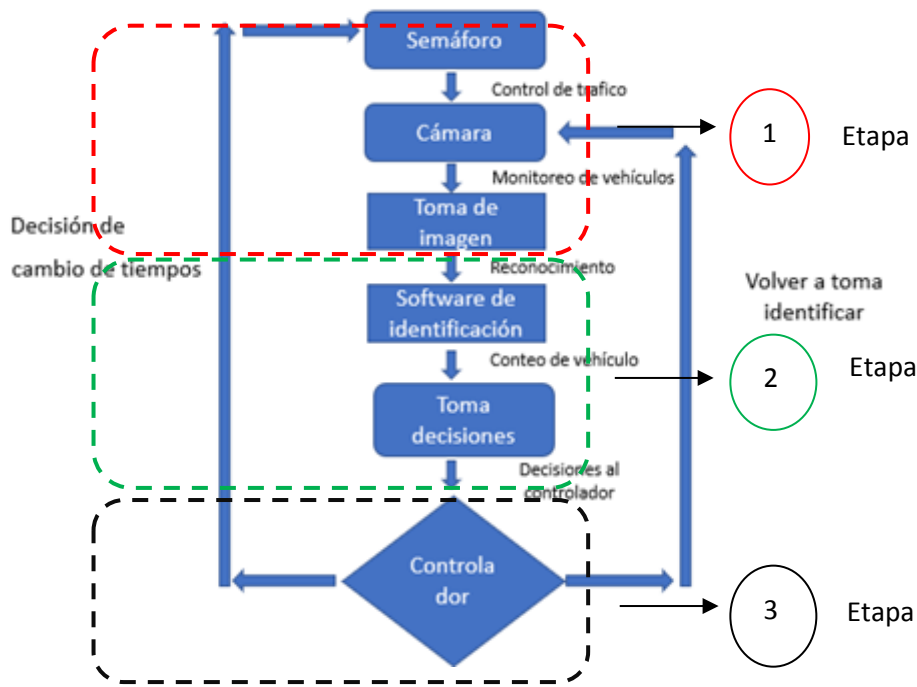


Figura 1. Descripción esquemática del proceso del semáforo optimizado. (Fuente: Elaboración propia)

Etapa 1: En esta primera etapa se emplean dos cámaras instaladas en la parte superior de los semáforos de la intersección para la toma de vídeos en tiempo real. La función de las cámaras estará enfocada en la captura de imágenes en tiempo real del flujo vehicular en el cruce seleccionado.

Etapa 2: En la segunda etapa se realizará el reconocimiento de los vehículos por medio de un software que detectará cuántos autos, camiones y buses transitan por el cruce. El software se implementa en una CPU de bajo costo Raspberry PI 3+ (Raspberry PI Foundation, 2018). El número de vehículos determinado será empleado en el algoritmo de toma de decisión de los tiempos de los semáforos para cada cruce involucrado, el cual decidirá la avenida o calle que requiera de mayor prioridad para minimizar los tiempos muertos de congestión vehicular.

Etapa 3: La tercera etapa constará de un controlador el cual decidirá si se aplican modificaciones de tiempo al semáforo o si se volverá a tomar imágenes en la etapa 1.

3. Algoritmo general del proyecto

Para la creación del algoritmo general, este se divide en dos procesos fundamentales: el algoritmo de detección y conteo, y el algoritmo de toma de decisiones.

El algoritmo de detección y conteo se basa en la visión por computador que, en el caso de este proyecto, se cataloga como nivel de visión inteligente intermedio. El algoritmo de visión que se lleva a cabo abarca cuatro subprocesos:

i. Adquisición

La adquisición, proceso de obtener la imagen digital, es clave para los procesos posteriores. El mismo puede ser afectado por muchos parámetros, como el ancho de banda, la frecuencia de muestreo, los píxeles de la imagen, el ruido, niveles de colores e iluminación, entre otros. La figura 2 muestra un ejemplo de imagen adquirida.



Figura 2. Captura de video de calle principal. (Fuente: Elaboración propia)

ii. Preprocesador

El preprocesador puede emplear variadas técnicas para mejorar la imagen según la necesidad. En el trabajo presentado, este proceso incluye la eliminación del ruido y realces de algunos detalles. La figura 3 muestra un ejemplo de imagen preprocesada por el algoritmo.



Figura 3. Sustracción del fondo. (Fuente: Elaboración propia)

iii. Segmentación

La segmentación es el proceso de determinar las regiones a analizarse posteriormente. Las regiones dependerán del problema involucrado en el sistema de visión por computadora pues se pueden despreciar ciertas partes de no interés para el usuario y se

logren características homogéneas distintivas para facilitar el proceso de reconocimiento de patrones. (figura 4)

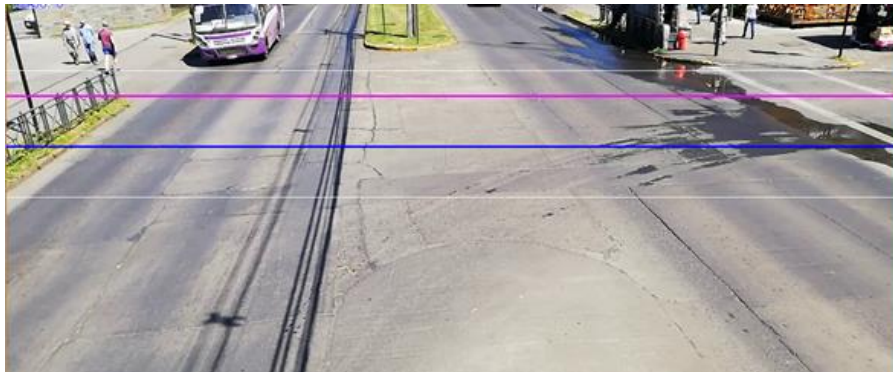


Figura 4. Definición de las líneas de detección. (Fuente: Elaboración propia)

iv. Representación y descripción

Aquí se analiza la región de interés resultante del proceso segmentación de dos formas. La primera estudia el contorno de las regiones, siendo de interés la forma del contorno, las esquinas e inflexiones, o cualquier característica que nazca del contorno. La segunda analiza la parte interna de la región, siendo algunos ejemplos la iluminación, el color, la textura, o alguna otra característica situada dentro de la región de interés. (figura 5).

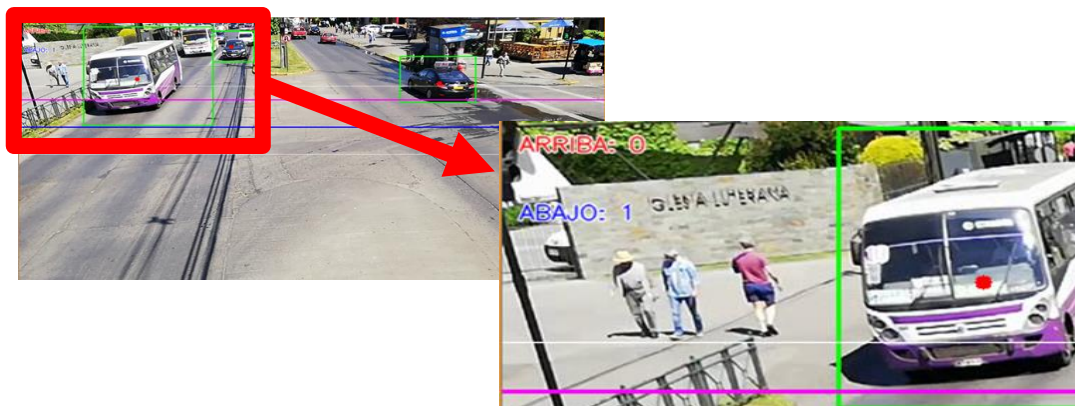


Figura 5. Detección y representación de la imagen final. (Fuente: Elaboración propia)

Para la realización del proyecto se selecciona el método de detección y comparación de imágenes en movimiento. Este tipo de detección realiza una comparación con el fotograma anterior, por lo que este es capaz de discriminar los vehículos detenidos y estacionados, pero si existiese movimiento en la cámara se afectarían los resultados ya que existiría mucho ruido en la imagen y la contabilización no sería óptima.

Para el algoritmo de decisión de los tiempos se toma como variable de entrada el flujo vehicular obtenido del algoritmo de detección y conteo. Finalmente, el algoritmo de control propone modificaciones al algoritmo de tiempo convencional existente (Municipalidad de Temuco, 2018).

Para el desarrollo del algoritmo de toma de decisiones se genera una serie de combinaciones de cantidad de vehículos y se implementan reglas en el Raspberry. Las combinaciones para las diferentes modificaciones de tiempo dependen de los niveles de cantidad de vehículos (figura 6).

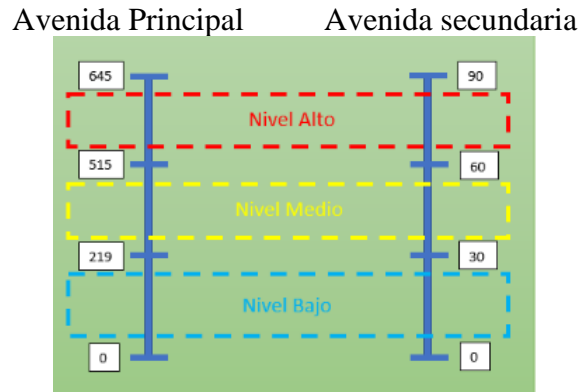


Figura 6. Niveles de cantidad de vehículos y rangos en cada vía (Fuente: Elaboración propia)

Las combinaciones de estos niveles generan distintas respuestas. Las reglas a seguir por el algoritmo de decisión son: si las dos avenidas se encuentran al mismo nivel, se ejecuta el algoritmo convencional; si la avenida principal se encuentra en un nivel más alto que la secundaria se realizara modificaciones de +5 y más +10 segundos según sea el nivel de la secundaria; si la avenida secundaria se encuentra en nivel más alto que la avenida principal se modifica con -5 o -10 segundos, según sea el nivel de la principal. (figura 7)

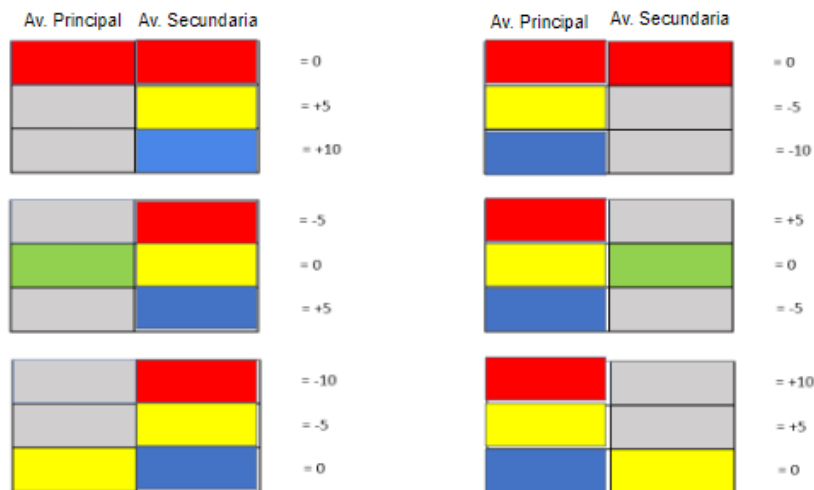


Figura 7. Razonamiento de modificación de los tiempos. (Fuente: Elaboración propia)

4. Resultados y discusión

4.1 Prototipo

Para estudiar el funcionamiento del sistema, se decidió construir un prototipo para realizar la comparación en tiempo real entre el algoritmo propuesto y el algoritmo convencional.

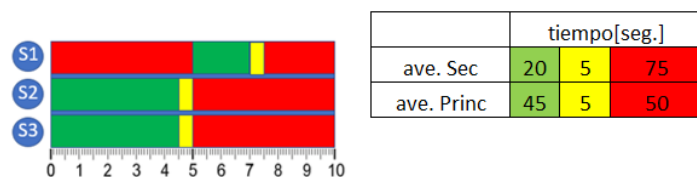
El prototipo consta de dos semáforos a escala (representando los semáforos de la avenida principal y de la avenida secundaria), los equipos para detección e implementar los algoritmos de detección y toma de decisiones (Raspberry PI 3+ y la cámara) y un Arduino mega 2650 en reemplazo de la tarjeta controladora del semáforo (figura 8)



Figura 8. Prototipo del sistema. (Fuente: Elaboración propia)

4.2 Análisis de los resultados de las modificaciones de tiempo

La variable simulada es el flujo vehicular (cantidad de vehículos por segundo), el cual se comparará con resultados obtenidos por la municipalidad de Temuco en periodos de 15 minutos o 9 ciclos de semáforo. Con los registros de la municipalidad, se determinaron varios datos estadísticos. Los códigos 21 y 41 representan los movimientos en la vía principal (mayor flujo vehicular), 31 y 32 representan las vías secundarias de menor flujo. La figura 9 muestra los tiempos de las luces junto con datos numéricos.



	21	41	31	32
Promedio	243	272	60	
Maximo	316	329	90	
Minimo	81	138	11	
Moda	231	262	52	

Figura 9. Datos de la intersección con el tiempo convencional. (Fuente: Municipalidad de Temuco)

A continuación, se analizan los resultados de las modificaciones de tiempo.

- **Modificación de -10 segundos**

Se obtiene un aumento de cantidad de vehículos en un 50% en la avenida secundaria y una disminución de un 22% en la cantidad de los vehículos en la avenida principal. (figura 10)

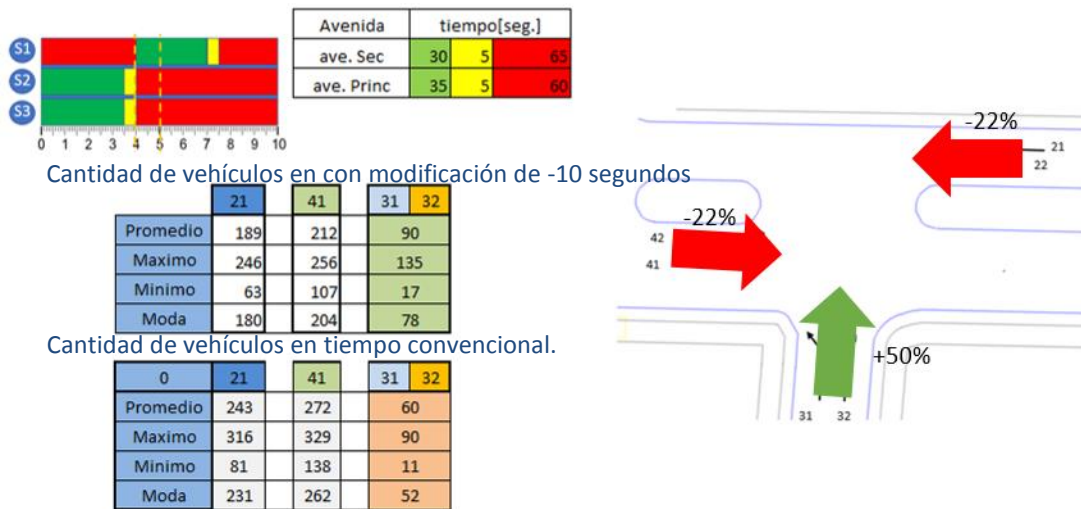


Figura 10. Comparación con modificación de -10 segundos. (Fuente: Elaboración propia)

- **Modificación de -5 segundos**

Se logra un aumento de cantidad de vehículos en un 25% en la avenida secundaria y una disminución de un 11% en la cantidad de los vehículos en la avenida principal. (figura 11)



Figura 11. Cantidad de vehículos con modificación de -10 segundos. (Fuente: Elaboración propia)

- **Modificación de +5 segundos**

Se logra un aumento de cantidad de vehículos en un 11% en la avenida secundaria y una disminución de un 25% en la cantidad de los vehículos en la avenida principal. (figura 12)

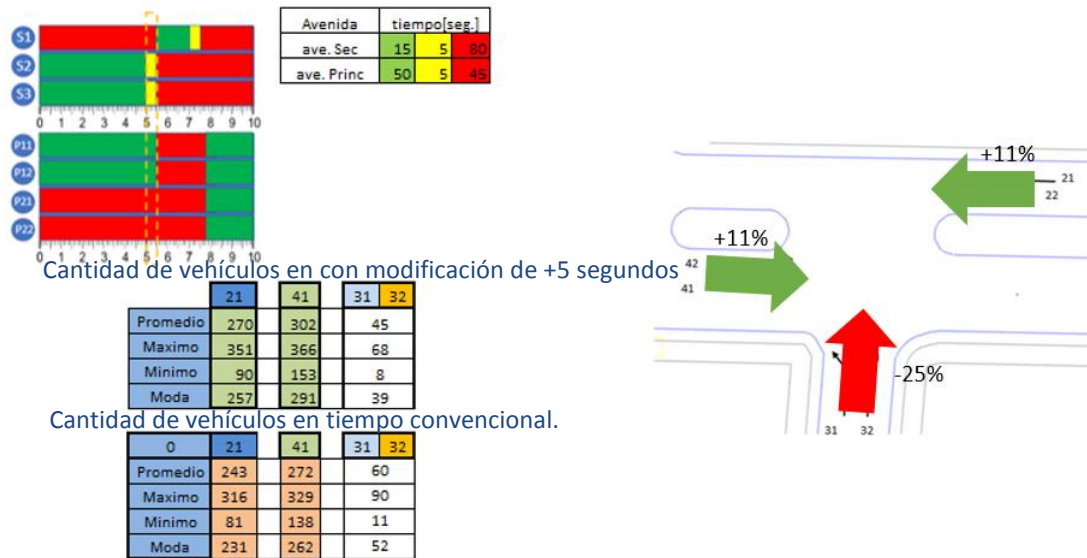


Figura 12. Cantidad de vehículos con modificación de +5 segundos. (Fuente: Elaboración propia)

- **Modificación de +10 segundos**

Finalmente, para la modificación de +10, se logrará un aumento de cantidad de vehículos en un 22% en la avenida secundaria y una disminución de un 50% en la cantidad de los vehículos en la avenida principal. (figura 13)

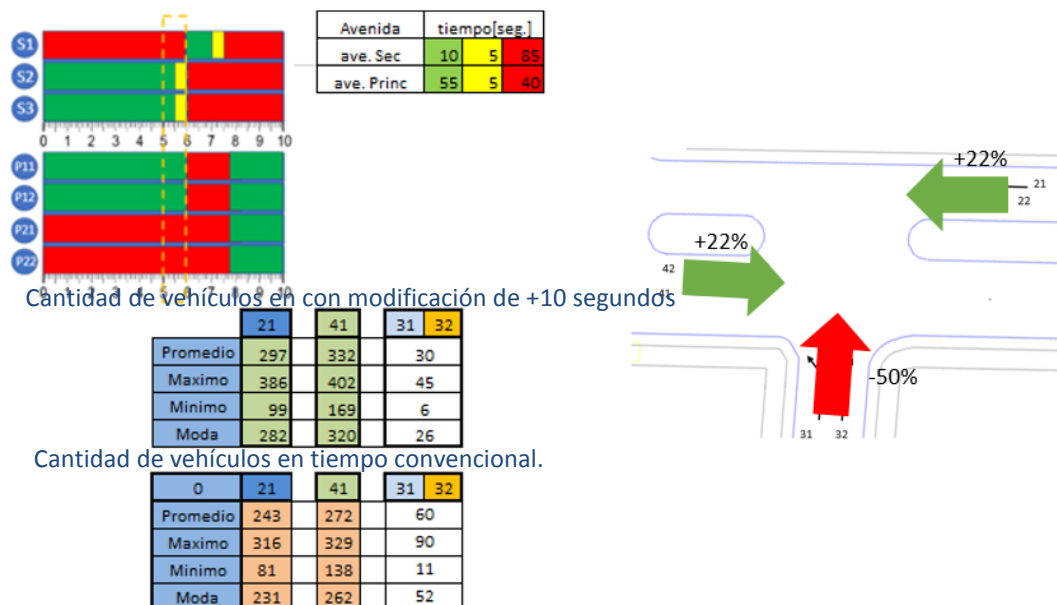


Figura 13. Cantidad de vehículos con modificación de +10 segundos. (Fuente: Elaboración propia)

4. Conclusiones

Como resultado del desarrollo del trabajo, se logró la detección y conteo de objetos por medio de visión artificial mediante la implementación de un sistema de bajo costo ya que este consta de cámaras de fácil instalación y algoritmos que permiten obtener el número de vehículos de forma precisa. No obstante, es posible la mejora con otras implementaciones computacionales que tomen en cuentas las condiciones ambientales, agregando un sistema de almacenamiento de datos que permita mayor procesamiento de estos, y/o mejoras de los implementos para una toma de imagen de mayor calidad.

En base a los resultados obtenidos con el prototipo y a las modificaciones de tiempo de cruce, se produce un aumento en la cantidad de vehículos que transitan en la zona disminuyendo la congestión vehicular en los horarios punta y aumentando el flujo de automóviles por la vía con mayor tiempo, principal objetivo de este trabajo. Por otro lado, la cantidad de gases emitidos al medio ambiente debe verse reducida al disminuir el número de paradas de los vehículos.

Los trabajos futuros deben dirigirse a realizar pruebas en semáforos reales e implementar una red de semáforos, pues el actual trabajo se limita a una sola intersección.

5. Referencias bibliográficas

Municipalidad de Temuco. (2018). Tránsito. Obtenido de

http://www.temucochile.com/transito/index_archivos/Page552.htm

Raspberry PI Foundation. (2018). Raspberry Pi 3 Model B+. Obtenido de

<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>

Szymalski, W. (2016). Lewis-Mogridge position - the example of Warsaw. En W.

Kuligowski, & A. Stanis, *Cultures of Motorway: Localities Through Mobility as an Anthropological Issue, Poznańskie Studia Etnologiczne 19* (págs. 139-

152). Wielichowo: Poland. Obtenido de

http://zm.org.pl/?a=en.lewis_mogridge_warsaw