

Análisis de viabilidad y diseño de un sistema electrónico para el seguimiento de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta

Viability Analysis and Design of an Electronic System for Monitoring Population Dynamics in the City of Cúcuta

Carlos Vicente Niño Rondón¹
Sergio Alexander Castro Casadiego²
Byron Medina Delgado³
Dinael Guevara Ibarra⁴

^{1,2,3,4}Grupo de Investigación y Desarrollo en Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. Email: ¹carlosvicentenr@ufps.edu.co, ²sergio.castroc@ufps.edu.co, ³byronmedina@ufps.edu.co, ⁴dinaelgi@ufps.edu.co

 OPEN ACCESS



Copyright:© 2020 Ingenierías USBMed. La revista *Ingenierías USBMed* proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia creative commons Atribución- no comercial- SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Tipo de artículo: Investigación científica y tecnológica.

Recibido: 07-12-2019.

Revisado: 02-04-2020.

Aprobado: 09-04-2020.

Doi: 10.21500/20275846.4489

Referenciar así: C. V. Niño, S. A. Castro, B. Medina and D. Guevara. “Análisis de viabilidad y diseño de un sistema electrónico para el seguimiento de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta,” *Ingenierías USBMed*, vol. 11, no. 2, pp. 56-64, 2020.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

Conflicto de intereses: los autores han declarado que no existen conflicto de intereses.

Editor: Andrés Felipe Hernández. Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.

Resumen. En este documento se muestran los resultados obtenidos al realizar un análisis de viabilidad y el diseño de un sistema electrónico como aporte para el seguimiento de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta. El análisis de viabilidad se realizó al indagar respecto a la posición de la ciudadanía en lo que compete al comportamiento de la dinámica poblacional, su impacto en la región y la preferencia por el uso de la tecnología como solución de problemas sociales. Asimismo, el diseño del sistema electrónico de procesamiento de señales se realizó seleccionando las herramientas de hardware y software por medio de una matriz de priorización, comparando once factores de interés que permitieron elaborar los algoritmos de detección de personas basado en las técnicas de histograma de gradientes orientados y de sustracción de fondo con extracción de blobs, posteriormente probados con imágenes propias de los autores.

Palabras Clave. Procesamiento de Señales, Histograma de gradientes, Supresión de fondo, Raspberry Pi, Python.

Abstract. This document shows the results of a feasibility analysis and the design of an electronic system for monitoring population dynamics in the city of Cúcuta. The feasibility analysis was carried out by investigating the position of the citizenry regarding the behavior of the population dynamics, its impact on the region and the preference for the use of technology as a solution to social problems. Likewise, the design of the electronic signal processing system was made by selecting the hardware and software tools by means of a prioritization matrix, comparing eleven factors of interest, which allowed to elaborate the algorithms of people detection based on the techniques of oriented gradient histogram and background subtraction with blobs extraction, later tested with the authors' own images.

Keywords. Signals processing, Histogram of gradients, Background suppression, Raspberry Pi, Python.

Nomenclatura

HOG: Histograma de Gradientes.

SVM: Máquinas de vectores de soporte.

I. Introducción

La dinámica poblacional se define como el aumento, disminución o estabilidad en el número de personas que se da en un periodo de tiempo originado por dinámicas naturales y/o dinámicas sociales [1]. San José de Cúcuta es una ciudad colombiana que, por su condición de zona fronteriza, en los últimos años ha padecido los efectos secundarios originados por el aumento desmedido de la población y de la carencia de medidas para contrarrestar esta problemática. Actualmente, los estudios realizados por entidades gubernamentales como el Ministerio de Salud y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística no presentan relación entre los consolidados publicados, ya que entre ellos existe una diferencia de 134.218 personas, un número elevado si se tiene como referencia que entre un estudio y otro no existe un tiempo de aplicación mayor a 12 meses [2].

Por otra parte, un análisis de viabilidad hace referencia a la recopilación de información relevante sobre el desarrollo de un proyecto, con el fin de tomar decisiones y determinar si procede su estudio, desarrollo o implementación [3].

Un sistema electrónico para procesamiento de señales permite realizar la representación, transformación y manipulación de las señales y de la información que ellas contienen con utilidad en aplicaciones de visión por computadora, tales como la detección de personas en ambientes controlados y no controlados [4]. Los sistemas electrónicos tienden al uso de herramientas de hardware de alto nivel y de bajo costo, con características que mejoran el rendimiento de los procesos como la tarjeta Raspberry Pi, e igualmente de herramientas de software libre con facilidad de acceso al código fuente, permitiendo la innovación tecnológica como por ejemplo con Python.

La técnica propuesta se basa en el uso de un dispositivo de captura de imagen y conversión a video, con herramienta de hardware de alto nivel y bajo costo, así como de programación realizada en software libre con base en la técnica de Histograma de Gradientes Orientados que proporciona resultados confiables debido a su invariación ante los cambios en la iluminación en el fondo y en las posturas de las personas detectadas [5]. Además, la técnica de Sustracción de Fondo y Extracción de Blobs que permite identificar y diferenciar objetos que se encuentran en una imagen digitalizada [6] para posteriormente visualizar la imagen de video por medio de una computadora.

II. Metodología

Para el desarrollo de la idea propuesta, inicialmente se realiza la revisión de la literatura por medio del estado del arte y se realiza un análisis de viabilidad de la dinámica poblacional. Seguidamente, se seleccionan las herramientas de hardware y software y se realizan los algoritmos de detección para el diseño del sistema electrónico.

A. Estado del arte

Como punto de partida se analizan investigaciones relevantes relacionadas con la detección de personas mediante el uso de técnicas de visión artificial con herramientas tecnológicas de libre acceso para la solución de problemas cotidianos.

Leo *et al.* [7] plantean el uso de encuestas para conocer las perspectivas económicas y sociales de la ciudadanía, relacionando las necesidades del usuario con tareas relativas que se pueden hacer con visión artificial, como por ejemplo el reconocimiento de la actividad humana y la estimación de postura y mirada. Por lo tanto, se propone la encuesta como instrumento para el análisis de viabilidad.

Puri *et al.* [8]; Mistry y Saluja [9] y Vimal Babu *et al.* [10] ilustran en sus desarrollos las utilidades de librerías de código abierto como OpenCV y Numpy en lenguajes de programación multiplataforma como Python. También implementan la distinción de contornos, forma y color en imágenes de video, así como propuestas de preprocesamiento y procesamiento de imágenes mediante filtros para la eliminación de ruido y el aumento del rendimiento del sistema. Con lo anterior se propone el uso de software libre para el sistema electrónico de procesamiento de señales.

Seemanthini y Manjunath implementan procesos de segmentación, seguimiento y extracción de características mediante la técnica de histograma de gradientes orientados, obteniendo fiabilidad en las detecciones cercanas al 90% [11]. Asimismo, Zhang y Xin mediante características de similitud por colores con un clasificador aleatorio alternativo a la máquina de vectores de soporte obtienen rendimientos cercanos al 95% [12]. Por ello, la técnica de histograma de gradientes se plantea como alternativa para la implementación del sistema.

Kim *et al.* [13] proponen un sistema para la detección rápida de personas mediante la técnica de sustracción de fondo, que permite optimizar el costo computacional en comparación a circuitos cerrados de vigilancia en las grandes urbes, obteniendo rendimientos superiores al 82% debido a la cantidad de falsos positivos al momento de la clasificación final. Asimismo, Jeon *et al.* [14] implementan un sistema de sustracción de fondo que, mediante filtrados de niveles de gris, diferenciación de píxeles, acople según el brillo de la imagen y umbralización para las detecciones, permite obtener un porcentaje aproximado de acierto en las de-

tecciones de 93%. Por lo tanto, la técnica de sustracción de fondo se plantea como otra alternativa para la implementación del procesamiento.

B. Análisis de viabilidad

El análisis de viabilidad se realizó por medio de una encuesta en la escala de Likert en la que se indagó el nivel de concordancia de la ciudadanía respecto a cuatro temáticas: el aumento poblacional en la ciudad de Cúcuta de manera desorganizada, la preferencia por las herramientas tecnológicas respecto a los métodos convencionales de seguimiento de dinámica poblacional, las expectativas sobre el uso de la tecnología como alternativa para la solución de problemas de carácter social y las zonas de espacio público en la ciudad de Cúcuta en las que se considera necesaria la toma de medidas para el análisis del crecimiento poblacional.

En la Tabla 1 se muestra la ficha técnica correspondiente a la encuesta aplicada para el estudio de viabilidad del sistema electrónico propuesto.

Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta realizada

Ficha técnica	
Universo de estudio	Mujeres y hombres mayores de 18 años de la ciudad de Cúcuta
Tipo de muestreo	Probabilístico con selección por muestreo aleatorio simple
Tamaño de muestra	100 encuestas
Margen de error	5%
Temáticas indagadas	4
Periodo de trabajo de campo	25 de octubre a 01 de noviembre de 2019

C. Selección de herramientas de Hardware y Software

Por medio de la técnica de matriz de priorización se compararon seis parámetros para hardware y cinco para software requeridos para definir las herramientas que conforman el sistema electrónico propuesto.

En la Tabla 2 se muestran los parámetros comparados y su denotación para la selección de hardware.

Tabla 2. Parámetros de comparación para la selección de hardware

Parámetro	Denotación
Cantidad de pines disponibles	A
Velocidad de procesamiento	B
Disponibilidad de módulos Wi-Fi	C
Capacidad de memoria RAM	D
Variabilidad de los puertos	E
Precio y disponibilidad en el mercado	F

De igual manera, en la Tabla 3 se muestran los parámetros comparados para la selección de la herramienta de software.

Tabla 3. Parámetros de comparación para la selección de software

Parámetro	Denotación
Valor de la licencia	A
Disponibilidad de librerías	B
Interpretación en entornos de desarrollo	C
Especialidad del software en visión artificial	D
Conectividad con ofimática	E

La comparación realizada mediante la técnica de matriz de priorización consiste en fijar un peso global para cada uno de los parámetros y posteriormente compararlos con las opciones de hardware y software, de la siguiente manera: los valores obtenidos se suman definiendo el desempeño de la herramienta para el parámetro en cuestión, cada uno de estos valores se multiplica por el peso del parámetro, obteniendo los valores parciales que al ser sumados uno a uno dan como resultado el subtotal final para cada opción de hardware y software.

La relación de valores para implementar la técnica de matriz de priorización es la siguiente: 10 si la opción es mucho más eficiente, 5 si es más eficiente, 1 si es igual, 1/5 si es menos eficiente y 1/10 si es mucho menos eficiente [15].

D. Algoritmos para la detección de personas

Se elaboraron los algoritmos de detección una vez definidas las tecnologías de hardware y software a utilizar, conociendo así toda la gama de herramientas disponibles para mejorar el desarrollo de los algoritmos en aspectos como el tiempo de respuesta y la interpretación del lenguaje de máquina. Las técnicas estudiadas corresponden al histograma de gradientes orientados y sustracción de fondo con extracción de blobs, comúnmente utilizadas para aplicaciones de identificación, detección y conteo del flujo de personas a través de visión por computadora [5].

La técnica de descriptores de gradientes orientados con histogramas normalizados mediante los píxeles de una imagen se apoya en las máquinas de vectores de soporte como sistema de aprendizaje basado en el uso de hipótesis lineales [6]. El algoritmo realiza modificaciones de color a la imagen para posteriormente ejecutar el cómputo de los gradientes con la clasificación de las celdas de orientación y los bloques espaciales, que con el uso de las SMV mejora el proceso de clasificación y visualización de las personas detectadas en el video analizado.

En la Figura 1 se muestran las instrucciones del algoritmo de histograma de gradientes orientados basado en el estudio realizado por Dalal y Triggs [16].

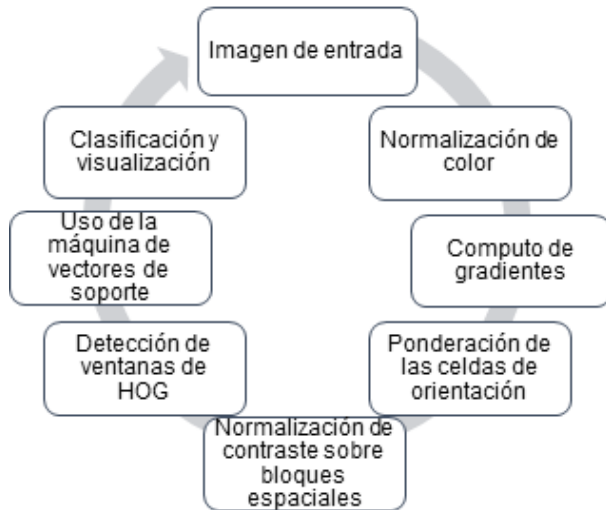


Figura 1. Instrucciones del algoritmo de HOG

Sumando a lo anterior, se realizó un estudio a la técnica de detección de personas por medio de sustracción de fondo y extracción de blobs. Para la detección en movimiento cada cuadro de entrada se compara con un modelo obtenido por los cuadros anteriores y así se determina si clasifica la toma como estática (*background*) o dinámica (*foreground*) [17].

En la Figura 2 se observan las instrucciones del algoritmo de sustracción de fondo y extracción de blobs.

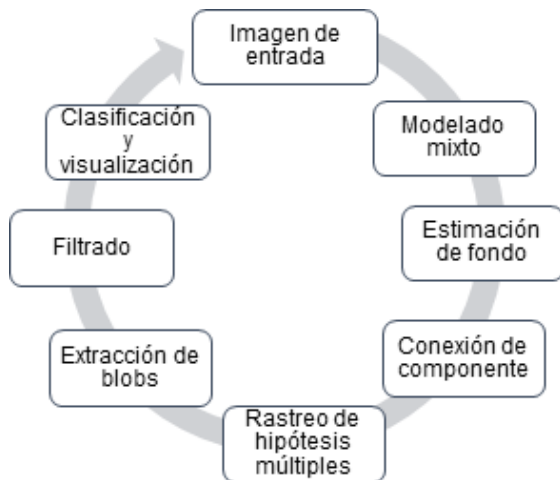


Figura 2. Instrucciones del algoritmo de sustracción de fondo y extracción de blobs [5]

III. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos al realizar el estudio de viabilidad sobre las herramientas tecnológicas en la ciudad de Cúcuta, así como la selección de los instrumentos de hardware y software y la prueba a los algoritmos de detección de personas con imágenes propias de los autores.

A. Estudio de viabilidad

En la Figura 3 se muestran los resultados obtenidos al indagar respecto a la perspectiva del aumento poblacional en la ciudad de Cúcuta y los efectos secundarios que esto conlleva. Con el 91% del valor final la ciudadanía expresa la existencia de la problemática y la necesidad de intervenir en ella.

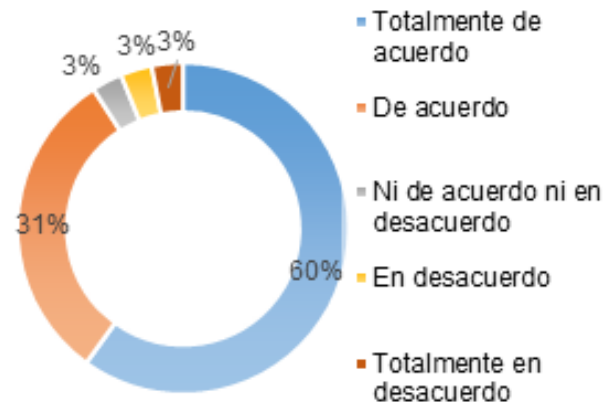


Figura 3. Concordancia respecto a la existencia de la problemática en la ciudad de Cúcuta

Asimismo, en la Figura 4 se observan los resultados obtenidos al indagar acerca de la preferencia por el uso de las herramientas tecnológicas respecto a los métodos convencionales de seguimiento de la dinámica poblacional. Con un 88% del consolidado final la ciudadanía muestra su preferencia por el uso de herramientas tecnológicas.

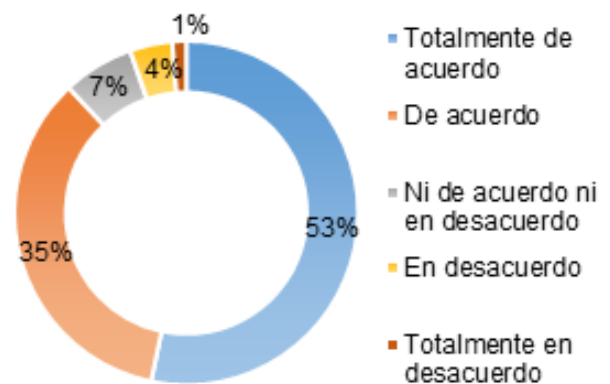


Figura 4. Uso de la tecnología respecto a los métodos clásicos de seguimiento de la dinámica poblacional

En la Figura 5 se observan los resultados obtenidos al indagar respecto al uso de la tecnología como método de solución de problemas sociales en la ciudad de Cúcuta. Con el 80% del consolidado total los ciudadanos muestran confianza en las herramientas tecnológicas y en la fiabilidad de sus aplicaciones.

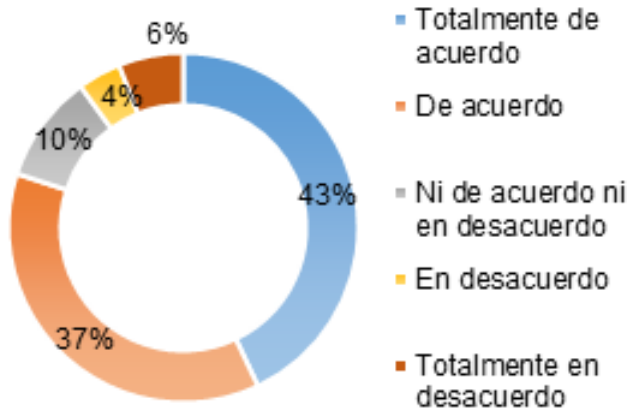


Figura 5. Concordancia respecto al uso de herramientas tecnológicas para la solución de problemas sociales

El estudio de viabilidad finaliza con la obtención del consolidado correspondiente a las zonas de espacio público en la ciudad de Cúcuta, donde según los encuestados es necesaria la implementación de la tecnología que se ha propuesto.

En la Figura 6 se muestran dichas zonas y el número de veces que fue seleccionada por la ciudadanía.

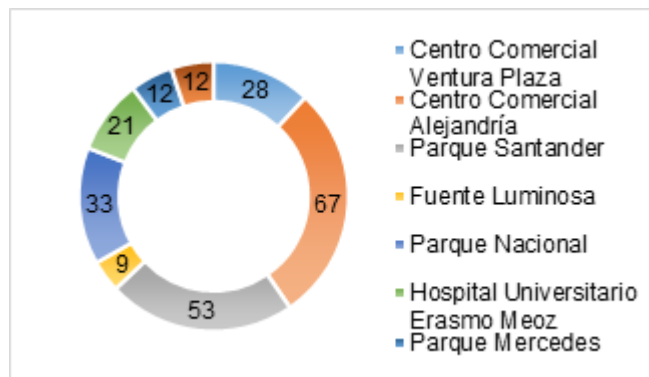


Figura 6. Potenciales zonas de espacio público para la implementación del sistema electrónico

B. Sistema electrónico de procesamiento digital de señales

El sistema electrónico propuesto para el procesamiento de señales consta de un dispositivo para la adquisición de imagen y conversión a video con posterior digitalización. De igual modo, utiliza herramientas de hardware y software para procesar la imagen basado en técnicas para la detección de personas. Esto con el fin de visualizar a las mismas a través de una computadora. El anterior sistema se ilustra en la Figura 7.

Por consiguiente, se seleccionaron las herramientas de hardware y software que obtuvieron el valor de consolidado más alto al comparar los parámetros expuestos en la Tabla 2 para hardware y en la Tabla 3 para software.

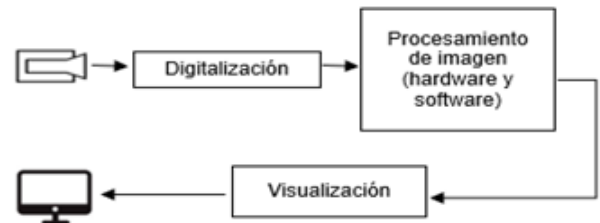


Figura 7. Diagrama de bloques de un sistema de procesamiento de señales

En la Tabla 4 se muestra la matriz de priorización realizada para la selección de hardware, de la que se deduce el uso de la placa Raspberry Pi 3 modelo B+ como la herramienta óptima para el sistema de procesamiento de señales, ya que obtuvo el 54.41% del consolidado final. De igual forma, en la Tabla 5 se observa la comparación para la selección de software de la que se infiere la elección de Python como herramienta a utilizar puesto que obtuvo el 63.35% del consolidado final.

Una vez culminada la selección de tecnologías se realizaron los algoritmos para la detección de personas. En la Figura 8 se ilustra el algoritmo de detección con base en la técnica de histograma de gradientes orientados.

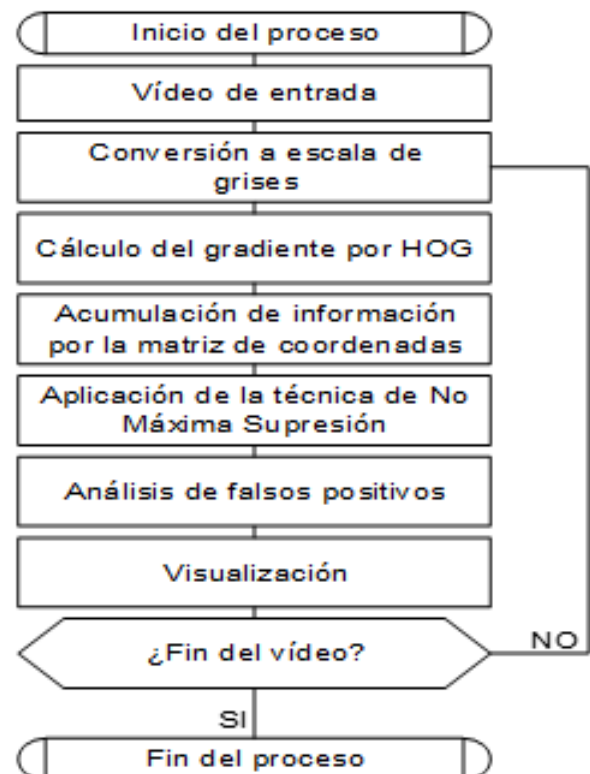


Figura 8. Algoritmo para la técnica de HOG

Para implementar el algoritmo de HOG en Python se necesita importar las librerías de Scikit-image que coleccionan una serie de algoritmos para el procesamiento de imágenes [18]: Matplotlib correspondiente a una biblioteca de trazado en dos dimensiones para gráficos [19],

Tabla 4. Matriz de priorización para la selección de hardware

Selección de la herramienta de hardware							
	A	B	C	D	E	F	Subtotal
Raspberry Pi 3 modelo B+	0.0214	0.6536	0.473	0.5386	0.6945	0.49844	0.5441
Beagle Board	0.5357	0.22	0.473	0.2711	0.1018	0.16822	0.28743
Nexys 2	0.2214	0.0108	0.027	0.1849	0.1018	0.31775	0.11568
Teensy 3.5	0.2214	0.1156	0.027	0.0054	0.1018	0.01559	0.05250
Peso	0.02	0.3056	0.23936	0.23936	0.0226	0.17287	

Tabla 5. Matriz de priorización para la selección de software

Selección de la herramienta de software							
	A	B	C	D	E	Subtotal	
Phyton	0.6944	0.6944	0.028	0.604	0.324	0.63353	
Java	0.1018	0.1018	0.324	0.25	0.324	0.15766	
C#	0.1018	0.1018	0.324	0.056	0.324	0.10485	
PHP	0.1018	0.1018	0.324	0.09	0.324	0.10344	
Peso	0.2721	0.3854	0.034	0.2721	0.028		

Imutils que permite realizar funciones básicas de procesamiento de imágenes para mejorar la visualización [20] y OpenCv que proporciona una infraestructura común para aplicaciones de visión por computadora, aprovechando los más de 2500 algoritmos optimizados [21].

En la Figura 9 se muestra una imagen correspondiente a uno de los autores donde es aplicada la técnica de HOG.

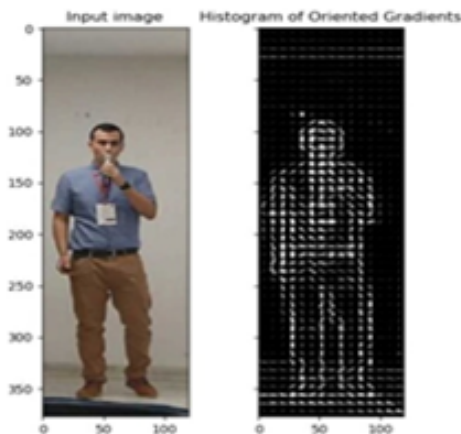


Figura 9. Imagen con aplicación de la técnica de HOG

Igualmente, en la Figura 10 se muestra el algoritmo para la detección de personas con base en la técnica de sustracción de fondo y extracción de blobs.

Implementar el algoritmo para la técnica de sustracción de fondo y extracción de blobs en Python necesita la importación de las librerías anteriormente mencionadas en la técnica de HOG, así como de Numpy, librería utilizada para contener multidimensionalmente datos genéricos [22].

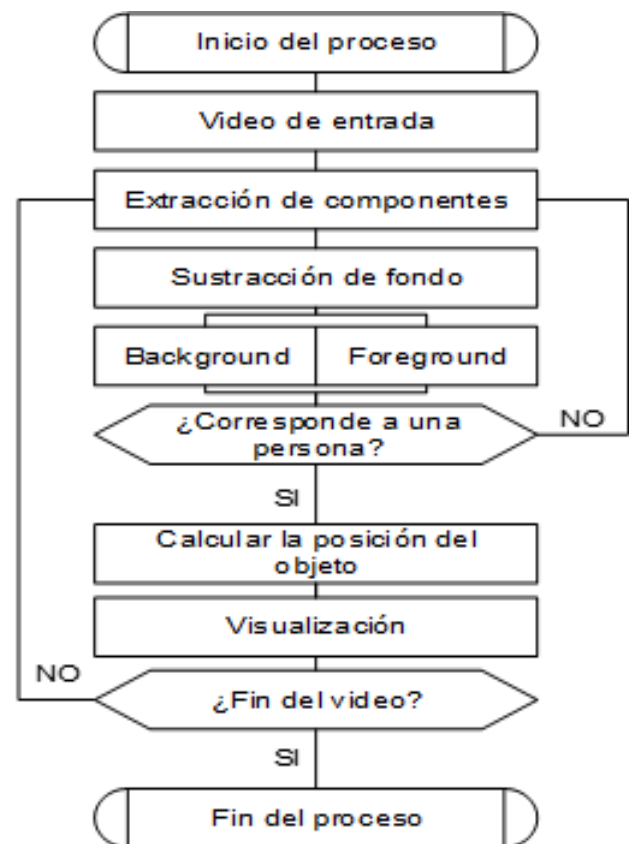


Figura 10. Algoritmo para la técnica de sustracción de fondo y extracción de blobs

En la Figura 11 se muestra una prueba del algoritmo por técnica de sustracción de fondo con una imagen tomada por uno de los autores.



Figura 11. Imagen con aplicación de la técnica de sustracción de fondo y extracción de blobs.

Tanto para la técnica de histograma de gradientes orientados, como para la técnica de sustracción de fondo, se realiza la validación del máximo número de personas a identificar que se encuentren presentes en el mismo cuadro de video. En la codificación de Python se definió que el algoritmo reconoce al objeto detectado como persona en un área total de 2.55 cm^2 . De esta relación es posible inferir que alrededor de 136 personas pueden ser detectadas en el mismo cuadro de la imagen de video paralelo a su procesamiento.

IV. Discusión

En primer lugar, conforme se realizaba el análisis de viabilidad se estudiaban periódicamente los resultados obtenidos del mismo. Esto permitió conocer la tendencia de respuesta a cada una de las temáticas planteadas, permitiendo identificar que el patrón de comportamiento de respuesta no tuvo cambios considerables a lo largo de la aplicación de la encuesta en la escala de Likert. Por esto, es posible considerar fiable el estudio de viabilidad. Así mismo, el coeficiente de Alpha de Cronbach para la encuesta arrojó un valor de 0.709. Dicho valor permite determinar que el planteamiento de las preguntas tratadas en la encuesta es correcto, puesto que su valor es superior a 0.7.

Por otra parte, la selección de herramientas de hardware y software contempla exclusivamente parámetros requeridos para la detección de personas y la mejora de los procesos que conlleva. Por este motivo es necesario cambiar los parámetros a comparar según la aplicación y no definir Raspberry Pi 3 modelo B+ y Python como herramientas para cualquier estudio de inteligencia artificial.

Posteriormente, ejecutar el sistema de procesamiento digital de señales para la detección de personas con las herramientas seleccionadas permite realizar cálculos matemáticos, manipular datos y clasificar la información. Lo anterior es una ventaja respecto a los microprocesadores que no son optimizados para el cumplimiento de las tareas mencionadas.

Las técnicas de detección de personas en las que se basa la investigación son las de mayor aplicación y de mejores resultados en la actualidad. Las imágenes de salida presentan estimaciones acertadas teniendo en cuenta que las imágenes de video de prueba fueron tomadas con dispositivos que no superan los 3 megapíxeles para la técnica de HOG y los 0.3 megapíxeles para la técnica de sustracción de fondo con extracción de blobs, emulando el funcionamiento forzado del sistema debido a una señal deficiente de entrada. La implementación del sistema propuesto tiene como meta el uso de una cámara de Raspberry de 5 megapíxeles con un módulo LED infrarrojo en caso de que se requiera el uso del dispositivo en las horas de la noche, garantizando así los resultados a obtener puesto que se mejora la imagen de entrada tanto en resolución como en alcance.

El sistema electrónico propuesto corresponde a la etapa inicial del proceso de medición de dinámica poblacional, puesto que para implementar dicha propuesta de investigación se requiere de un número mayor de estaciones de medición (placa Raspberry Pi 3B+ y dispositivo de captura) ubicadas estratégicamente en cada una de las zonas mostradas en la Figura 6. De igual forma, se requiere que entre las estaciones de medición haya una comunicación constante para el traspaso de información. Por otra parte, el número de personas detectadas por el sistema de procesamiento de señales es dependiente de la imagen de video de entrada, es por esto que se hace necesario que a la hora de ubicar los dispositivos en las estaciones de medición se tengan en cuenta factores como la altura de ubicación, el ángulo de inclinación de la cámara y el nivel de luminosidad presente en el área de medida.

V. Conclusiones

Con el análisis de viabilidad se obtuvieron tendencias promedio de la percepción de la ciudadanía con respecto al diseño de un sistema electrónico para el seguimiento de la dinámica poblacional. Dichas tendencias fueron del 91% para la necesidad de intervención, 88% en la preferencia de uso de avances tecnológicos y 80% en fiabilidad. Además, se identificaron zonas potenciales para la implementación.

Con respecto al diseño del sistema electrónico se seleccionaron las herramientas de hardware y software, utilizando los resultados al aplicar la técnica de matriz de priorización. Por consiguiente, se obtiene un 54.41% para el computador de placa reducida Raspberry Pi 3 modelo B+ y un 63.35% para el lenguaje Python, permitiendo seleccionarlas como herramientas de hardware y software respectivamente.

Finalmente, se implementaron con éxito las técnicas de HOG y sustracción de fondo con extracción de blobs para la detección de personas. Estas técnicas, presentan un tiempo de respuesta en el software de 2,5

segundos desde que se inicializa la imagen de video, comprobando la velocidad de procesamiento como el parámetro relevante de la tarjeta Raspberry Pi 3 modelo B+ y su facilidad de adaptarse al lenguaje Python, el cual presenta una amplia gama de comandos y librerías disponibles e implementación de software libre para procesos de visión por computadora.

VI. Trabajos futuros

Del análisis de viabilidad aplicado, así como del éxito obtenido en las pruebas de las técnicas de detección de personas, se propone la implementación del sistema ubicando estaciones de medición en zonas estratégicas de la ciudad con interconexiones entre las mismas y contemplando características espaciales como altura, ángulo de ubicación del dispositivo de captura de video y nivel de luminosidad presente en las zonas de medición, para realizar aportes en la variabilidad de la dinámica poblacional en la ciudad de Cúcuta.

Referencias

- [1] A. Hernández, “El estudio del crecimiento de las poblaciones humanas,” *Papeles de población*, no. 10, pp. 17–20, Ene-Mar. 1996.
- [2] Diario la Opinión. “Cifras del censo no les cuadran a alcaldes del área metropolitana de Cúcuta,” 2019. [Online]. Available: <https://www.laopinion.com.co/economia/cifras-del-censo-no-les-cuadran-alcaldes-del-area-metropolitana-de-cucuta-182061#OP>. [Access: 28-nov.-2019].
- [3] J. Castañeda and A. Macías, “Guía metodológica para la elaboración de un estudio de factibilidad. Estudio de caso: fabricación y venta de barras de cereal.” Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2016.
- [4] J. Vignolo, *Introducción al pensamiento digital de señales*. Valparaiso, Chile: Universitarias de Valparaiso, 2008.
- [5] A. Garcia and W. Moreno, “Sistema de conteo automático de flujo de personas por medio de visión artificial.” Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia, 2016.
- [6] W. Ledezma, “Maquinas de soporte vectorial (svm) para la detección de nódulos pulmonares en tomografía axial computarizada (tac).” Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2012.
- [7] M. Leo, G. Medioni, M. Trivedi, T. Kanade, and G. M. Farinella, “Computer vision for assistive technologies,” *Comput. Vis. Image Underst.*, vol. 154, pp. 1–15, 2017.
- [8] R. Puri and A. Gupta. “Contour, Shape & Color Detection using OpenCV-Python,” *Int. Conf. Big Data, Comput. Sci. Inf. Technol. Int. Conf. Big Data, Comput. Sci. Inf. Technol. (ICBDCSIT)*, Chandigarh, India, vol. 5, no. 3, pp. 4–6, 2018.
- [9] K. Mistry and A. Saluja, “An introduction to opencv using python with ubuntu,” *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 65–68, 2016.
- [10] U. Vimal, M. Ramakrishna, M. Nagamani, and S. Kumar, “Opencv libraries for benzene image processing applications using python programming,” *Int. J. Recent Technol. Eng.*, no. 4, pp. 807–813, 2019.
- [11] K. Seemanthini and S. S. Manjunath, “Human detection and tracking using hog for action recognition,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, pp. 1317–1326, 2018.
- [12] M. Zhang and M. Xin, “Human detection using random color similarity feature and random ferns classifier,” *PLoS One*, vol. 11, no. 9, pp. 1–13, 2016.
- [13] C. Kim, J. Lee, T. Han, and Y. M. Kim, “A hybrid framework combining background subtraction and deep neural networks for rapid person detection,” *J. Big Data*, vol. 5, no. 22, 2018.
- [14] E. S. Jeon et al., “Human detection based on the generation of a background image by using a far-infrared light camera,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, pp. 6763–6788, 2015.
- [15] C. Vidal, J. Bravo, E. Cajiao, and P. Meza, *Guía metodológica para la priorización de proyectos*. Cali, Colombia: Sello Editorial Javeriano, 2012.
- [16] Z. Qu, Y. Jin, and J. Feng. “Fast Human Detection Using Dynamic Contour and Histograms of Oriented Gradients,” *Appl. Mecha. Mate.*, vol. 347-350, pp. 3600-3603, 2013. [Online]. Available: [10.4028/www.scientific.net/amm.347-350.3600](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.347-350.3600).
- [17] L. Gervasoni, J. D’amato, R. Barbuzza, and M. Vénere, “Un método eficiente para la sustracción de fondo en vídeos usando gpu,” *Mec. Compu.*, vol. 33, pp. 1721–1731, 2014.
- [18] S. Van der Walt et al. “Scikit-image: image processing in Python,” *PeerJ*, vol. 2, p. e453, 2014. [Online]. Available: [10.7717/peerj.453](https://doi.org/10.7717/peerj.453).
- [19] J. Johansson, P. Nation, and F. Nori. “QuTiP 2: A Python framework for the dynamics of open quantum systems,” *Computer Physics Communications*, vol. 184, no. 4, pp. 1234-1240, 2013. [Online]. Available: [10.1016/j.cpc.2012.11.019](https://doi.org/10.1016/j.cpc.2012.11.019).
- [20] C. Cásares, N. Farías, N. García, and A. García. “Procesamiento de imágenes de plantas ornamentales multi-escala para calcular su crecimiento,” *3C TIC: Cuad. desarr. apli. TIC*, vol. 6, no. 3, pp. 10-25, 2017. [Online]. Available: [10.17993/3ctic.2017.57.10-25](https://doi.org/10.17993/3ctic.2017.57.10-25).

- [21] H. Alhamzawi, “Faces and eyes detection in digital images using cascade classifiers,” *Comput. Eng. Appl. J.*, vol. 7, pp. 57–66, 2018.
- [22] S. Van der Walt, S. Colbert, and G. Varoquaux. “The NumPy Array: A Structure for Efficient Numerical Computation,” *Comp. Sci. Eng.*, vol. 13, no. 2, pp. 22-30, 2011. [Online]. Available: 10.1109/mcse.2011.37.