



Facultad de Ingeniería

Trabajo de Investigación

**“Diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares en Lima”**

Jorge Daniel Fuertes Olivares – 1511565

Para obtener el Grado Académico de Bachiller en:

**Ingeniería Electrónica**

**Lima, diciembre 2019**

## **RESUMEN**

El objetivo general del presente trabajo es diseñar un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para clasificación de placas vehiculares con el propósito de mejorar el monitoreo en tiempo real del tránsito vehicular en la avenida La Marina. La corriente teórica del presente trabajo se basa en conceptos de procesamiento digital de imágenes para el filtrado de ruido, detección de bordes y reconocimiento de caracteres en los diferentes tipos de automóviles. Asimismo, la metodología empleada consiste en el uso de una cámara que captará las imágenes frontales y mediante el protocolo RTSP enviará la información al sistema integrado, luego se ejecutará cada etapa de los procesos de reducción de ruido, enmascarado, reconocimiento y clasificación de las imágenes, así también, se requirió de ciertos materiales e instrumentos y equipos especializados como un crimpeador RJ-45, testeador de cable de red y Raspberry pi 3 B+. Dentro de los resultados esperados están la obtención de las imágenes mediante una cámara RGB en tiempo real del tránsito vehicular; obtención de una interconexión de punto a punto aplicando protocolos de comunicaciones de datos en sedes diferentes y obtención de una interfaz gráfica en la pantalla HDMI Pi para mejorar la visualización de los procesos de la transformación y tratamiento de las imágenes. De otro lado se destacan las siguientes conclusiones como que los medios de captación son más eficientes si se aplica un preprocesamiento en la salida de toma de datos, adicionalmente el método Canny para la detección de bordes optimizó el monitoreo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jorge y Elizabeth que me inculcaron los valores de honestidad, respeto y responsabilidad; quienes me formaron para ser una mejor persona, profesional y buen hijo. A mis queridos hermanos Pol, Steven y Nicol quienes me brindaron su apoyo y comprensión durante toda mi formación académica y social. A mis amigos Kevin, Marcelo y Piero que me motivaron a seguir adelante en estos últimos años difíciles y mejorar cada vez más para lograr ser un buen ingeniero y culminar con grandes méritos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer a Dios por permitirme lograr mis metas y mis objetivos con éxito, por darme la oportunidad de crecer con buenos padres en una familia unida y con bastante salud. Agradezco también a mis padres por su apoyo incondicional, su cariño y afecto, su forma tan especial de motivarme a ser alguien mejor. También agradecer al ingeniero Leopoldo Yaber Escribana quien me apoyó orientándome en todo el desarrollo del presente trabajo de investigación. Finalmente agradecer a todos mis amigos y conocidos que me apoyaron en diversas etapas de mi vida universitaria, a todos mis seres queridos darles gracias totales.

## **ÍNDICE**

1. Introducción.....	(7)
2. Planteamiento y formulación del problema .....	(8)
3. Análisis de los resultados .....	(9)
4. Objetivos generales y específicos .....	(10)
5. Alcance de la investigación.....	(11)
6. Problemas similares (Perú, Latinoamérica, País desarrollado) .....	(11)
7. Tecnologías/técnicas de sustento (Perú, Latinoamérica, País desarrollado) ....	(13)
8. Planteamiento de la Solución .....	(14)
9. Criterios de selección .....	(14)
10. Tabla comparativa (soluciones a evaluar).....	(16)
11. Diagrama de bloque (metodología, recursos necesarios) .....	(17)
12. Estudio de viabilidad técnica .....	(18)
13. Resultados Esperados y Conclusiones... ..	(19)
14. Anexos .....	(22)

## **INTRODUCCIÓN**

Las razones que motivaron a la elección del tema son las deficiencias que se presentan en las ciudades metropolitanas con respecto al aumento progresivo anual de tráfico vehicular. Las problemáticas del presente trabajo de investigación se centraron en el congestionamiento vehicular, la calidad de vida y la red de semáforos. Así mismo, el objetivo principal de la investigación académica es el diseñar un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para clasificación de placas vehiculares; obtener imágenes mediante una cámara RGB en tiempo real del tránsito vehicular para detección de matrículas; elaborar un algoritmo basado en Python para determinar la cantidad de flujo vehicular y desarrollar un pseudocódigo con diagrama de flujo para reconocer los diferentes tipos de vehículos. El alcance del presente trabajo de investigación está ubicado geográficamente en la ciudad de Lima – Perú y busca mejorar el monitoreo del tráfico vehicular de una de las principales avenidas del área metropolitana de Lima, la avenida La Marina, ubicada en el centro de los distritos de Pueblo Libre, San Miguel y el distrito chalaco de La Perla. La investigación también tiene límites de hardware y software. Con respecto a Hardware el diseño debe contar con una cámara RGB de resolución UHD para capturar imágenes en alta definición. Con respecto a software el diseño solo realizará procesamiento y envío de datos a la estación base de control mediante protocolos de transporte de datos, no cuenta con algoritmos o procesos especializados para el almacenamiento a un servidor de base de datos.

## Capítulo 1: Antecedentes de la Investigación

### Planteamiento del problema

Congestionamiento vehicular. – En el Perú, la Municipalidad Provincial del Callao realizó una encuesta observándose que en la hora pico de la mañana circulan 1765 vehículos en dirección hacia Ventanilla y 1669 vehículos hacia la Av. La Marina. Así mismo identificó que el 98% de estos vehículos son automóviles particulares. Por otro lado, el Transporte Metropolitano de Trujillo realizó un informe Técnico de la red vial metropolitana en Lima obteniendo que las avenidas Larco, Los Incas, España y La Marina presentan un índice por debajo de los 36km/h, indicando la presencia de congestión vehicular <sup>[1,2]</sup>.

Calidad de vida. – El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) analizó los datos en las campañas del 2013 y 2015, obteniendo como resultado que uno de los principales causantes de la contaminación acústica es el tráfico vehicular; en Lima centro con picos de 85 dBA y 80 dBA, en Lima Este con picos por encima de 80 dBA y en Lima Norte con picos de mayor nivel de depresión sonora, todos medidos en hora punta. Por otra parte, el SENAMHI realizó un estudio en el que calculó un total de 146,948,599 Eq de CO<sub>2</sub> en el año 2007, la mayoría proveniente de la emisión de GEI de automóviles <sup>[3,4]</sup>.

Red de semáforos. – El ministerio de Transportes y Comunicaciones determinó que alrededor del 50% de todos los accidentes urbanos y el 25% de accidentes en zonas rurales están relacionados con intersecciones con presencia de mala semaforización, obstaculizando a su vez el flujo normal del tránsito vehicular. Por otra parte, el observatorio Lima Como Vamos realizó una encuesta en el que determinó que el 75% de la población limeña y el 57.5% de la población chalaca están insatisfechas con el funcionamiento de semáforos debido a su mal funcionamiento para controlar el flujo vehicular <sup>[5,6]</sup>.

¿Podría mejorar el monitoreo del tráfico vehicular con el diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares?

Para confirmar el problema antes descrito se realizó un trabajo de campo con el fin de interiorizar el problema y validar la necesidad de alguna alternativa de solución del tipo tecnológica. En este sentido, se realizó un trabajo de campo, para lo cual se tuvo que elaborar una encuesta la cual consistía de una serie de preguntas vinculantes al problema y a la alternativa de solución tecnológica, en los anexos se puede encontrar dicha encuesta con sus respectivas respuestas a las preguntas. Así como, los resultados y el nombre de las instituciones que fueron encuestadas. En los anexos 2 y 3 se encuentra lo indicado.

La metodología de la encuesta sirvió como herramienta para comprobar la existencia de una problemática actual en el Perú respecto a tráfico vehicular (5 preguntas) y la solución tecnológica (5 preguntas) adecuada según los resultados, concluyendo en una respuesta en general. La encuesta fue realizada a 4 ciudadanos locales afectados y 6 representantes de instituciones relacionadas al problema (todas afectadas frecuentemente por el congestiónamiento vehicular). Durante las encuestas se observó

una misma conclusión en la perspectiva de calidad de vida y posibles causantes del congestionamiento vehicular.

### **Análisis de los resultados**

A continuación, se presenta el análisis de los resultados, tanto los referidos al problema, como los referidos a la tecnología.

Referidos al Problema

- **P1. ¿Conoce usted algún sistema que regularice o monitoree el tráfico vehicular? ¿Es eficiente?**

Se determinó que los ciudadanos si conocen ciertos sistemas de monitoreo de tráfico vehicular, y todos concuerdan que no son muy eficientes pues no son sistemas automatizados y dependen de 2 o más operadores de control.

- **P2. ¿Considera usted que es mejor viajar en transporte público que en vehículo propio? ¿Por qué?**

Se observó que es preferible usar el transporte público, pues así se evita el congestionamiento vehicular por parte de vehículos particulares. Además, se recalcó que el vehículo propio es de uso personal, es decir que es probable que más de un integrante de la familia posee un automóvil generando así más cantidad de vehículos en una avenida.

- **P3. ¿Qué tan frecuente es el tráfico vehicular en las avenidas principales?**

Todos los usuarios concordaron en una misma respuesta, en las avenidas principales de toda Lima metropolitana está presente el tráfico vehicular. Es muy habitual encontrarse en un congestionamiento vehicular, más en las horas puntas de la mañana y de la tarde.

- **P4. ¿Cuál cree usted que es la principal causa del tráfico vehicular?**

Se observó no hay una causa principal en sí; el exceso de vehículos en una vía con cierto límite de capacidad, las informalidades de los conductores de transporte público y las malas maniobras de conducción de los usuarios de transporte privado son en conjunto las causas más frecuentes del tráfico vehicular. Sin embargo, la falta de un sistema de transporte integrado y ordenado también genera congestionamiento vehicular.

- **P5. ¿Cómo afecta el tráfico vehicular la calidad de vida en Lima?**

Se observó que el tráfico vehicular si afecta la calidad de vida, pues es la principal fuente de contaminación sonora. Esto genera a largo plazo múltiples reacciones fisiológicas en los ciudadanos aledaños a las avenidas principales, principalmente el estrés.

Referidos a la tecnología

- **P6. ¿Qué indicador es el más preocupante del tráfico vehicular?**

Se concluyó que el indicador más resaltante es el tiempo de espera en el congestionamiento vehicular de las intersecciones viales. Por otro lado, la



contaminación sonora también es un indicador muy preocupante pues hay zonas en las que hay mayores picos de ruido en dBA. Usualmente en estas zonas los habitantes sufren de algún tipo de trastorno psicológico (cuadros depresivos, irritabilidad emocional, estrés, etc.).

- **P7. ¿Considera que un sistema electrónico clasificador de placas vehiculares mejoraría el tránsito de vehículos según la ley pico placa? ¿Por qué?**

Se observó que los usuarios consideran que un sistema automatizado de monitoreo de tránsito vehicular mejoraría la toma de datos de los vehículos. Esto serviría como un gran aporte al momento de la restricción al paso según la ley pico placa.

- **P8. ¿Qué tipo de tecnología desea que se implemente para el proceso del sistema de monitoreo de tráfico vehicular? ¿Por qué?**

Se observó que es preferible utilizar inteligencia artificial para la detección de vehículos en todo el proceso de monitoreo, precisamente redes neuronales convolutivas pues es una de las técnicas derivadas de las redes neuronales pero aplicadas precisamente a procesamiento digital de imágenes (reconocimiento de objetos específicos).

- **P9. ¿Recomendaría mejorar la tecnología que se usa en los sistemas de monitoreo actuales? ¿Por qué?**

Las respuestas fueron las mismas, si se recomienda mejorar las técnicas y tecnologías de los sistemas actuales de monitoreo de tránsito, debido a que presentan muchos errores y deficiencias al momento de procesar la imagen de video.

- **P10. ¿Está de acuerdo que solo los vehículos de categoría M1 sean clasificados según la ley pico placa? ¿Por qué?**

Las respuestas tuvieron un mismo enfoque, todos los usuarios están de acuerdo que solo los vehículos de categoría M1 sean clasificados. Al parecer, clasificando estos vehículos (de uso particular) se podría mejorar el flujo vehicular y reducir los congestionamientos en las diversas avenidas principales de Lima.

De acuerdo a los resultados antes descritos en el Anexo N°2, así como el análisis de los mismos, estos nos permiten plantear los siguientes objetivos para el presente trabajo, así como su alcance.

### **Objetivo General**

El objetivo del presente trabajo es el diseñar un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares, con el propósito de mejorar el monitoreo en tiempo real del tránsito vehicular en la avenida La Marina.

### **Objetivos específicos**

Dentro de los objetivos específicos que se espera obtener podemos mencionar los siguientes:

- Obtener imágenes mediante una cámara RGB en tiempo real del tránsito vehicular para la clasificación de placas vehiculares

- Elaborar un algoritmo basado en Python para determinar la cantidad de vehículos
- Desarrollar un pseudocódigo y un diagrama de flujo para reconocer los diferentes tipos de vehículos

### **Alcance de la investigación**

El alcance está ubicado geográficamente en la ciudad de Lima – Perú y busca mejorar el monitoreo del tráfico vehicular en la avenida La Marina ubicado en la zona más comercial del distrito de San Miguel. La investigación también presenta límites de hardware y software. Con respecto a hardware el diseño debe contar con una captura de imagen de alta resolución para disminuir la detección de errores, para ello debe contar con una cámara RGB con resolución UHD. Respecto a software está limitado al procesamiento de la imagen y conectividad a una estación base, no cuenta con almacenamiento de base de datos.

## **Capítulo 2: Marco Teórico**

### **Problema similar**

- **“El tráfico vehicular es un problema que se presenta en muchas ciudades del Perú, como en la ciudad de Trujillo” [7].**

#### Descripción del problema

En el Perú, se observó como el aumento de la demanda de vehículos en las vías afecta la condición de flujo vehicular. Además, este aumento de vehículos empeora los tiempos de viaje y espera en las rutas de los transeúntes. Los automovilistas optan por usar la tecnología para buscar nuevas rutas que permitan llegar a su destino, pero el congestionamiento vehicular dificulta toda medida. Por otra parte, los semáforos permiten tener un control leve de las vías urbanas a toda hora del día, sin embargo, estas no permiten aliviar el congestionamiento vehicular que se presenta diariamente.

#### Solución

Los métodos usados de procesamiento digital de imágenes se realizaron usando las capturas realizadas por una cámara de video VA series cameras, primero se realizó un pre-procesamiento aplicando una conversión de RGB a Intensity para eliminar el ruido, posteriormente aplicar un filtro de mediana para optimizar la calidad de la imagen a procesar. En la parte de segmentación, se utilizó el método de Horn-Schunck para detectar los objetos que se encuentran en movimiento y realizar el conteo. Por último, se utiliza la función RegionProps y obtener las propiedades del objetivo para interpretar la imagen.

#### Análisis de solución empleada

La solución tecnológica utilizada en el trabajo de investigación tuvo como objetivo mejorar el monitoreo del tráfico vehicular para poder actuar de manera óptima según el nivel de congestionamiento vehicular en una misma vía. Por ello se utilizaron técnicas de segmentación y detección de movimiento para el conteo de objetos (vehículos en una determinada dirección) y calcular la densidad de flujo vehicular. Se aplicaron también técnicas de filtrado y conversiones de formato de imagen RGB con el propósito

de reducir el ruido al momento de umbralizar la imagen evitando así detectar objetos no deseados.

### Problema similar

- **“La congestión vehicular en Sudamérica se ha convertido en un gran problema tanto para conductores como para peatones, esto causa conflictos en la población”** [8].

#### Descripción del problema

El trabajo de investigación centro su problemática en la capital de la Provincia de Tungurahua, la ciudad de Ambato. Mediante estudios realizados por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, en promedio existe un automóvil por cada ocho ciudadanos, y este promedio sigue en aumento debido al avance tecnológico y adquisitivo del país. El incremento de vehículos genera largas filas de espera en las intersecciones de las vías principales de las ciudades de Ecuador, las cuales son controladas por la red de semáforos. Sin embargo, esto no es muy eficiente debido a su desincronización.

#### Solución

Los métodos usados para la investigación fueron principalmente aplicando operaciones morfológicas para la etapa de procesamiento de imagen, posteriormente implementarlos a una determinada función tomando como actuador la red de semáforos. La imagen RGB es binarizada con un umbral específico, previamente calculado mediante la comparación de los histogramas de cada capa de color. Para el filtrado de ruido se aplican operaciones morfológicas de dilatación y erosión, con el fin de disminuir y eliminar los píxeles que no conforman el objeto detectado. Para la segmentación se utiliza el método Canny.

#### Análisis de solución empleada

La solución tecnológica empleada en el trabajo de investigación tuvo como objetivo principal controlar el estado de los semáforos en la ciudad de Ambato, dependiendo del número de vehículos detectados mediante del procesamiento de imágenes capturadas por las cámaras de video vigilancia. Para se dividió el proceso de todo el sistema en cuatro partes importantes, el computador encargado del procesamiento digital de las imágenes; 4 cámaras RGB para la toma de datos; semáforos como actuadores ante tráfico vehicular y tarjeta de adquisición de datos para controlar los semáforos.

### Problema similar

- **“El problema más irritante que enfrentan las personas en su vida cotidiana es que quedan atrapados en los atascos de tráfico”** [9].

#### Descripción del problema

En India, se detectó un aumento en la densidad de vehículos que transitaban las vías urbanas con el pasar de los años, hasta la actualidad los trabajos de investigación solo se han mantenido enfocados en la detección de vehículos sin importar que tan costoso

resulta la implementación; quedando con diferentes métodos para el cálculo de la densidad de flujo vehicular como lectores RFID, lógica difusa e identificación por radiofrecuencia. Sin embargo, estas tecnologías son deficientes, dependen de varios factores en la toma de datos, limitándose al momento de reconocer y contar los vehículos.

#### Solución

Los métodos usados para la investigación fueron principalmente orientados a la mejora del procesamiento de imágenes en tiempo real, todo el proceso del sistema se dividió en: adquisición de imágenes, la cual se mejora el color aplicando funciones de Matlab como recorte y conversión a escala de grises; eliminación de ruido, se aplicaron filtros de mediana y filtros adaptativos para eliminar el ruido tipo salt and pepper y tipo gaussiano; luego se utilizó el método Canny para la detección de bordes de la imagen filtrada; por último sustracción de fondo y binarización para poder realizar el recuento de vehículos.

#### Análisis de solución empleada

La solución tecnológica empleada en el trabajo de investigación tuvo como objetivo principal desarrollar un sistema de monitoreo de tráfico vehicular, de bajo costo de implementación, administrable mediante un aplicativo móvil como interfaz de usuario. Dependiendo del resultado de recuento de vehículos el sistema calculará un tiempo de espera aproximado y clasificará que ruta de origen hacia destino es la más rápida. El algoritmo utilizado para la detección de objetivos en tiempo real aplica para la adquisición de imágenes CCD y estadísticas de los parámetros providestraffic precisión.

### **Tecnologías/técnicas de sustento**

#### **Introducción**

Las investigaciones respecto al monitoreo de tráfico vehicular aplicando procesamiento de imágenes se vienen realizando en distintos países, por ello en la presente investigación se hizo una revisión de las tecnologías/técnicas utilizadas en los últimos (6) años en los países de Bangladés, Líbano, Argentina, Venezuela y Perú.

#### **Tecnologías/técnicas de sustento Países Desarrollados**

Aminul Islam y et alii, emplearon un Raspberry Pi 3B para todo el procesamiento de la imagen. El método para la primera etapa del sistema, detección de placa vehicular, es ALPR con el fin de detectar el número exacto de la matrícula. Para la adquisición de datos se utilizó una cámara de 8 megapíxeles. Después del pre-procesamiento de la imagen en esta etapa y de la segmentación de caracteres, ingresa a la segunda etapa de sistema de control de tráfico. En esta segunda etapa, el algoritmo se basa en el modelo Gaussian Mixture Model tanto para la sustracción de fondo como para la calidad de la imagen ante cambios de iluminación <sup>[10]</sup>. Al Hussain Akoum desarrolló un sistema de gestión automático de tráfico vehicular basado en procesamiento digital de imágenes. El sistema se basa en algoritmos de detección de bordes (método Canny) y métodos de recuento de objetos. El diagrama de flujo del sistema se divide en 4 grupos: segmentación, detección, rastreo y conteo. En la parte de hardware cuenta con una cámara de video para el procesamiento en tiempo real. Para mejorar la calidad de la

imagen se aplican filtros para ruido de tipo Gaussiano. El procesamiento se realiza en computador con alta memoria RAM <sup>[11]</sup>.

### **Tecnologías/técnicas de sustento Latino America**

Juan P. Ceschi y et alii desarrollaron un prototipo de análisis de intensidad de tráfico y clasificación vehicular. Para el desarrollo de todo el sistema se decidió utilizar las cámaras de video vigilancia urbana implementadas en las calles de la ciudad de Santa Fe como medio adquisitivo de datos. El algoritmo del sistema es desarrollado en C++, utilizando las librerías del entorno de desarrollo integrado OpenCV. El sistema cuenta con 4 etapas: pre-procesamiento, aquí se adquiere la imagen y se filtra optimizando la resolución; detección, aquí se reconocen los objetivos y se segmenta la imagen; tracking, aquí se obtienen las características de cada objetivo; y conteo <sup>[12]</sup>. Los autores Oscar L. Blanco Brito & Edwing J. Hernandez Zafra desarrollaron un sistema de aforo vehicular. Se optó como lenguaje de programación Python y el uso de la librería OpenCV. El sistema completo se divide en dos grupos: Inicialización: se extrae información de los fotogramas del video para el procesamiento; y procesamiento: se segmenta la imagen y detecta la cantidad de vehículos para hacer el recuento. El algoritmo del sistema está basado detección de características HAAR, local binary patterns y detección de bordes para optimizar la umbralización <sup>[13]</sup>.

### **Tecnologías/técnicas de sustento Perú**

El autor Marcio Salazar Márquez propuso el diseño de un algoritmo para la detectar la ubicación de las placas vehiculares y reconocimiento de caracteres. El sistema de procesamiento se divide en dos grandes grupos: Umbralización y detección de caracteres de placas. La primera etapa se encarga de determinar el valor del umbral basado en las características de los fotogramas tomados como muestra a través de la cámara RGB. La segunda etapa consta de determinar las propiedades de la imagen, con estos valores reconocerá la ubicación exacta de la matricular del vehículo <sup>[14]</sup>. Los autores Pedro Huamani Navarrete & José Rojas Vara desarrollaron un sistema de estimación de velocidad y medición de flujo vehicular basado en procesamiento digital de imágenes. El sistema fue desarrollado en Matlab y también se utilizaron librerías del Simulink para facilitar el desarrollo del sistema. Se realizó un pre-procesamiento de datos en tiempo off line, capturadas por una cámara RGB con resolución de 20x1280 pixeles. Los nuevos fotogramas pasan por la manipulación de histogramas para mejorar la calidad y luego se aplica un umbral específico para la binarización. Se aplicaron también transformaciones morfológicas y segmentación de imagen por filtrado Top-Hat <sup>[15]</sup>.

## **Capítulo 3: Planteamiento de la Solución**

### **Soluciones a evaluar**

Las tecnologías/técnicas antes descritas nos permiten evaluar diferentes soluciones, las cuales permitirán que la propuesta que se presenta en el presente trabajo se fortalezca. Para tal efecto de cada solución planteada se han considerado los siguientes criterios de selección: diagrama bloques, método de captación, hardware, software, protocolos de comunicación, interfase usuario, autonomía, ergonomía, otros.

### **Criterios de selección**

A continuación, se detalla los contenidos de cada uno de los criterios de selección:

### **Diagrama bloques**

En la referencia [10] el bloque “Block diagramo of license plate detection” es de suma importancia para el proyecto porque permite distribuir correctamente los métodos y técnicas en el procesamiento y reconocimiento de matrículas, así como identificar la variable de retroalimentación. En la referencia [14] el bloque “Diagrama de bloques completo” también es importante porque permite tener una vista general de todo el proceso.

### **Método de captación**

En la referencia [10] el método de captación “ALPR” es de suma importancia para el proyecto que se está planteando. Debido a que nos permite detectar de manera eficaz las placas vehiculares de los objetivos y reconocer sus caracteres. En la referencia [12] el método de captación “OpenCV” también es de suma importancia pues nos permite desarrollar sistemas de reconocimiento de objetos y sistemas de detección de movimiento.

### **Hardware**

En la referencia [10] el hardware “Raspberry Pi 3B” es de suma importancia para el proyecto. Debido a que es placa integrada con alta velocidad de ejecución de instrucciones y procesamiento de datos, también cuenta con más memoria RAM que otras placas integradas, por ello puede soportar la conexión de varios dispositivos en sus puertos USB, HDMI, Ethernet y GPIO a la vez, considerando los requerimientos del sistema a desarrollar.

### **Software**

En la referencia [13] el software “Python,OpenCV, y PyQt” son de suma importancia para el proyecto que se está planteando. Debido a que el hardware es un Raspberry Pi 3B y los medios de captación son módulos compatibles como la cámara IP PoE, además de que estos softwares son libres. En la referencia [11] el software “MATLAB” también es importante debido a que nos permite procesar imágenes aplicando otros métodos.

### **Protocolos de comunicación**

En las referencias [12,13] el protocolo de comunicación “RTSP” (Protocolo de transmisión en tiempo real) es de suma importancia para el proyecto. Debido a que nos ayuda a lograr la comunicación entre las cámaras IP PoE y el Raspberry Pi 3B, enviando cada fotograma del video para el procesamiento digital de la imagen. En la referencia [10] el protocolo de transmisión “Serial” también es de importancia debido a que hace uso de la interfase CSI.

### **Interfaz de usuario**

En la referencia [13] la interfaz de usuario “Interfaz gráfica” es de suma importancia para el proyecto que se está planteando. Debido a que ayuda a visualizar las etapas del procesamiento de imagen y el enmarcado de la zona de reconocimiento vehicular. En la referencia [15] las interfaces de usuario “Promedio de flujo vehicular” y “Medidor de flujo vehicular” también es de importancia debido a que facilita la interpretación de resultados.

### Autonomía

En la referencia [11] la autonomía se basa en la “retroalimentación por bucle de video” siendo de suma importancia para el proyecto que se está planteando. Debido a que la retroalimentación permite un sistema más estable y con menor porcentaje de error, y en este caso la realimentación por bucle de video permite reducir el porcentaje de error en el reconocimiento de vehículos y detección de placas vehiculare aplicando una base de datos.

### Ergonomía

En la referencia [13] la ergonomía se basa en “Diseño de software de aforo vehicular” siendo de suma importancia debido a que permite al usuario encargado del monitoreo tener más detalle de los procesos de identificación, así como el reconocimiento de la placa vehicular. En la referencia [10] la ergonomía se basa en “Application of Image Procesing License Plate Detection” brindando aporte con respecto a especificaciones en hardware.

**Tabla comparativa**

Criterios de Selección		R[10]	R[11]	R[12]	R[13]	R[14]	R[15]		
Metodo de captacion	Imágenes	Video vigilancia	v	v	X	v	X	X	
		Videos multimedia	X	X	v	X	v	v	
Hardware	Raspberry pi 3		v	v	X	v	X	X	
	Computador		X	X	v	X	v	v	
	Camara Pi		v	X	X	X	X	X	
	Camara IP Poe		X	v	X	v	X	X	
Software	Lenguajes de programación	C++		X	v	v	X	X	X
	Plataformas de programación	Python		v	X	X	v	X	X
		Matlab		v	v	X	X	v	v
		OpenCV		X	X	v	v	X	X
		PyQt		v	X	X	v	X	X
	Técnicas de procesamiento	Binarización		v	v	v	v	v	v
		Conversión de formato		X	X	v	X	X	v
		Manipulación histograma		X	X	X	X	X	v
		Transformaciones morfológicas		v	v	X	v	v	v
		Filtrado Top-Hat		X	X	X	X	X	v
		Algoritmo Matemático LoG		X	X	X	X	v	X
		Etiquetado		v	v	X	X	v	X
		Segmentación de imágenes		v	v	v	v	v	X
		Formación de cuadros		v	v	X	X	v	X
		Detección de características		X	v	v	v	v	X
		Metodo HAAR		X	v	X	v	X	X
		Detección de bordes		v	v	v	v	X	X
		Eliminación de sombras		X	X	v	X	X	X
		Filtrado Salt & Pepper		X	v	v	X	X	X
		Modelo de mezcla gaussiana		v	X	X	X	X	X
ALRP		v	X	X	X	X	X		
Filtro Gaussiano		v	X	X	X	X	X		
Protocolos de comunicación	Comunicación RTSP		v	v	X	v	X	X	
Interfaz de usuario	Respuesta	Monitor		v	v	X	v	X	X
	Supervisor	Laptop		X	X	v	X	v	v

Referencias: R10 –R15.   √: Contiene característica.   X: No contiene característica.

## Metodología propuesta

Como medios de captación se usará una cámara IP Poe que captará las imágenes frontales en modo RGB de la avenida La Marina, que pasarán por la interfaz del puerto del Raspberry Pi 3 B+. En esta parte se inicia la adquisición de datos, se convertirá la imagen RGB a escala de grises para iniciar un preprocesamiento de imagen donde se normalizará la iluminación y se determinará la región de interés, luego ingresará al bloque de decisión de formato de video para modificar la calidad, se aplicará un filtrado de media para disminuir el ruido y se umbralizará la imagen. En esta etapa se segmentarán los objetivos binarizados, se detectarán bordes de los objetos por el método Canny y luego se obtendrá propiedades de cada uno, posteriormente se etiquetarán. De estos objetivos se calculará el centro geométrico y se generarán máscaras para visualizar mejor las placas para aplicar el algoritmo ALPR basado en características HAAR para el reconocimiento de caracteres en las matrículas, finalmente según el último carácter (par/impar) se clasificará y notificará al programador y al usuario de monitoreo [10,11,12,13,15]. La variable de realimentación será la calidad del video al que se le aplicará una transformación de formato para reducir la resolución de la imagen. La etapa de supervisión será mediante protocolos de comunicación de transferencia de datos punto a punto, debido a que el sistema integrado y la estación de control estarán ubicados en diferentes puntos y se busca una comunicación sin pérdida de información. Respecto a hardware el medio de transmisión es un cable de red RJ-45 y las interfaces son interfaces adaptadores de red. La batería escogida para el dispositivo una fuente de alimentación que suministre 48 v y 5000mA, debido a que es el consumo de las cámaras IP Poe necesitan para su correcto funcionamiento.

## Diagrama de bloques

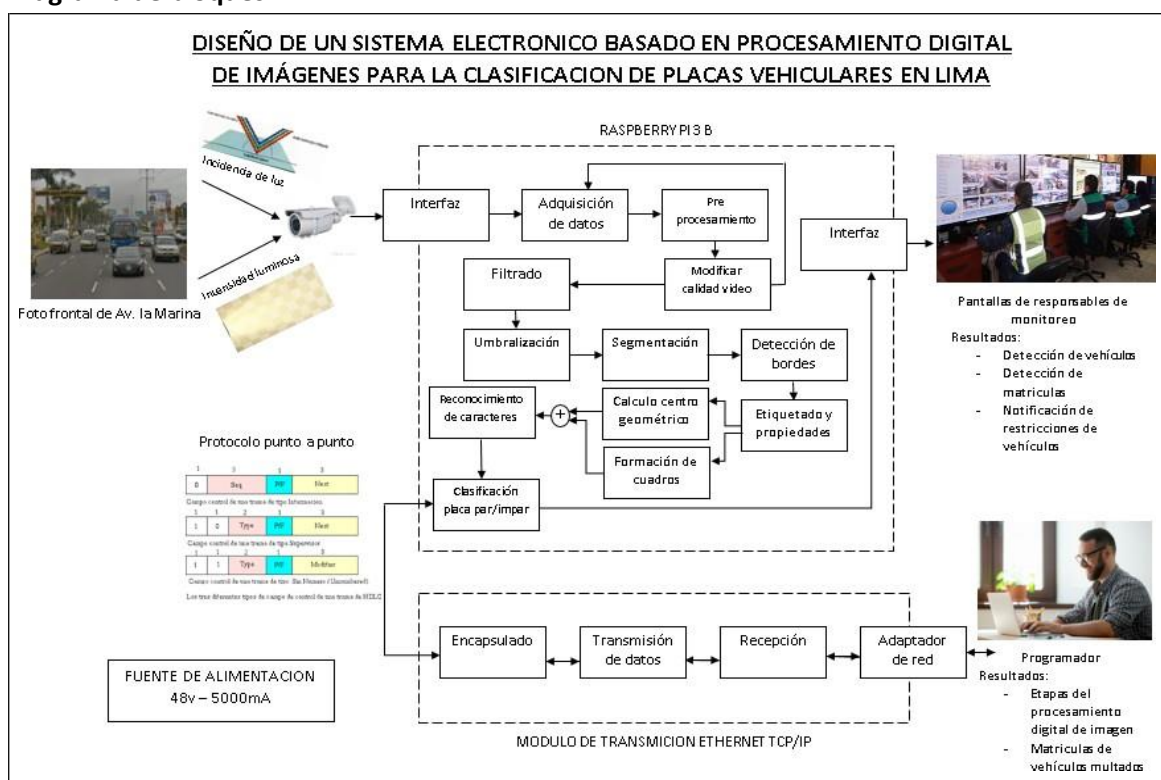


Fig. 1. Diagrama de Bloques del proyecto de investigación.



## Recursos Necesarios

- **Fundamentos o conceptos teóricos requeridos para el desarrollo del proyecto.**

Dentro de los fundamentos teóricos para la parte aplicada, tenemos: conceptos del procesamiento de imágenes digitales como por ejemplo adquisición de datos, recorte y detección de objetos, la teoría de los tipos de ruido y tipos de filtrado dependiendo del kernel, métodos de detección de bordes, segmentación de imágenes, sustracción de fondo, obtención de propiedades, etiquetado, método ALRP y características HAAR. Para el hardware, tenemos: especificaciones técnicas sobre Raspberry pi y cámaras pi. Para el software, tenemos: conocer lenguaje y librerías C++, Matlab y Python [16,17,18,19].

- **Materiales, instrumentos y equipos especializados requeridos para las mediciones.**

Dentro de los materiales requeridos tenemos: Raspberry pi 3 B+ con case integrado, cámara IP Poe, monitor Pi con entrada HDMI, servicio de transporte de datos, servidores DVR, pantalla plasma de 42 pulgadas y computador con tarjeta de video. Para las conexiones de protocolos de comunicación se necesitan cables RJ-45 y adaptadores de red. Para la alimentación una fuente de 48 voltios más reguladores de voltaje y corriente. Para medición y mantenimiento del sistema se requiere medidor de velocidad de transferencia de datos, crimpeador para RJ-45 y testeador de cable de red.

### Estudio de viabilidad técnica

Condición que hace posible el funcionamiento del sistema, proyecto o idea al que se refiere, atendiendo a sus características tecnológicas y a los estudios (referencias) involucrados. Es la condición que hace posible el funcionamiento de nuestras ideas o proyectos, atendiendo a sus características tecnológicas (criterios de selección) y toda su relación con el exterior del producto, se evalúa ante un determinado requerimiento o para determinar si es posible llevarlo a cabo en condiciones de seguridad con la tecnología disponible, verificando los riesgos de desarrollo, disponibilidad de recursos, y tecnología disponible.

### Riesgos de desarrollo

- Diseño de un sistema electrónico basado en procesamiento digital de imágenes para la clasificación de placas vehiculares está diseñado con la tecnología que actualmente está presente en el Perú. Actualmente los módulos aplicados en el diseño están disponibles dentro del mercado tecnológico del país y también para ser importados si se requiere disminuir el costo de implementación, adicionalmente se suma la gran cantidad de ejemplos existentes para la programación en el sistema integrado Raspberry Pi al ser un hardware versátil y de amplia comunidad de desarrollo. El lenguaje de programación interpretado Python está mejorando el desarrollo de sistemas embebidos gracias a la comunidad tecnológica y su compatibilidad a diferentes entornos de desarrollo, incluyendo librerías y funciones especializadas para diferentes procesamientos de datos.

### **Disponibilidad de recursos**

- En el Perú, en los últimos años se ha mejorado progresivamente el avance y los métodos de la tecnología que ha permitido el desarrollo de sistemas, así como la actualización de los perfiles profesionales de ingenieros y docentes. Actualmente organizaciones brindan certificaciones gratuitas de diferentes especializaciones. Por ende, el Perú se puede encontrar personal para la asesoría en temas que no se dominen al inicio del diseño.
- El hardware que se utilizará para el sistema de monitoreo se basa en módulos compatibles con el Raspberry Pi 3+, que serán controlados por el mismo sistema integrado, y cámaras IP Poe de video vigilancia para captura de imágenes. Mientras el software a utilizar es Spyder Anaconda Python debido a las librerías y funciones especializadas en procesamiento digital de imágenes y su buen diseño de interfaz gráfica.

### **Tecnología**

- La tecnología actual en el Perú si es capaz de soportar el sistema que se desea diseñar. Las tecnologías que se están usando son: la del Raspberry Pi que nos permite ejecutar todos los procesos del sistema, adquirir datos, controlar procesos y emitir señales de transmisión de datos; la complejidad de los sistemas integrados actuales nos permite implementar dispositivos de manera más sencilla sin hacer mucho uso de hardware y más uso de software. Los protocolos de comunicación de datos también nos permiten establecer conexiones a largas distancias sin pérdida de paquetes debido a que estos estándares cumplen con protocolos que aseguran una transmisión segura y obtener información en tiempo real, por ello las interfaces o módulos de transmisión son importantes para todo sistema de monitoreo, video vigilancia y seguridad gestionada.

## **Capítulo 4: Análisis de los resultados de la investigación**

### **Resultados Esperados**

- Obtención de las imágenes mediante una cámara RGB en tiempo real del tránsito vehicular para la clasificación de placas vehiculares en la avenida La Marina según la modalidad y horario de la ley pico y placa.
- Elaboración de un algoritmo basado en el lenguaje de programación Python para realizar el conteo de vehículos en tiempo real de la avenida La Marina detectando la ubicación del centro geométrico y enmascarando las matrículas.
- Elaboración de un pseudocódigo y de un diagrama de flujo para reconocer los diferentes tipos de vehículos detectando los caracteres de las placas vehiculares para determinar la terminación par o impar de las matrículas.
- Obtención de una interconexión de punto a punto aplicando protocolos de comunicaciones de datos en sedes diferentes para el monitoreo remoto del tráfico vehicular en la avenida La marina.
- Obtención de una interfaz gráfica en la pantalla HDMI Pi para mejorar la visualización de los procesos de la transformación y tratamiento de las imágenes digitales convirtiéndolas en información específica.

## **CONCLUSIONES**

- Se concluyó del trabajo que los medios de captación de señales son más eficientes si se aplica un preprocesamiento en la salida de la adquisición de datos para mejorar la resolución de la imagen ingresante a la etapa de tratado y transformación.
- Se concluyó que el software de detección de caracteres de las placas vehiculares mejoró su eficiencia al aplicar segmentación y etiquetado de objetos, substrayendo el fondo y determinando la región de interés para reconocer las terminaciones de las matrículas.
- Se concluyó que el método Canny para la detección de bordes optimizó el monitoreo y toma de resultados enmascarando las dimensiones de las placas vehiculares en las imágenes captadas por las Cámaras IP Poe.
- Se concluyó que el formato de video de los datos adquiridos es importante debido a que dependiendo si es MP4, AVI, MKV, FLV, WMV, etc; se consumirán más recursos del sistema integrado Raspberry Pi para ejecutar todo el procesamiento del sistema.
- Se recomienda para el sistema de supervisión el uso de un servicio de transporte de datos confiable para evitar la pérdida de paquetes en la transmisión punto a punto del sistema integrado a la estación base de control (ubicación del programador supervisor).

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Municipalidad del Callao, “Plan Urbano 2011”, Perú, 2011
- [2] Paola Quiroz y Germán Huerta, “Evaluación de Área Saturada de la red vial metropolitana de Lima”, Perú, 2015
- [3] Giuliana Becera Celis et al, “La contaminación sonora en Lima y Callao”, Perú, 2016
- [4] Laura Dawidowski et al, “Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana”, Perú, 2014
- [5] Viceministerio de Transportes, “Manual de Seguridad Vial”, Perú, 2017
- [6] Mariana Alegre et al, “VIII Informe de percepción sobre calidad de vida en Lima y Callao”, Perú, 2017
- [7] Alayo J., Mera R., & Rodriguez C. (2014). Desarrollo de un agente inteligente para el control del tráfico vehicular. *REFI UPN*, 2(1), 01-14.
- [8] Chávez C. (2015). Sistema de semaforización inteligente para el control de flujo vehicular mediante el Procesamiento Digital de Imágenes (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- [9] Sujatha M., Renuga D & Bragadeesh S. (2017). Traffic congestion monitoring using image processing and intimation of waiting time. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 115(7), 239-245.
- [10] Aminul Islam & et alii (2017). Application of Image Processing in Traffic Control System & License Plate Detection (Tesis de pregrado). Universidad BRAC, Dhaka, Bangladés.
- [11] Akoum, A.H(2017). Automatic Traffic Using Image Processing. *Journal of Software Engineering and Applications*, 10, 765-776.
- [12] Juan P. Ceschi & et allí (2016). Sistema de análisis de video para medición automática de intensidad de tráfico. *SIE*, 10(1), 2451-7534.
- [13] Oscar L. Brito Blanco & Edwing J. Hernandez Zafra (2016). Desarrollo de un sistema de aforo vehicular mediante procesamiento digital de video (Tesis de titulación). Universidad de Carabobo, Bárbula, Venezuela.
- [14] Marcio B. Salazar Márquez (2014). Desarrollo de un algoritmo para la localización automática de placas vehiculares peruanas usando técnicas de procesamiento de imágenes (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- [15] Huamani P. & Rojas J. (2016). Procesamiento digital de imágenes para estimación de velocidad y medición de flujo vehicular. *Perfiles de ingeniería*, 2(11), 67-74.
- [16] Gonzalez R. & et allí (2006). *Digital Image Processing Using Matlab*. Miami, Estados Unidos. Pearson Education.
- [17] Easton R. (2010). *Fundamentals of Digital Image Processing*. Nueva York, Estados Unidos. IEEE Press.
- [18] Solem J. (2012). *Programming Computer Vision with Python*. San Francisco, Estados Unidos. O’ Reilly.
- [19] Pajankar A. (2017). *Raspberry Pi Image Processing Programming: Develop Real-Life Examples with Python, Pillow and SciPy*. Bangalore, India. Apress.

# ANEXOS

## FICHA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD: Ingeniería

CARRERA: Electrónica

**1. Título del Trabajo de Investigación propuesto**
**Diseño de un Sistema de monitoreo de Tráfico Vehicular utilizando Procesamiento Digital de Imágenes.**
**2. Indica la o las competencias del modelo del egresado que serán desarrolladas fundamentalmente con este Trabajo de Investigación:**

Sistemas eléctricos, electrónicos y procesamiento de señales.

**3. Número de alumnos a participar en este trabajo. (máximo 2)**

Número de alumnos: Uno.

**4. Indica si el trabajo tiene perspectivas de continuidad, después de obtenerse el Grado Académico de Bachiller, para seguirlo desarrollando para la titulación por la modalidad de Tesis o no.**

El trabajo tiene perspectivas de continuidad para la titulación por la modalidad de tesis.

**5. Enuncia 4 o 5 palabras claves que le permitan realizar la búsqueda de información para el Trabajo en Revistas Indizadas en WOS, SCOPUS, EBSCO, SciELO, etc., desde el comienzo del curso y obtener así información de otras fuentes especializadas. Ejemplo:**

Palabras Claves	Scholar	Scielo	DOAJ
1.- Procesamiento Digital de Imágenes	Exitoso	Exitoso	Poco Exitoso
2.- Tratamiento Digital de Imágenes	Exitoso	Poco Exitoso	Poco Exitoso
3.- Digitalización de Imágenes	Exitoso	Poco Exitoso	Poco Exitoso

**6. Como futuro asesor de investigación para titulación colocar:**
*(Indique sus datos personales)*

- Nombre:** Saúl RuelasAlvarado
- Código docente:** c08277
- Correo institucional:** c08277@utp.edu.pe
- Teléfono:** 914069374

**7. Especifica si el Trabajo de Investigación:**
*(Marca con un círculo la que corresponde, puede ser más de una)*

- Contribuye a un trabajo de investigación de una Maestría o un doctorado de algún profesor de la UTP.
- Está dirigido a resolver algún problema o necesidad propia de la organización.
- Forma parte de un contrato de servicio a terceros.
- Corresponde a otro tipo de necesidad o causa (explicar el detalle):

## 8. Explica de forma clara y comprensible los objetivos o propósitos del trabajo de investigación

El objetivo de este trabajo de Investigación es Utilizar el Procesamiento Digital de Imágenes en el control vehicular en lugar de los sistemas tradicionales basados en sensores de luz infrarroja, magnéticos, células fotoeléctricas, galgas extensiométricas, entre otros.

## 9. Brinde una primera estructuración de las acciones específicas que debe realizar el alumno para que le permita iniciar organizadamente su trabajo

La investigación es un proceso dirigido a la solución de problemas del saber, mediante la obtención y producción de nuevos conocimientos. Dicho proceso comprende las siguientes etapas: PLANIFICACION: consiste en trazar el plan o proyecto de la investigación a realizar.

Esta etapa se divide en los siguientes pasos:

- 1- SELECCIÓN DEL TEMA
- 2- IDENTIFICACIÓN DE UN PROBLEMA
- 3- ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO
- 4- FORMULACIÓN DEL PROYECTO

EJECUCIÓN: significa poner en marcha el proyecto trazado, es decir, llevar a cabo la investigación.

DIVULGACIÓN: una vez terminada la Investigación y elaborado el informe final, los resultados y conclusiones deben darse a conocer por diversas vías: publicaciones científicas, ponencias en eventos científicos o páginas en internet.

## 10. Incorpora todas las observaciones y recomendaciones que consideres de utilidad para el alumno y a los profesores del curso con el fin de que desarrollen con éxito todas las actividades

**-Realizar la planificación clara del trabajo que se deberá efectuar y un apropiado cronograma de trabajo.**

-Identificar información específica sobre Procesamiento Digital de Imágenes y su uso en los sistemas de control vehicular.

## 11. Fecha y docente que propone la tarea de investigación

Fecha de elaboración de ficha: 14 / 03 / 2019

Docente que propone la tarea de investigación: Ing. Ruelas Alvarado, Saúl

## 12. Esta Ficha de Tarea de Investigación ha sido aprobada como Tarea de Investigación para el Grado de Bachiller en esta carrera por:

*(Sólo para ser llenada por la Facultad)*

Nombre: \_\_\_\_\_

Código: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Fecha de aprobación de ficha (día/mes/año): \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## ANEXO 1

### GLOSARIO

**Raspberry Pi:** Placa computadora de bajo costo con alto rendimiento en procesamiento de información.

**ALPR:** Metodología de video vigilancia en masa basado en reconocimiento de caracteres.

**DVR:** Dispositivo electrónico dedicado al almacenamiento de formatos de videos en sistemas de video vigilancia y monitoreo.

**RTSP:** Protocolo de transmisión en tiempo real dedicado a controlar flujos sincronizados de audio y/o video.

**Características HAAR:** Patrón de matrices binarias para el reconocimiento de diversos objetivos

**Ruido Salt & Pepper:** Fenómeno de distorsión de datos en imágenes digitales, genera un efecto visual de pixeles blancas y negras de manera dispersa.



## ANEXO 2

**Institución: Municipalidad Del Callao**

**Nombre: Julia Rosa Reyes Larraín**

**N°Cel: 984311035**

**Correo: j.reyes@municallao.gob.pe**

1. **¿Conoce usted algún sistema que regularice o monitoree el tráfico vehicular? ¿Es eficiente?**  
Si, la medida de restricción vehicular pico y placa. No es muy eficiente por la falta de experiencia en el monitoreo vehicular, aparte de las técnicas utilizadas en el Perú (no son muy optimas).
2. **¿Considera usted que es mejor viajar en transporte público que en vehículo propio? ¿Por qué?**  
Si es por comodidad, el vehículo propio es la mejor opción para realizar viajes cortos y en menor tiempo. Si es por cuestión económica, el transporte público es la mejor opción debido a que el Perú ya cuenta con corredores complementarios de tarifario fijo. En este tipo de servicios de transporte se pueden realizar viajes largos con un menor costo y mejor tiempo.
3. **¿Qué tan frecuente es el tráfico vehicular en las avenidas principales?**  
Muy frecuente
4. **¿Cuál cree usted que es la principal causa del tráfico vehicular?**
  - a) Muchos vehículos particulares
  - b) Informalidades del transporte público y privado
  - c) Tránsito de vehículos de carga (camiones, cisternas, maquinaria pesada, etc.)
  - d) Otra
5. **¿Cómo afecta el tráfico vehicular la calidad de vida en lima?**  
Genera alteraciones en el bienestar del ciudadano, como estrés, contaminación sonora, contaminación ambiental, accidentes automovilísticos, etc.
6. **¿Qué indicador es el más preocupante de tráfico vehicular?**
  - a) Tiempo de espera en el tráfico vehicular
  - b) Contaminación sonora en las zonas aledañas a las avenidas principales
  - c) Otra
7. **¿Considera que un sistema electrónico clasificador de placas vehiculares mejoraría el tránsito de vehículos según la ley pico placa? ¿Por qué?**  
Sí, porque facilitaría la toma de datos del conductor privado mediante la captura de la placa vehicular. Ya no se necesitaría estar procesando cada placa una por una, sino que todo sería automatizado.
8. **¿Qué tipo de tecnología desea que se implemente para el proceso del sistema de monitoreo de tráfico vehicular? ¿Por qué?**
  - a) Procesamiento digital de imágenes
  - b) Redes neuronales
  - c) Detección de características haar
  - d) Otra

Porque es una tecnología mucho más eficaz de las ya mencionadas, brindaría mayor precisión en la toma de datos.
9. **¿Recomendaría mejorar la tecnología que se usa en los sistemas de monitoreo actuales? ¿Por qué?**  
Sí, porque así se evitaría errores en la adquisición de datos y evitar las técnicas practicadas por conductores informales.
10. **¿Está de acuerdo que solo los vehículos de categoría M1 sean clasificados según la ley pico placa? ¿Por qué?**

Sí, porque al parecer son la principal causa del aumento de puntos de congestamiento vehicular en Lima metropolitana.

### Residente

**Nombre:** Javier Herrera Masías

**N°Cel:** 946461015

**Correo:** xavier9721.jh@gmail.com

1. **¿Conoce usted algún sistema que regularice o monitoree el tráfico vehicular? ¿Es eficiente?**  
No.
2. **¿Considera usted que es mejor viajar en transporte público que en vehículo propio? ¿Por qué?**  
Depende de la distancia del destino que se desea llegar y el gasto de gasolina del vehículo propio.
3. **¿Qué tan frecuente es el tráfico vehicular en las avenidas principales?**  
Muy frecuente.
4. **¿Cuál cree usted que es la principal causa del tráfico vehicular?**
  - a) Muchos vehículos particulares
  - b) Informalidades del transporte público y privado
  - c) Tránsito de vehículos de carga (camiones, cisternas, maquinaria pesada, etc.)
  - d) Otra
5. **¿Cómo afecta el tráfico vehicular la calidad de vida en lima?**  
Genera estrés.
6. **¿Qué indicador es el más preocupante de tráfico vehicular?**
  - a) Tiempo de espera en el tráfico vehicular
  - b) Contaminación sonora en las zonas aledañas a las avenidas principales
  - c) Otra
7. **¿Considera que un sistema electrónico clasificador de placas vehiculares mejoraría el tránsito de vehículos según la ley pico placa? ¿Por qué?**  
Sí, porque se evitaría la clonación de placas y mejoraría sistemáticamente el tráfico vehicular.
8. **¿Qué tipo de tecnología desea que se implemente para el proceso del sistema de monitoreo de tráfico vehicular? ¿Por qué?**
  - a) Procesamiento digital de imágenes
  - b) Redes neuronales
  - c) Detección de características haar
  - d) Otra
9. **¿Recomendaría mejorar la tecnología que se usa en los sistemas de monitoreo actuales? ¿Por qué?**  
Desconozco la tecnología de sistema de monitoreo.
10. **¿Está de acuerdo que solo los vehículos de categoría M1 sean clasificados según la ley pico placa? ¿Por qué?**  
Sí, porque son demasiados vehículos para clasificarlos a todos por igual.

**Residente**

**Nombre: Cesar Miguel Meza Silva**

**N° Cel: 993854848**

**Correo: mscesarmiguel@gmail.com**

**1. ¿Conoce usted algún sistema que regularice o monitoree el tráfico vehicular? ¿Es eficiente?**

El único sistema del que tengo conocimiento es el de las fotopapeletas, creo que no es un sistema eficiente pues no es automático, necesita ser manejado por una o dos personas.

**2. ¿Considera usted que es mejor viajar en transporte público que en vehículo propio? ¿Por qué?**

Pienso que es mejor usar el transporte público pues así hay menos vehículos circulando por las vías (un vehículo propio es usado normalmente por una persona, pero ocupa un espacio considerable), además que se contamina menos. Sin embargo, el transporte público tiene mucho por mejorar en temas de seguridad, formalidad, tiempo de espera en paraderos, etc.

**3. ¿Qué tan frecuente es el tráfico vehicular en las avenidas principales?**

Por lo que sé y he experimentado, siempre en las horas punta, en la mañana y en la noche, el tráfico es bastante, especialmente en la Javier Prado, Faucet con Colonial, en la Av 28 de Julio desde la Brasil hasta Paseo de la Republica. En la Av La Marina, generalmente he notado tráfico en donde termina la Marina y comienza Pershing y cerca a Plaza San Miguel.

**4. ¿Cuál cree usted que es la principal causa del tráfico vehicular?**

- a) Muchos vehículos particulares
- b) Informalidades del transporte público y privado
- c) Tránsito de vehículos de carga (camiones, cisternas, maquinaria pesada, etc.)
- d) Otra

Yo creo que la principal causa es la falta de un sistema de transporte publico que sea integrado y ordenado, por esa razón las personas optan por usar colectivos y taxis. Pero también pienso que las otras alternativas contribuyen mucho al caos vehicular.

**5. ¿Cómo afecta el tráfico vehicular la calidad de vida en lima?**

Afecta mucho y negativamente, sé que se pueden perder varias horas al día en el transporte, esto produce estrés, frustración, preocupación, bajo desempeño laboral, menos tiempo para pasar con familia y amigos, lo que tiene consecuencias en la salud de las personas.

**6. ¿Qué indicador es el más preocupante de tráfico vehicular?**

- a) Tiempo de espera en el tráfico vehicular
- b) Contaminación sonora en las zonas aledañas a las avenidas principales
- c) Otra

**7. ¿Considera que un sistema electrónico clasificador de placas vehiculares mejoraría el tránsito de vehículos según la ley pico placa? ¿Por qué?**

Creo que si contribuiría a mejorar el tráfico pues permitiría detectar que vehículos cumplen o no cumplen con esta medida.

**8. ¿Qué tipo de tecnología desea que se implemente para el proceso del sistema de monitoreo de tráfico vehicular? ¿Por qué?**

- a) Procesamiento digital de imágenes
- b) Redes neuronales
- c) Detección de características haar
- d) Otra

Desearía que se implemente utilizando Redes Neuronales Convolutivas y procesamiento de imágenes, por que con el pdi se pueden extraer las características de la imagen y las RNC han probados ser eficientes reconociendo características de imágenes.

**9. ¿Recomendaría mejorar la tecnología que se usa en los sistemas de monitoreo actuales? ¿Porqué?**

Bueno no sé exactamente cómo funciona los sistemas actuales, tengo la idea de que graban imágenes que son analizadas por personas. En ese sentido el mejorar la tecnología con técnicas de reconocimiento ayudaría a los operadores a recabar mejor información, detectar problemas, incumplimiento de normas, etc.

**10. ¿Está de acuerdo que solo los vehículos de categoría M1 sean clasificados según la ley pico placa? ¿Por qué?**

Por ahora sí porque estos cambios deben darse paso a paso, para ver los resultados y ver si se aplica luego a otro tipo de vehículos.

### ANEXO 3

#### Resultados de las Encuestas

		USUARIOS ENCUESTADOS			REPRESENTANTES DE INSTITUCIONES ENCUESTADOS					
		A	B	C	D	E	F	G	H	I
P R E G U N T A S	1	Desconoce	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable
	2	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable
	3	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable
	4	B	D	A	B	A	D	C	A	B
	5	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable	No Favorable
	6	B	A	B	B	B	A	B	A	A
	7	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	No Favorable	No Favorable	Favorable	Favorable
	8	A	D	C	D	D	A	C	A	A
	9	Desconoce	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable
	10	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable	Favorable

Tabla 2. Resultados de los encuestados.

## ANEXO 4

### INSTITUCIONES

1. **Luz Ámbar**  
Dirección: Jirón Tarma N°119, Cercado de Lima 15328
2. **Transitemos**  
Dirección: República de Panamá 3956 – Surquillo
3. **Pro Transporte**  
Dirección: Jirón Cuzco 286, Cercado de Lima 15001
4. **Municipalidad del Callao**  
Dirección: Jirón García Calderón 252, Callao 07021
5. **Lima Como Vamos**  
Dirección: Av. José Pardo 13, Miraflores 15074
6. **Ministerio de transporte y comunicaciones**  
Dirección: Jirón Zorritos 1203, Cercado de Lima 15082