

Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería

- | Enseñanza de la Ingeniería-CAEDI
- | Gestión de la Educación en Ingeniería
- | Agrimensura, Geodesia y Ciencias de la tierra y el mar
- | Biotecnología y Bioingeniería
- | Materiales y Nanotecnología aplicada a los materiales
- | Desarrollo Tecnológico Social, Vinculación Universidad, Empresa y Estado
- | Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Empresas y Servicios
- | Ferroviaria, Automotriz, Naval y Transporte
- | Alimentos y Agroindustria
- | Agronomía y Forestal
- | Energía, Energías Limpias, Energías Renovables y Eficiencia Energética
- | Ingeniería Sostenible, Gestión Ambiental y Cambio Climático
- | Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería
- | Mujeres en Ingeniería y Cambio Social
- | Obras y Proyectos de Ingeniería, Infraestructura y Conservación del Patrimonio
- | Tecnología de la Información y Comunicación



Memorias del Encuentro Argentino de Ingeniería : edición 2022 / José Basterra...

[et al.] ; contribuciones de Carolina Orcola ; compilación de Martina Perduca ; prólogo de Nestor Braidot ; Jose Basterra. - 1a ed compendiada. - Corrientes : Universidad de la Cuenca del Plata. Secretaría de Políticas del Conocimiento, 2023.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4050-08-3

1. Ingeniería. 2. Educación. I. Basterra, José, prolog. II. Orcola, Carolina, colab. III. Perduca, Martina, comp. IV. Braidot, Nestor, prolog.

CDD 620.007

ISBN 978-987-4050-08-3



“CONTEO VEHICULAR MEDIANTE VISION ARTIFICIAL”

Silvero, Facundo ^a; Devincenzi, Gustavo ^a; Di Rado, Gustavo ^a

a Laboratorio de Simulación de Tránsito, Facultad de Ingeniería (UNNE)

facundosilvero@hotmail.com

Resumen

Un ítem fundamental de la ingeniería de tráfico es el estado permanente de las instalaciones y del tránsito, así como también una predicción probabilística de la demanda futura. Esto requiere que una amplia variedad de datos e información sea reunida para describir adecuadamente el estado real, permanente y actualizado de los sistemas mencionados. Esta recolección de datos es difícil y costosa de realizar con los métodos tradicionales debido a los equipamientos y recursos humanos necesarios. El uso de la informática y el procesamiento de imágenes es una alternativa eficiente para resolver el problema. En este trabajo se presenta el desarrollo de un algoritmo mediante el cual se procede al conteo vehicular, utilizando visión artificial. Para ello, se llevó a cabo la filmación del flujo vehicular en una intersección, se realizó el procesamiento computacional con librerías y lenguajes de código, y se obtuvo como resultado final el volumen vehicular.

Abstract

A fundamental item of traffic engineering is the permanent status of facilities and traffic, as well as a probabilistic prediction of future demand. This requires that a wide variety of data and information be gathered to adequately describe the actual, permanent and up-to-date status of this systems. This data collection is difficult and expensive to carry out with traditional methods due to the equipment and human resources needed. The use of computer and image processing is an efficient alternative to solve the problem. In this work, a development of an algorithm through which vehicle counting is carried out using artificial vision, is presented, by filming and processing a vehicular flow in an intersection, with libraries and code languages. Finally a vehicular volume was obtained.

Palabras clave: Visión Artificial, Conteo Vehicular

Introducción

Gracias al avance de la tecnología y la ingeniería, el sistema de visión artificial está siendo muy utilizado en el estudio de tránsito. El mismo permite realizar distintas tareas, entre ellas, contar vehículos, determinar velocidades de marcha y recorrido, realizar clasificaciones y obtener densidad vehicular, identificar congestiones de tráfico, accidentes, placas de patentes, entre otros. Este sistema, junto con la ingeniería de tráfico, podrá ayudar a obtener una movilidad más segura, rápida, cómoda, conveniente, económica y ambientalmente compatible con las personas y bienes [1].

El conteo de vehículos es una tarea fundamental en los aforos de tráfico, tanto para el diseño de nuevas vías, como para el control y la optimización del mismo. Dicho conteo, es posible realizarlo con

diversas técnicas y procedimientos, que se enumeran a continuación:

1. Conteo manual.
2. Conteo con sensores neumáticos.
3. Conteo con sensores magnéticos.
4. Conteo con visión artificial.

Dependiendo del tipo de tarea a realizar, y de la precisión que se requiera, se utilizará una u otra metodología.

En el presente trabajo se desarrolló un algoritmo conforme al conteo con visión artificial, el cual permite contar vehículos en una intersección de dos calles de un solo sentido. Para ello, se utilizó el video correspondiente al trabajo (Amarilla et al). [2].

Visión artificial

La visión artificial, también conocida como visión por computadora o visión técnica, es una disciplina

científica que incluye métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real con el fin de producir información numérica o simbólica para que puedan ser tratados por un ordenador. Tal y como los humanos usamos nuestros ojos y cerebros para comprender el mundo que nos rodea, la visión artificial trata de producir el mismo efecto para que los ordenadores puedan percibir y comprender una imagen o secuencia de imágenes y actuar según convenga en una determinada situación. Esta comprensión se consigue gracias a distintos campos como la geometría, la estadística, la física y otras disciplinas. [3].

Las siguientes son algunas de las aplicaciones de esta herramienta:

- Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales.
- Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico.
- Realizar la inspección del 100% de la producción a gran velocidad.
- Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizado

Visión artificial es una tecnología que combina principalmente dos elementos, como ser los sistemas encargados de la adquisición de imágenes, denominado como “parte física” (equipos / hardware) y los sistemas encargados de procesar la información obtenida, denominado como “parte lógica” (programas / software). La combinación de estos, tiene por objetivo la adquisición y posterior procesamiento de la información, con el propósito de extraer, medir, clasificar y comparar ciertas características y/o propiedades que se tengan en común y en su conjunto la toma de decisiones.

El algoritmo del conteo vehicular fue desarrollado en la plataforma Visual Studio Community versión 2017, en la cual se utilizaron librerías y bibliotecas necesarias para el proceso, las cuales se nombran a continuación.

- Librería OpenCV versión 3.4.1 [4]
- Biblioteca principal: Boost versión 1.50
- Biblioteca Cv Blob
- Lenguaje de programación: C++

El desarrollo del algoritmo está dividido en las siguientes etapas, las que se muestran en el diagrama de la Fig. 1:

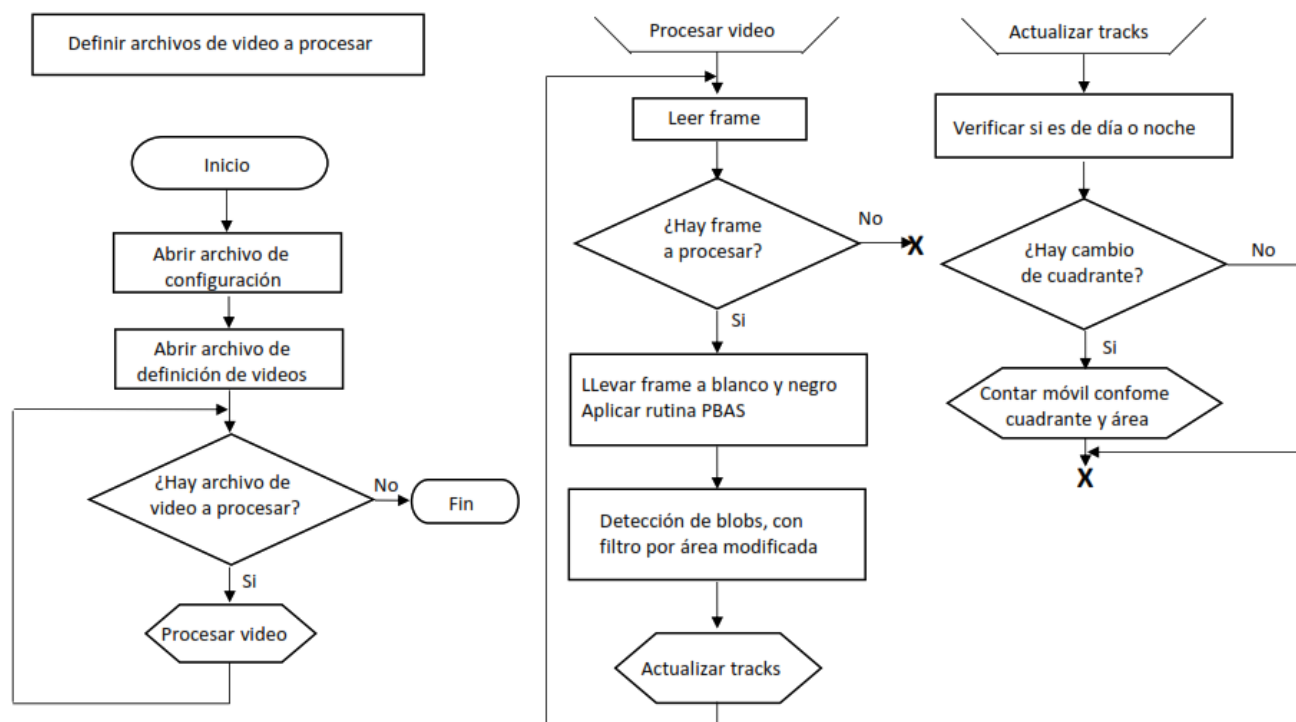


Fig. 1 (1) Diagrama del algoritmo

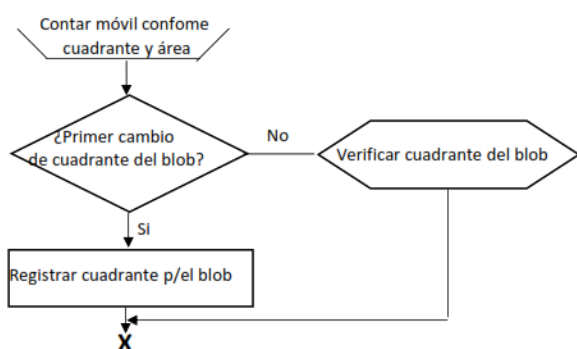


Fig. 1 (2) Diagrama del algoritmo (cont.)

Descripción del algoritmo

La primera tarea a realizar por el algoritmo es la sustracción de fondo o segmentación Frente-Fondo (denominada en inglés como Background Subtraction - BS). Esta rutina se encarga de detectar objetos en movimiento (por ejemplo, detectar vehículos, personas, etc.). Fig. 2.

La BS consiste en comparar una imagen con otra que representa una estimación del modelo de fondo.

Los objetos del primer plano pueden ser detectados por las áreas de imagen que tienen una diferencia significativa entre la imagen de entrada y la imagen de referencia (modelo de fondo).



Fig. 2 Detección de Objetos en movimientos

Este proceso busca la discriminación entre objetos del primer plano (frente o foreground) de una imagen, del resto de los objetos o fondo (background). Se debe asignar cada píxel de la imagen a una de dos posibles opciones: el fondo o el primer plano. En el primer plano deberían quedar los objetos que son interesantes para el sistema de detección implementado, por lo general gente o vehículos, que son los que presentan movimientos entre distintos cuadros. Es de señalar que este proceso no es tan sencillo como puede parecer. Por ejemplo, una persona o un vehículo pueden permanecer sin movimiento durante algunos cuadros y aun así debe ser detectado. Por otra parte, se pueden dar situaciones en las que los elementos de fondo también se están moviendo. Por ejemplo, agua

en movimiento (por escurrimiento o lluvia), hojas o ramas que se mueven, etc. Desafortunadamente, por lo general se detectan como objetos de primer plano en los métodos básicos de BS. Asimismo pueden ocurrir mimetizaciones entre el color de un objeto y el del fondo próximo a él. La consideración de este tipo de cuestiones es una de las tareas para el diseño del algoritmo.

Existen varias técnicas de BS. Para este trabajo se ha elegido la rutina PBAS (Pixel Based Adaptive Segmenter) para el proceso de BS. El proceso básico de la misma es generar el fondo a partir de los últimos valores de los píxeles, asignándole a cada uno de ellos un valor de aprendizaje y comprándolo con píxeles cercanos (con los que podría conformar un bloque) considerándolo o no perteneciente al mismo conforme se encuentre dentro de ciertos umbrales obtenidos para ese bloque.

La segmentación de una imagen consiste en la separación de los elementos fijos, de los elementos móviles, basándose en el concepto de fondo fijo y primer plano.

La primera clase (fondo fijo) corresponde a los objetos estáticos en la imagen u objetos que presentan un movimiento constante, como por ejemplo en la intersección en estudio, el pavimento, los árboles, cables, carteles, viviendas, etc. forman parte del fondo, en el caso de los árboles, sus troncos totalmente fijos y sus hojas que son movidas por el viento, al igual que los cables.

La segunda clase corresponde al primer plano, que son píxeles distintos al fondo de la escena, que presentan un movimiento que es el que se desea analizar.

Del fondo y el primer plano es posible crear una imagen lógica, asignando un uno lógico al primer plano y ceros lógicos al fondo, y una vez designado éste, se realiza una resta en valor absoluto entre esta imagen de fondo y cada cuadro del video a analizar, valor que debe ser mayor al umbral, dado por la librería OpenCV.

Este tipo de algoritmo tiene la desventaja de solo poder modelar un fondo de la escena, como, por ejemplo, en la intersección, las viviendas y los troncos de los árboles serían bien modelados, pero las hojas movidas por el viento no, además se generan falsos positivos de primer plano con los automóviles estacionados temporalmente.

Este método no es muy apropiado de aplicar en cámaras ubicadas en el exterior, que no estén instaladas en forma perpendicular a la vía, como en este caso, debido a que hay muchos factores que

dificultan la determinación del fondo de la imagen, como ser:

- Cambios en la iluminación
- Presencia de nubes
- Hora del día
- Movimiento de la cámara por el viento, aun cuando esta esté empotrada
- Movimiento de los objetos del fondo, como las oscilaciones de las hojas de los árboles.
- Posibles cambios de la estructura geométrica del fondo; por ejemplo, objetos que estaban fijos y luego fueron quitados durante la grabación del video.

Rutina PBAS – diferenciación de cuadros

Esta rutina consiste en hacer una diferenciación entre el cuadro actual y el cuadro tomado como referencia o base para el fondo. Este cuadro de referencia para el fondo (background) va cambiando conforme se avanza en el proceso de segmentación (es la tarea de Mantenimiento del Modelo BS). La diferencia entre el cuadro actual y el tomado como fondo nos daría los elementos que pertenecerían al frente.

Esta técnica es adecuada para detectar movimientos en los casos como el de este proyecto, dónde en cada escena / cuadro hay pequeños cambios de los objetos fijos.

La desventaja de este método es que en cuanto no hay movimiento (como en el típico caso de un semáforo en rojo), todos los elementos que deberían pertenecer al primer plano, desaparecen. Esto es apenas obvio ya que, al no existir movimiento entre un cuadro y otro, el hacer diferencia entre ellos da como resultado cero (imagen en negro).

Se muestran en las siguientes imágenes los procesos básicos que se realizan en esta rutina:



Fig. 3 Cuadro original.

Proceso de suavizado: consiste en promediar cada pixel de una imagen teniendo en cuenta a sus vecinos más cercanos, esta operación busca reducir el “ruido” en una imagen. El promedio se basa en métodos estadísticos como la media gaussiana (Gaussian Blur es la rutina de OpenCV utilizada).



Fig. 4 Gaussian Blur.

Sobre esta imagen suavizada se realiza el proceso básico del PBAS (mantenimiento de la imagen de fondo y obtención de la imagen del frente). Esta última imagen está en blanco y negro. Es como aplicar un proceso de binarización a las diferencias que encontramos entre la imagen de fondo y la del cuadro analizado. Los píxeles que son diferentes aparecen con valor 1, mientras que los que se mantienen iguales lo hacen con valor 0. Para el ejemplo que se mostró anteriormente, la imagen del frente sería:



Fig. 5 Resultado del frente obtenido

Luego de obtenida la imagen del frente, se aplica el proceso de detección de manchas (blobs) y seguimiento de las mismas.

A partir de la imagen de frente del cuadro en proceso, se analiza lo que se denomina como blob o mancha (blob: es un conjunto de píxeles conectados con el mismo valor 1). Este análisis de manchas se utiliza para detectar un objeto en movimiento.

De cada mancha se obtiene su área, área equivalente, coordenadas del baricentro y conteo de inactividad.

El área es la zona que ocupa la mancha (asimilada a un rectángulo denominado caja o box que contiene a la mancha). El área equivalente es un valor que se calcula para compensar el efecto de la perspectiva y consiguiente disminución del tamaño del objeto (en píxeles) a medida que se aleja de la lente de la cámara. Para ser considerada la mancha debe tener un área equivalente mínima.

A partir de allí se pasa a la rutina de seguimiento de manchas (tracks). En ella se verifica, para cada mancha detectada en la imagen de frente en proceso, si tiene correspondencia con una mancha considerada en el proceso previo. Para este efecto se analiza el área y la variación de posición del baricentro de la mancha. Si hay razonable concordancia (área y distancia de baricentros dentro de ciertos umbrales) se actualiza la información de área y baricentro de ese track y se pone en 0 el control de cuadro sin actividad, caso contrario se crea un nuevo track.

Luego se actualizan las manchas y tracks que no tuvieron actividad (detección) para este cuadro, incrementando el contador de cuadros sin actividad.

Se eliminan aquellos que lleven 5 cuadros sin actividad.

A continuación, se procede a la rutina de aforo de vehículo.

Se analiza para cada track la posición respecto a las líneas definidas de conteo y se guarda el cuadrante al que pertenece (la primera vez estará no definido y por lo tanto solo se asigna).

Este proceso se realiza de la siguiente forma. En la Fig. 6, los puntos P1 y P2 definen una línea de conteo. Cuando la misma es atravesada, corresponde contar dicho vehículo. El baricentro del vehículo se identifica en el gráfico con el punto P3.

Para verificar si el vehículo cruza la línea de conteo, el procedimiento que se seguirá es el de analizar el signo del producto vectorial de los vectores que se indican como A y B. El primero (A) coincidente con la línea de conteo, y el segundo (B) definido por P1, y P3, es el vector que seguirá la trayectoria del vehículo: Los puntos P1 y P2 obviamente permanecen fijos, mientras que P3 es el que está en movimiento.

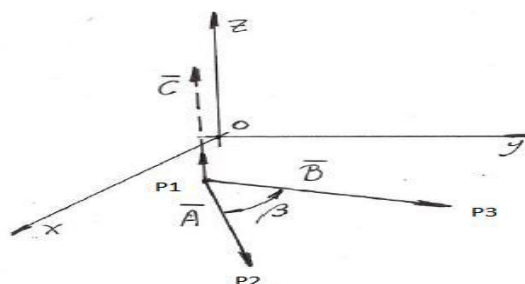


Fig. 6 Esquema del producto vectorial

El signo del producto vectorial indicará en qué semiplano (del plano x-y, dividido por la línea que generan P1 y P2) está ubicado el punto P3. Si es positivo estará en uno y si es negativo en otro (si fuese exactamente 0 estaría situado en la misma línea del vector A).

La forma de obtener este signo es:

Si se define como coordenadas de los puntos P1, P2 y P3: P1x, P1y, P2x, P2y, P3x, P3y, entonces, si se toma como origen de referencia de los dos vectores al punto P1, se realiza el producto vectorial de A y B, obteniendo como resultado un vector perpendicular al plano determinado por los vectores A y B. El módulo de ese vector se obtiene resolviendo el determinante de la matriz (como están contenidos en el plano x-y, la componente z es cero), como se indica en la Fig. 6.

$$\begin{vmatrix} x & y & z \\ P_{2x} - P_{1x} & P_{2y} - P_{1y} & 0 \\ P_{3x} - P_{1x} & P_{3y} - P_{1y} & 0 \end{vmatrix} \begin{matrix} \vec{A} \\ \vec{B} \end{matrix}$$

Fig. 7 Determinante del producto vectorial

El resultado buscado será:

$$\text{Signo} = \text{SGN}((P_{2x} - P_{1x}) * (P_{3y} - P_{1y}) - (P_{3x} - P_{1x}) * (P_{2y} - P_{1y})) \quad (1)$$

(esto es equivalente al signo del ángulo β entre los dos vectores, Fig. 6)

De similar manera se define una segunda línea de conteo y se analiza en qué lugar se ubica el vehículo respecto de ella.

Al tener dos líneas de conteo, son 4 los sectores (semiplanos en este caso), que quedan definidos por las dos rectas que se cruzan. Esto se aprecia en la Fig. 8 (indicados como A, B, C y D).

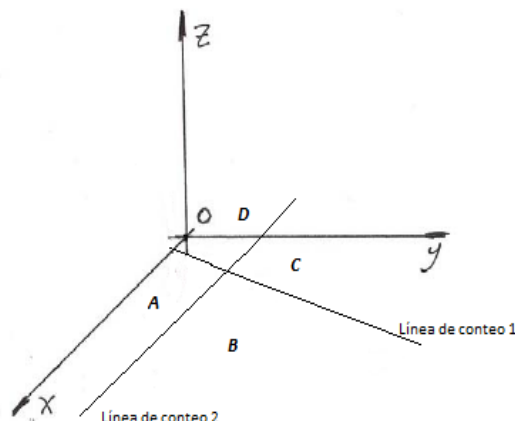


Fig. 8 *Semiplanos definidos por las dos rectas que se cruzan*

Cuando la rutina verifica que un track cambia de sector, realiza el conteo conforme corresponda (según la(s) línea(s) que cruza y de acuerdo al tamaño del área equivalente) para asimilarlo a un determinado tipo de vehículo.

En esta detección también se verifica si la imagen corresponde a un horario diurno o nocturno.

El conteo de estos vehículos se graba asimismo en un archivo secuencial, en el que se indica: Nro. de cuadro, línea de conteo A-B: valor contado (de acuerdo al tamaño del vehículo), línea de conteo C-D: valor contado (de acuerdo al tamaño del vehículo) y si es Diurno o Nocturno (D o N).

84	A-B	1	C-D	0	D
90	A-B	0	C-D	2	D
159	A-B	0	C-D	2	D
218	A-B	0	C-D	2	D
330	A-B	2	C-D	0	D
434	A-B	2	C-D	0	D
434	A-B	0	C-D	1	D
458	A-B	0	C-D	2	D

TABLA I – *Secuencia de intersecciones detectadas*

Esta información almacenada en un archivo, se la puede leer y procesar, para realizarse los análisis que se estimen necesarios..

Conclusiones

En este trabajo, se ha tratado de llegar a una aproximación de la realidad del flujo vehicular por medio de un procedimiento de conteo automático, basado en visión artificial, con el objetivo de obtener un sistema que minimice la complejidad de la obtención de dichos datos. Si bien este algoritmo permite contar vehículos que cruzan las líneas imaginarias, ubicadas en las líneas de parada de ambos accesos, no discrimina si los vehículos cruzaron o giraron en la intersección. Para esta tarea, se está trabajando incorporando estos procesos en el código y poder obtener un análisis completo, con el fin de poder analizar una intersección y determinar su estado actual y la necesidad o no, de colocar algún dispositivo de control.

El desarrollo se realizó sobre la plataforma de software libre OpenCV, que provee una estructura para el manejo de imágenes y video. De la plataforma de desarrollo de OpenCV, se utilizaron algunos de los algoritmos que están implementados en él, sin embargo, los requerimientos del algoritmo para la intersección analizada con los análisis mencionados, exigen el desarrollo de rutinas más específicas; razón por la cual se implementan funciones que cumplan las expectativas del proyecto, como el análisis de día o de noche y el producto vectorial, para detectar la posición del elemento en estudio.

A continuación, las ventajas y desventajas que se presentan al analizar este tema:

1- Ventajas:

- Practicidad en la obtención de datos, sin la necesidad de disponer de recursos humanos permanentes.
- Cobertura para la obtención de la información durante las 24 horas del día.
- Confidencialidad, fiabilidad y versatilidad de los datos.
- Obtención de datos en forma digital, lo que permite utilizarlos y manipularlos según sea necesario, por ejemplo para determinar velocidades.
- Captura con una sola cámara.
- Clasificación vehicular.

- Tiempo y sentido del vehículo al cruzar la intersección.

2- Desventajas:

- Necesidad de computadoras con buena velocidad de proceso. Si se dispone de equipos adecuados se puede incluso procesar en tiempo real.
- Complejidad en el análisis de las imágenes debido al perspectivado, originado por la ubicación e inclinación de una sola cámara. Esto requiere un ajuste específico según la instalación de la misma.
- Influencia de las horas del día y factores climáticos en la nitidez de la imagen y aparición de sombras.

Referencias

- [1]. Traffic Engineering – Roger P. Roess – Elena S. Prassas – William R. McShane – Prentice Hall
- [2]. Trabajo final de alumnos de 5° año de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad del Nordeste, el cual se denomina “DETERMINACION DEL FLUJO VEHICULAR POR MEDIO DE LA VISION ARTIFICIAL”
- [3]. Wikipedia. Computer Vision

https://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_artificial
- [4] LEARNING OPENCV 3: COMPUTER VISION IN C++ WITH THE OPENCV LIBRARY
GARY R. BRADSKI, ADRIAN KAEHLER
Edit. O'REILLY (2017)
ISBN: 9781491937990