

Detección automática de pasajeros en el transporte público

Sebastián Rojas-Vargas
sebastian.rojas.vargas.rv@gmail.com

Brian Pérez-Ávila
brian.rodrego.perez.avila@gmail.com

Warner Hurtado-Laguna
warner.hurtado.lagu@gmail.com

Manuel Amores-González
amoresgonzalezmanuel@gmail.com

Escuela de Computación San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica

Abstract

The methods of counting people in Costa Rica's public transport are obsolete, the bus bars are not accurate and the companies that provide this service have employees in charge of the manual counting of passengers entering the means of transport, which is a waste of time and money. Therefore, it was proposed to automate the process through the OpenCV library in the python programming language, which processes the video provided by the bus drivers and in the end sends the total number of passengers through a telegram bot. The algorithm was tested in different scenarios to determine its efficiency and thus select it as the process that will contribute to the solution of the problem.

Resumen sobre el documento

Los métodos de conteo de personas en el transporte público de Costa Rica están obsoletos, las barras en los autobuses no son precisas y las empresas que brindan este servicio tienen empleados a cargo del conteo manual de los pasajeros que ingresan al medio de transporte, lo cual es una pérdida de tiempo y dinero. Por ende, se propuso automatizar el proceso por medio de la librería OpenCV en el lenguaje de programación python, el cual, procesa el video brindado por los conductores de buses y al final envía el total de pasajeros por medio de un bot a telegram. El algoritmo fue puesto a prueba en distintos escenarios para determinar su eficiencia y así seleccionarlo como un proceso que contribuirá en la solución del problema.

Palabras claves

Count people, public transport, video cameras, OpenCV.

1 Introducción

Según la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) [20] los casos injustos sobre cobros excesivos

en tarifas de buses superan las 90 quejas en lo que va del año 2019, un control irracional de distancias, una tarifa que no se establece con medidas y un control del flujo de pasajeros diarios son problemas que están afectando el transporte público en Costa Rica. El avanzar de la mano con la tecnología es la mejor manera de obtener resultados con mayor eficacia en los proyectos realizados, por ello el efectuar un transporte público más efectivo y regulado para el país, en cuanto a los cobros y un manejo de datos de cantidad de pasajeros es la prioridad en el transporte costarricense. Las tecnologías de cobros y sistemas para manejar accesos de personas y control de números de pasajeros están en muchos lugares, sin embargo, los datos recopilados por ARESEP y suministrados al gobierno de Costa Rica en cuanto a cantidad de usuarios que utilizan el transporte público de las distintas empresas, lo ofrece la misma empresa que se dedica a brindar el servicio, por ello, no se sabe si las estadísticas que ofrecen son ciertas, pero, de algo si hay seguridad, el control de personas que necesitan del servicio público en el país aun no da los resultados que se deberían de tener, con herramientas tecnológicas el país lograría llevar un control más exacto y por ello lograr contar con esa información para beneficios de cobros e intereses para empresas que ofrecen esos servicios.

El enfoque de este proyecto consiste en realizar un complemento de las dos partes, un sistema que contabilice la cantidad de personas y además ayude en el proceso de reconocimiento de personas para así lograr tener un transporte más seguro y eficiente en cuanto a movimiento de pasajeros y servicios que nos ofrecen esas empresas.

Según [15] en el pasado se usaban sensores activos como láser, LIDAR o radares de onda milimétrica para detectar vehículos o personas. Estos sensores generalmente producen información limitada sobre los parámetros de tráfico. En estos momentos los sensores pasivos son más comunes, ya que se benefician especialmente de videos o imágenes preparadas por cámaras instaladas en las carreteras o en los lugares donde se desee analizar el tránsito. Estos métodos tienen menor costo y mayor rendimiento, lo cual es similar al caso de los

autobuses con las barras ya que no detecta si efectivamente pasó por ella una persona, lo cual genera inconvenientes con el conductor. Además, existen autobuses que poseen cámaras únicamente con el propósito de vigilancia, lo cual es un recurso que no se aprovecha al máximo, debido a esto, se podrían utilizar dichas cámaras para detectar a las personas y así llevar un registro más exacto.

2 Problemática

Falta de métodos tecnológicos para llevar a cabo servicios de cobros más eficientes en buses de transporte público y un control poco efectivo de la cantidad de pasajeros que utilizan el servicio diariamente. Los casos de quejas por estos servicios son muy altos y el país no se preocupa por lograr eliminar estos problemas mediante métodos o sistemas que simplifiquen las estrategias antiguas para sobrellevar estas problemáticas.

La efectuación de la tecnología es una constante que no se puede dejar a un lado a la hora de llevar a cabo un análisis de este índole ya que es de mucha importancia sus atribuciones debido a que estos estudios se realizan a lo largo del día, donde se lleva a cabo un conteo de los pasajeros que utilizaron el servicio. Mediante estos análisis se pueden lograr beneficios para los clientes, como determinar el número de unidades necesarias para ciertos lugares, las horas en las que los usuarios utilizan más el servicio, llevar un control de la cantidad de personas que van de pie y así realizar otros cambios como lo son la renovación de unidades.

Teniendo en cuenta algunos de los beneficios que estas tecnologías nos pueden ofrecer, llegamos al punto principal el cual es la problemática con la que cuenta Costa Rica. Para lograr llevar a cabo mejores controles sobre estos inconvenientes en el transporte público y tener presente que con el análisis realizado en este proyecto se van a conocer mejores opciones para eliminar muchos de los problemas que se presentan en el área de transporte.

Situaciones/consideraciones: Existen diversas situaciones a considerar para llevar un adecuado control de la entrada y salida de pasajeros en el transporte público:

1. Con una variedad de situaciones que ocurren hay que tomar en cuenta las siguientes:
 - El chofer tiene la necesidad de salir del medio de transporte en diversas ocasiones.
 - Un oficial de policía debe de ingresar al autobús por motivos de una revisión.
 - Una madre cargando a su bebé, en este caso, solo hay que contabilizar un asiento.
 - Un vendedor ambulante que aborda el bus estacionado con el fin de vender sus productos.
 - Pasajero que cargue una bolsa de gran tamaño puede atribuir a la suma de un pasajero más debido al tamaño de dicho bolso.

- Una persona puede ingresar rápidamente al autobús y el algoritmo podría no detectarlo.
 - Pasajeros a los que no se les distingue el rostro por la utilización de una gorra o sombrero.
2. A diferencia de los sensores con láser, las cámaras de vigilancia podrán diferenciar a un animal de un humano que requiera hacer uso del servicio de transporte, aunque:
 - Hay personas que pueden entrar cubriendo su rostro, ya sea directamente como en un asalto o indirectamente como sería el utilizar accesorios para la cabeza.
 3. No hay que permitir que las personas vayan de pie mientras el autobús está en movimiento
 - En caso de que esto sucediera, estas personas no tendrían derecho al seguro del Instituto Nacional de Seguros (INS), lo cual el sistema no debe permitir que ingrese una cantidad mayor a la cantidad de asientos del autobús.
 4. La ley costarricense prohíbe el exceso de la cantidad de personas que pueden ir de pie, en los que se permiten sólo 15 personas, se multa a los choferes que incumplan esta ley. Es obligatorio que todos los campos estén ocupados por personas que vayan debidamente sentadas, hay otros problemas que se generan al haber un exceso de personas en los autobuses como:
 - Los conductores al subir más personas de lo permitido a los autobuses, crean incomodidad entre las personas y además arriesga a que ocurra un accidente, ya que se está excediendo la capacidad mínima de pasajeros permitida por la ley.
 - Algunas de veces el chofer no tiene la culpa de que se exceda la cantidad de personas, ya que dicho conteo se realiza de forma manual por el mismo conductor del autobús. Este problema se da principalmente porque esa persona no tiene una herramienta que le ayude a llevar un cálculo más exacto de la cantidad de usuarios que entran y salen en dicho momento.
 - Al haber una sobrecarga en un autobús hay mucha inseguridad ya que los ladrones aprovechan y se hacen pasar por pasajeros, de esta manera roban las pertenencias de muchos usuarios. También aparecen personas, en la mayoría de casos hombres que acosan a las mujeres, tocando o rasándose, aprovechando que el autobús tiene una sobrecarga de personas.

3 Marco Conceptual

- Arduino: En [6] se presenta que es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada

para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

- Raspberry: Según [7] es un microordenador de bajo costo, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas.
- ATmega328: La tienda [22] lo describe como un microcontrolador usado en las tarjetas Arduino UNO, se puede reemplazar el microcontrolador dañado o crear una tarjeta arduino personalizada con este controlador.
- Peripheral Interface Controller (PIC): en [18] explican que son circuitos electrónicos que se pueden programar para llevar a cabo una amplia gama de tareas.
- Graphical User Interface (GUI): en [11] se explica que son componentes interactivos como iconos y otros objetos gráficos que ayudan a un usuario a interactuar con el software de la computadora, como un sistema operativo.
- Altas, Bajas y Modificaciones (ABM): en [13] se comenta que es un sistema mediante el cual las aplicaciones de bases de datos se mantienen actualizadas.
- Layout Proposal Networks (LPN): Se traduce como Redes de Propuesta de Diseño

4 Trabajos relacionados

En base a la problemática mencionada anteriormente las diferentes tecnologías que pueden ayudar a resolver los problemas en cuanto a transporte público en Costa Rica son muchas y sus funcionalidades en algunos casos son muy complejas ya que cuentan con algoritmos realizados para tareas muy específicas, los resultados de este proyecto se van a enfocar en tres áreas, reconocimiento facial, contabilizador de pasajeros y además implementar un cobro más eficiente en las unidades del transporte. El reconocimiento facial [10] implementado con PIC el cual es un microcontrolador programable y ajustando a la interfaz GUI logra llegar a resultados eficientes en cuanto a cerradura de una puerta mediante el reconocimiento facial, analizando fotos tomadas en el momento y comparadas con imágenes guardadas en el sistema, las únicas desventajas de estos sistemas es que cuentan con cámaras de poco alcance.

Según [1, 16, 23, 8, 21, 17], las tecnologías como Arduino, Raspberry, ATmega328, PIC y ATmega32 son los principales aliados para lograr crear estos sistemas, con estos microcontroladores se logran tareas específicas con componentes que ayudan al microcontrolador a realizar otras tareas más específicas.

Analizando [15, 5, 12, 4, 9, 2] muestran distintas tecnologías, algoritmos y métodos que son utilizados por medio de cámaras para el reconocimiento de objetos en

movimiento como los son autos, animales y además personas. Aunque la temática del proyecto no se ve totalmente identificada los procesos utilizados son de gran ayuda para lograr crear ideas de como se puede llegar a reconocer rostros por medio de las cámaras.

En [15] cuentan y clasifican los vehículos según el tamaño para los sistemas de monitoreo de tráfico en carreteras. Para el conteo de vehículos, utilizan una sola línea de conteo. Los vehículos que pasan esta línea se cuentan y se clasifican según su tamaño, además, utilizaron ABM para encontrar candidatos para vehículos en los cuadros de vídeo y verificarlos al verificar la simetría de reflexión. Los resultados experimentales muestran el alto rendimiento del método propuesto y su buena precisión en entornos reales con desafíos comunes existentes en las autopistas, como diversas condiciones de iluminación y clima, sombra, vibración de la cámara y desenfoco de la imagen.

Además, en [5] se planteó administrar estacionamientos en ambientes al aire libre, tomando en cuenta el conteo de vehículos y la gestión del estacionamiento. Para contarlos utilizan características como el color, posición y movimiento para rastrear bien los vehículos a través de diferentes cámaras. Mediante fórmulas matemáticas lograron concatenar las imágenes de las diversas cámaras con el fin de que el sistema pueda visualizar el entorno del parqueo de una forma panorámica.

También, en [12] se indica que los métodos de conteo existentes a menudo no pueden localizar con precisión los objetos objetivo, lo que dificulta una comprensión de alto nivel, para esto se planteó detectar y contar objetos en entornos dinámicos utilizando Redes de propuestas de diseño (Layout Proposal Networks - LPN) y vehículos voladores no tripulados (drones). Para evaluar el método de conteo, presentaron un nuevo conjunto de datos de estacionamiento de automóviles a gran escala (CARPK) que contiene casi 90,000 automóviles capturados de diferentes estacionamientos. Crearon el conjunto de datos de vista de drones más grande hasta la fecha, llamado CARPK. Además, el modelo utilizado puede contar objetos específicamente mejor con el conocimiento previo de los patrones de diseño de objetos. Debido al campo de visión limitado de la cámara, este sistema utiliza múltiples cámaras para monitorear un área amplia de estacionamiento.

En [21, 19, 8] Se crea un dispositivo con la búsqueda de resolver problemas actuales que tienen los sistemas de control vehicular en los estacionamientos, automatizando algunos procesos, la idea es crear un sistema que brinde un mejor servicio a los usuarios. La tecnología va hacia el futuro y es necesario que se creen innovaciones a base de la tecnología, en muchos estacionamientos es necesario contar con cierta cantidad de personal, todo depende de su tamaño. Por lo que los autores deciden crear un dispositivo que utiliza lectores, tipo RFID o tags un display informativo y un servidor con el software de administración. con el software de administración se utiliza un lector RFID en la entrada y salida para identificar los autos a través de los tags, dentro del estacionamiento, también se colocaron lectores RFID para localizar las

posiciones del vehículo dentro del parqueo. Por medio de los display se puede observar la cantidad de espacios disponibles en el parqueo. Este diseño logra identificar los vehículos con el tag. Se puede obtener acceso y la ubicación de vehículo por los datos de un determinado lector. El dispositivo RFID permite identificar los automóviles sin causar ningún tipo de molestia al usuario.

En [14] se enfocaron en el desarrollo de un sistema de software para detectar, rastrear y contar tortugas en movimiento automáticamente en vídeos. Para lograr una alta tasa de reconocimiento de los objetos en movimiento, consideramos tres estrategias de segmentación (SubstractionGrayscale, SubstractionBinarization, Substraction Canny), dos métodos de identificación de objetos (Grayscale Connected, FelzenwalbHuttenlocher) y dos métodos de reconocimiento de objetos (Distancia de objeto más cercana, Cierta coincidencia de reconocimiento). Para tener un número de prueba representativo de objetos en movimiento, utilizaron vídeos con 1661 autos en movimiento. Los mejores resultados del 98.98 por ciento los alcanzaron con la combinación de Detección de bordes de Canny, Grayscale Connected y cierta estrategia de correspondencia de regiones.

En el artículo [4] se crea un sistema de conteo de personas utilizando visión artificial, dónde se propone el uso de redes neuronales y el procesamiento de imágenes para mejorar la seguridad y comodidad de los pasajeros que diariamente viajan en los autobuses de servicio público con estructura electrónica, cámaras que permiten el conteo de los pasajeros para realizar un conteo de las personas que entran y salen de un autobús. En este sistema se utiliza una cámara GENIUS Facecam 1000x, una computadora Procesador: Intel® Core™ i5-5200 U, CPU 2.20Ghz, para el software se utilizó Borland C++ Versión 5.5 y Microsoft Visual Studio 2010. A dicho sistema se realizaron pruebas con una cantidad de 45 pasajeros de la cual se pudo obtener una efectividad del 92 por ciento.

En [23] se busca llevar el conteo de pasajeros que entran y salen en el sistema de transporte público, este sistema lleva a elaboración de la instalación de sensores para el conteo de pasajeros mediante dichos sensores que utilicen la proximidad para laborar. Estos sensores van instalados en las puertas de los autobuses. Los sensores que se utilizan, provienen de un sistema de detección de siluetas para determinar el paso de una persona, estos son colocados en forma de zig zag mediante dos líneas paralelas para deducir la dirección del pasajero.

Es importante aclarar también que muchos componentes no dan los resultados necesarios para una buena implementación del sistema, en [23] anteriormente mencionado se puede ver reflejado el mas claro ejemplo sobre un proyecto con malos resultados debido al hardware utilizado en ellos, por otro lado los microcontroladores utilizados como el Raspberry y el Arduino ofrecieron los resultados esperados, por ello los sistemas deben de confiar en la medida de lo posible en soluciones de hardware

probadas en proyectos específicos para poder confiar en ellos.

Debido a [2] se da a notar el uso de una metodología para el incremento en el desempeño de velocidad a la ahora de reconocimiento facial en tiempo real. En palabras más explícitas se da para acelerar el funcionamiento del sistema. Este método prometedor es conocido como estructura en cascada de clasificadores y a su lado se menciona AdaBoost con histograma LBP el cual es en resumidos términos este histograma ayuda a el reconocimiento de sonrisas.

En [3] con gran relevancia se da a conocer la veracidad y certeza con la que influyen sistemas de control de paso o detección de vehículos en espacios reducidos como lo son los estacionamientos con la ayuda de tecnología de barras de acceso para conocer la entrada y salida de estos automotores, llevando una mejor contabilidad y mejor manejo de la información para conocer dar a conocer las perdidas del factor humano.

Sobre [8] menciona que las soluciones existentes como los sistemas RFID, son caros por el alto costo de mantenimiento del sistema, sobresalta la eficacia que se puede alcanzar al utilizar tecnologías embebidas como lo son los arduinos en implementación de sensores pertenecientes a él, entre estos está el sensor de ultrasonidos y sensor de calor que juntos en un trabajo en equipo deja en claro que es adecuado para detectar un vehículo que entra y que sale de un estacionamiento, de la forma que se da a entender el uso he implementación de este sistema embebido se puede confirmar que sin importar los entornos y la adaptación a otros lugares en los cuales los sistemas puedan trabajar, funcionan de una forma igualmente eficiente a como se dieron las pruebas en un parqueo.

En [17] se utilizó un dispositivo electrónico que detecta el paso de las personas en un punto fijo, con un software apropiado. Dicho dispositivo ayuda a contar la cantidad de personas que entran o salen de un lugar específico, llevan un control del flujo de personas en tiempo real y genera reportes de ocupación en un determinado lapso de tiempo. Para desarrollar este proyecto se utilizó un microcontrolador atmega 32, sensores pir eléctricos y ultrasónicos, que permiten determinar cuando una persona pasa por un punto específico con la ayuda de un software que ayuda determinar la dirección de paso por dicho punto. La visualización y el manejo de los datos generados por el prototipo se utiliza interfaz gráfica realizada en Visual Basic.net. Este proyecto permite observar que utilizando elementos comunes se puede hacer un contador de personas. Este dispositivo tiene un alto índice de efectividad en sus resultados. Una de las desventajas de este dispositivo es que no puede contar la cantidad de personas cuando entran de manera desordenada, debido que los sensores PIR requieren volver a sus condiciones iniciales para realizar un nuevo conteo. Se recomienda realizar estudios para realizar mejoras para utilizar en autobuses de servicio público.

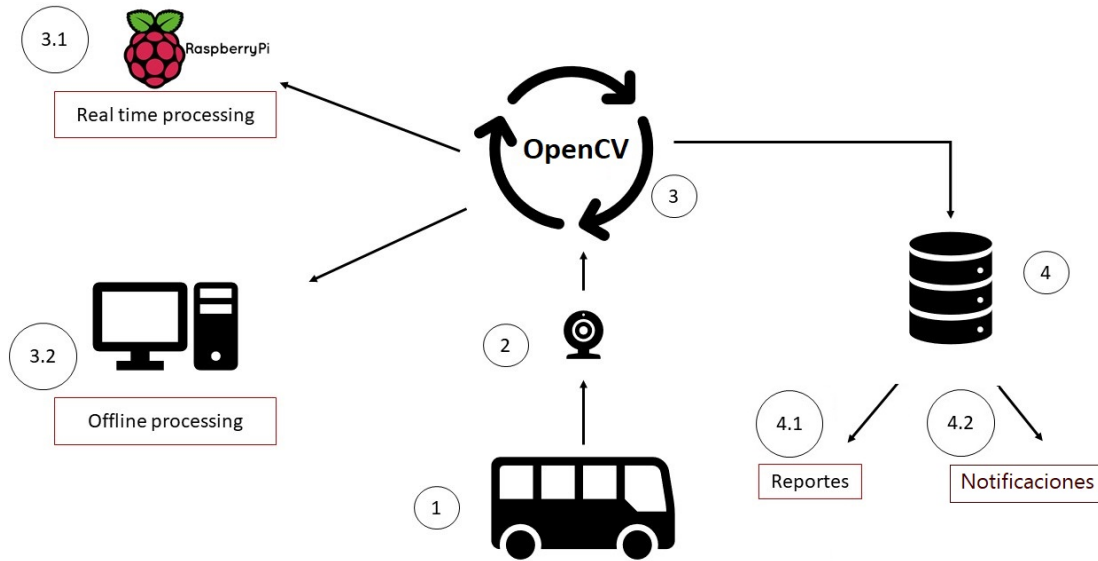


Figura 1: Diagrama de solución

5 Propuesta

La mayoría de autobuses del servicio público en Costa Rica cuentan con cámaras de vigilancia con el propósito de velar por la seguridad de los pasajeros además de vigilar al chofer en su jornada laboral, son componentes que se les pueden dar otros usos aparte de los mencionados anteriormente; por medio de tecnologías como “OpenCV” mencionada en el punto 3 de la Figura 1, las cuales son utilizadas para reconocimiento de objetos, se implementará un sistema el cual ayudará a obtener características que determinen la entrada o salida de pasajeros en la unidad ya sea en tiempo real o desde un ordenador finalizada la jornada en las oficinas de la empresa.

Para el desarrollo de este proyecto se contará con dos propuestas las cuales no están relacionadas directamente entre sí, la primera será la opción de verificar características en tiempo real la cual está identificada en el punto 3.1 de la Figura 1 y en la sección 7 que hace referencia a trabajos futuros y la segunda propuesta consiste en analizar un vídeo brindado por los choferes terminada la jornada laboral, la cual se encuentra en el punto 3.2 de la Figura 1.

5.1 Propuesta de análisis en tiempo fuera de la unidad

Partiendo de esta propuesta, se plantea automatizar el conteo de personas, ya que en la actualidad es realizado por un funcionario que está a cargo de ver los vídeos que fueron grabados durante cierta cantidad de días atrás y contabilizar los pasajeros

manualmente. La persona encargada de este proceso conforme va viendo el video tiene que ir aumentando la cuenta de las personas que ingresan al autobús. Este proceso se lleva a cabo ya sea contando mentalmente o como en la mayoría de los casos dando click a un botón que funciona como contador. Con la ayuda del algoritmo mencionado en la propuesta en el punto 3.2 se analizarán los vídeos suministrados por la empresa y al final de este se brindará la cantidad de personas que ingresaron al bus y el dinero recolectado en caso de ser un viaje rural.

6 Pruebas

Se probó el algoritmo en distintos escenarios debido a que las empresas de buses no brindaron una parte de un video de los pasajeros ingresando al medio de transporte

- El primer escenario fue en una sala, la cámara estaba pegada al techo y trataba de enfocar cada cierto tiempo, por ende no se obtuvieron los resultados deseados.
- Se procesó un video subiendo y bajando escaleras con la cámara a una distancia adecuada, los resultados no fueron exactos, debido a que los contadores de subida y bajada fueron diferentes.
- Finalmente se ejecutó el algoritmo con videos en el escenario deseado con los integrantes ingresando y saliendo del autobús y por poca distancia entre el techo del autobus y el suelo no se logro la distancia para que el algoritmo sirviera de la mejor manera.

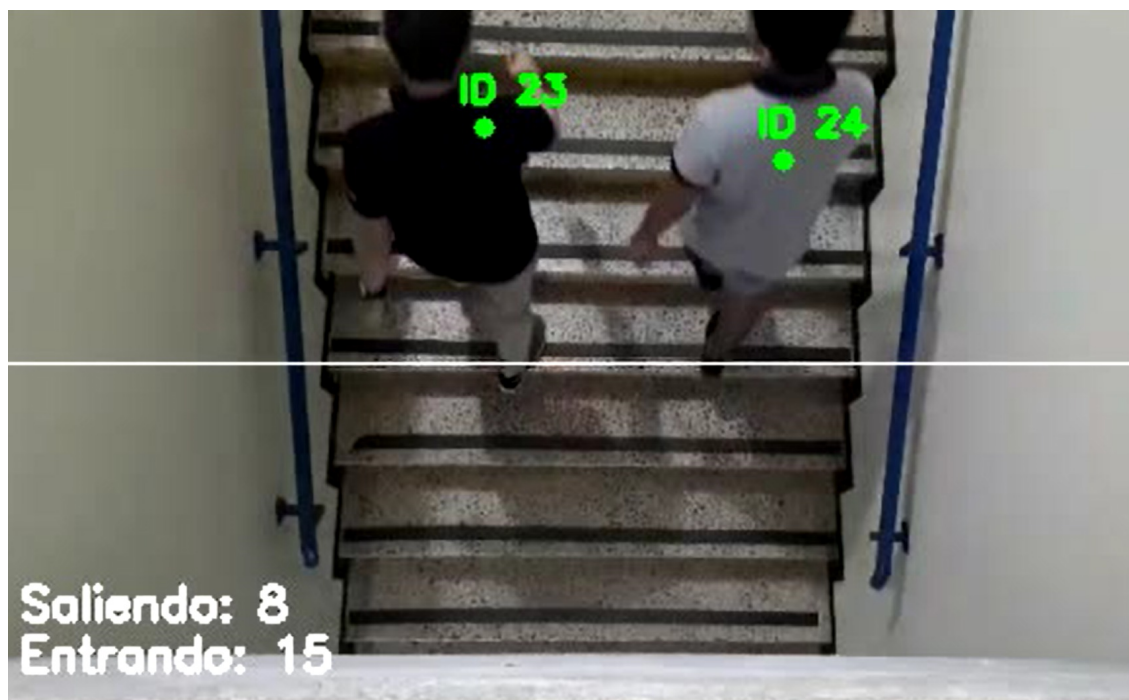


Figura 2: Pruebas software

7 Trabajos futuros

Propuesta de análisis en tiempo real

La posible utilización Raspberry como el micro-procesador que será el encargado de contener el algoritmo que trabajará en el reconocimiento de personas y procesar los datos; las funciones que ofrece la cámara ayudarán al proceso de la Raspberry y está mencionada en el punto 2 de la Figura 1 como dispositivos emisores de imágenes las cuales proporcionan características o actos que indiquen la acción que queremos, la cual es reconocer a las personas entrando o saliendo del vehículo de transporte.

Se dejó como un objetivo posterior el implementar una base de datos ya sea que se utilice SQL o alguna otra base de datos como esta que cumplen las funciones mencionadas en el punto 4 de la Figura 1 como motor de consultas que permita un sobresaliente registro a la hora de generar reportes que ayuden a visualizar más a detalle la rentabilidad que ofrece el sistema.

8 Conclusiones

1. Para el desarrollo de este proyecto se utiliza el lenguaje Python el cual se requiere la librería OpenCV. Esta librería de visión artificial se utiliza para implementar un sistema el cual ayuda con el proceso de tracking de personas en los servicios públicos de un autobús. Se utilizó esta librería ya que ofrece una mejor detección de objetos a la hora de realizar el conteo de personas.

2. Al procesar el video con este sistema se obtienen excelentes resultados, ya que cuando dos personas entran juntas o seguidas una de la otra a un autobús el sistema puede detectar a esas dos personas sin ningún problema y realizar la suma respectiva del conteo de estas. Si la persona se detiene por un momento en las gradas el sistema sigue igual sin aumentar el contador de las personas, esto viene a resolver el problema de las barras.
3. Para el proceso de estos videos se realiza de manera offline, esto se refiere a que el video es analizado luego de haber sido grabado durante el servicio, luego del proceso se envía un mensaje al usuario encargado con los resultados obtenidos durante el día. La parte online realiza el mismo proceso, pero en tiempo real con la ayuda de una raspberry y conectado a un servidor. Esto se deja como recomendaciones a futuro como se puede observar en la parte de trabajos a futuro.

References

- [1] Anthony Gabriel Bricio Rivera, Chisag Montiel, and Alexander Miguel. *Prototipo de un sistema de control de pago de pasajeros en el transporte urbano de la ciudad de Guayaquil utilizando tecnología NFC*. PhD thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas . . . , 2019.
- [2] Byung-Gil Han, Kil-Taek Lim, Yun-Su Chung, and Soo-In Lee. Passenger management system based on face recognition for intelligent transport vehicles. In *2013 Fifth International Conference on Ubiquitous and Future Networks (ICUFN)*, pages 117–118, July 2013.

- [3] Felix Caicedo and Jorge Vargas. Access control systems and reductions of driver's wait time at the entrance of a car park. In *2012 7th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, pages 1639–1644. IEEE, 2012.
- [4] Patricia Anabel Chato Chisaguano. Diseño e implementación de un sistema de conteo de personas para seguridad del transporte colectivo utilizando visión artificial. B.S. thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de . . . , 2017.
- [5] L. Chen, J. Hsieh, W. Lai, C. Wu, and S. Chen. Vision-based vehicle surveillance and parking lot management using multiple cameras. In *2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, pages 631–634, Oct 2010.
- [6] Jose Enrique Crespo. Qué es arduino, 2016.
- [7] Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica. Raspberry pi, 2013.
- [8] O. Dokur, S. Katkoori, and N. Elmehraz. Embedded system design of a real-time parking guidance system. In *2016 Annual IEEE Systems Conference (SysCon)*, pages 1–8, April 2016.
- [9] Fatima Katiuska Farias Rivera and Jessica Anabel Guerrero Guerrero. Implementación de un sistema para el conteo volumétrico de objetos mediante redes neuronales convolucionales. B.S. thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala, 2019.
- [10] H. Hassan, R. A. Bakar, and A. T. F. Mokhtar. Face recognition based on auto-switching magnetic door lock system using microcontroller. In *2012 International Conference on System Engineering and Technology (ICSET)*, pages 1–6, Sep. 2012.
- [11] Computer Hope. What is a gui (graphical user interface)?, 2019.
- [12] M. Hsieh, Y. Lin, and W. H. Hsu. Drone-based object counting by spatially regularized regional proposal network. In *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pages 4165–4173, Oct 2017.
- [13] Glosario Informatico. Abm - sección bd/programación.
- [14] J. Johannes Philipps, I. Bönning—ger, M. Weigert, and J. Vásquez. Automatic tracking and counting of moving objects. In *3rd IEEE International Work-Conference on Bioinspired Intelligence*, pages 93–97, July 2014.
- [15] S. Kamkar and R. Safabakhsh. Vehicle detection, counting and classification in various conditions. *IET Intelligent Transport Systems*, 10(6):406–413, 2016.
- [16] D. H. Mrityunjaya, N. Kumar, Laxmikant, S. Ali, and H. M. Kelagadi. Smart transportation. In *2017 International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, pages 1–5, Feb 2017.
- [17] Cutucumbá Nepas, Boris Patricio, Quinga Quisphe, and Amparo Leonor. Diseño y construcción de un prototipo contador de personas para sitios cerrados, utilizando sensores pir (pyroelectric infrared radial) y sensores de ultrasonido. B.S. thesis, QUITO/EPN/2011, 2011.
- [18] World Association of Technology Teachers. What is a pic microcontroller? what can it do?, 2010.
- [19] G. Paolini, D. Masotti, and A. Costanzo. A portable rfid reader augmented with tracking capabilities for indoor monitoring of people. In *2017 International Applied Computational Electromagnetics Society Symposium - Italy (ACES)*, pages 1–2, March 2017.
- [20] Autoridad reguladora de los servicios publicos. Estadísticas de viajes en transporte publico, 2019.
- [21] Jorge Martin Ríos Vidalón. Diseño de un sistema de control vehicular basado en el acceso de espacios libres y ubicación en estacionamientos usando rfid. 2011.
- [22] Naylamp Mechatronics SAC. Microcontrolador atmega328 de atmel avr, 2013.
- [23] RICARDO SEBASTIÁN VALENCIA LUNA. Algoritmo de conteo de pasajeros por medio de sensores infrarrojos para el transporte público metropolitano. 2018.