

IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS A TRAVÉS DE VISIÓN POR COMPUTADOR PARA MONITOREO DE INVENTARIOS EMPLEANDO UN DRON

Identification of objects through computer vision for inventory monitoring using a drone

Andrés Felipe Forero

<https://orcid.org/0000-0002-7584-086X>.

Corporación Universitaria Republicana, Bogotá, Colombia, aforerog@urepublicana.edu.co

Yuny Duván Beltrán Salcedo

<https://orcid.org/0009-0006-4613-4671>.

Corporación Universitaria Republicana, Bogotá, Colombia, yd.beltran@urepublicana.edu.co

Evelyn Garnica Estrada

<https://orcid.org/0000-0002-6205-7817>.

Corporación Universitaria Republicana, Bogotá, Colombia, egarnicae@urepublicana.edu.co

RESUMEN

El presente artículo se enfoca en el desarrollo de un sistema de monitoreo utilizando la tecnología de visión por computadora y drones, para facilitar la gestión de inventarios en empresas y almacenes, lo cual es una actividad que requiere un esfuerzo humano considerable y a menudo es propenso a errores. Este proyecto busca abordar estos desafíos utilizando un enfoque innovador que combine la capacidad de los drones para recorrer grandes áreas con la precisión de los algoritmos de visión por computadora para identificación, monitoreo y conteo de elementos en tiempo real, proceso que reduce los costos operativos y mejora la precisión y la velocidad del proceso, lo cual garantiza mayor seguridad y efectividad.

Palabras clave: Inventarios, visión por computador, Drones, monitoreo, identificación.

ABSTRACT

This article focuses on the development of a monitoring system using computer vision and drone technology, to facilitate inventory management in companies and warehouses, which is an activity that requires considerable human effort and is often prone to mistakes. This project seeks to address these challenges using an innovative approach that combines the ability of drones to roam large areas with the precision of computer vision algorithms for identification, monitoring and counting of elements in real time, reducing operational costs, improving precision and speed of the process, guaranteeing greater safety and effectiveness.

Keywords: Inventories, computer vision, Drones, monitoring, identification.

1. INTRODUCCIÓN

La identificación e inspección de objetos representa una de las aplicaciones más destacadas de la visión por computadora, lo que ha impulsado notables avances en diversos campos. Esta tecnología ha sido fundamental en la automatización, monitoreo y control de una amplia gama de áreas, pues ofrece aplicaciones y soluciones innovadoras en sectores industriales, de vigilancia e identificación, así como en entornos de asistencia bajo condiciones controladas [1].

El rápido avance de las capacidades de los sistemas computacionales y de las cámaras ha posibilitado la implementación de técnicas y algoritmos altamente eficaces para el proceso de identificación y reconocimiento de patrones. Estas innovaciones han permitido su aplicación en diversos sistemas de control de calidad en los procesos de producción, con el potencial de mejorar y optimizar significativamente dichos procesos [2]. Este artículo tiene como objetivo presentar una propuesta para la implementación de un sistema de visión por computadora en los procesos logísticos, centrado específicamente en el monitoreo de inventarios.

Si bien es cierto, el recurso humano está en la capacidad de realizar las actividades de monitoreo y seguimiento de inventarios; sin embargo, factores como el cansancio, estrés, el deterioro de la visión, la distracción y en los casos de trabajo en alturas, el riesgo de realizar esta labor, hacen que las personas no sean el recurso más óptimo para llevar a cabo la tarea de monitoreo de inventarios. Una ventaja de la tecnología, y en este caso los sistemas basados en visión por computador, es que no presentan estas dificultades, y pueden ser un apoyo para el recurso humano [3].

El monitoreo y control de inventarios es usado para controlar el flujo de productos que entran y salen de una organización. Cada empresa maneja de forma autónoma las estrategias para realizar los inventarios.

En Colombia existe un gran número de empresas e instituciones que carecen de un sistema de control en las estanterías de las bodegas, y actualmente manejan su monitoreo y control de inventarios de forma manual; por tanto, se generan fallas en la gestión de la administración de activos, problemas de seguridad, entre otros.

El proyecto se realiza con el fin de buscar una solución tecnológica para las empresas en el control y manejo de sus inventarios, para minimizar los riesgos en trabajo en alturas, disminuir tiempo de verificación de inventarios y generar una aplicación funcional en la Corporación Universitaria Republicana., específicamente en el laboratorio de logística del programa de Ingeniería Industrial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Visión por computador

La visión por computador también conocida como visión técnica o visión artificial se ha definido como “un campo de la inteligencia artificial que, mediante la utilización métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender las imágenes del mundo real, se puede producir información numérica o simbólica para que puedan ser interpretados computacionalmente” [4].

Los sistemas de visión por computador generalmente son usados para cuantificar las características físicas de un objeto, de manera automática sin intervención humana, a través de medios ópticos como, por ejemplo, las cámaras, con el objetivo de extraer

información del objeto [5].

“La visión por computador surge en la década de los 60 del siglo pasado con la idea básica de conectar una cámara de video a un computador; esto implicó no solo la captura de imágenes a través de la cámara sino también la comprensión de lo que estas imágenes representaban”. [6].

El trabajo que marcó el inicio de la visión por computador, fue un programa llamado “mundo de microbloques” creado por Larry Roberts en 1961, el creador de ARPAnet: El programa constaba de, “un robot que podía ver técnicamente una estructura de bloques sobre una mesa, analizar su contenido y reproducirla desde otra perspectiva, demostrando así que esa información visual que había sido mandada al ordenador por una cámara, había sido procesada por él” [6].

A partir de esta década, las técnicas empleadas en visión artificial se han desarrollado aceleradamente gracias al avance de los sistemas computacionales, lo que ha permitido la generación de nuevos algoritmos para identificación, detección y reconocimiento de objetos con diferentes tipos de iluminación y variables físicas en el ambiente.

Las actividades de la visión artificial se basan fundamentalmente en dos áreas: el procesamiento de imágenes digitales, que tiene como fin describir y reconocer el contenido de una imagen digital; esta área se enfoca en el análisis y manipulación de imágenes digitales para extraer información útil o realizar acciones específicas; incluye técnicas como filtrado de imágenes, segmentación, detección de bordes, eliminación de ruido y mejora de imágenes, todo esto, con el objetivo tener las características fundamentales de una imagen, lo que puede incluir identificar objetos,

reconocer patrones o segmentar áreas de interés [7].

Y, por otro lado, está la visión computacional, que se centra en el desarrollo de algoritmos especializados y sistemas de hardware, que facilitan la interpretación y comprensión del contenido visual de manera similar a como lo hace el ser humano. Esto implica dotar a las máquinas de la capacidad de analizar imágenes, reconocer objetos, entender la profundidad y la perspectiva, realizar seguimiento de movimientos y tomar decisiones basadas en la información visual recibida. En esencia, la visión computacional busca simular la visión humana en sistemas informáticos [6][8].

Ambas áreas, procesamiento de imágenes y visión computacional están estrechamente relacionadas y se complementan entre sí, ya que el procesamiento de imágenes digitales proporciona las herramientas y técnicas necesarias para analizar y manipular imágenes, mientras que la visión computacional utiliza estos resultados para permitir que las máquinas interpreten y comprendan el mundo visual que las rodea; es así como estas áreas forman la base de la visión artificial.

De acuerdo con lo anterior, la captura de imágenes se hace mediante cámaras y su posterior tratamiento a través de técnicas de procesamiento digital de imágenes, que consiste en tomar una imagen y producir una versión modificada para mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información [4].

2.2 Drones

Los drones, “también conocidos como vehículos aéreos no tripulados (UAV), son aeronaves controladas de forma remota que no requieren un piloto humano a bor-

do para su operación” [9]. Estas aeronaves pueden ser controladas de forma manual por un operador o pueden volar de forma autónoma siguiendo rutas preprogramadas. Los drones con cámara se emplean para la captura de imágenes y videos, el mapeo y la inspección de terrenos, la entrega de paquetes, la vigilancia y el monitoreo, entre otros.

Para las aplicaciones de monitoreo e inventarios se requiere un dron indoor (para interiores), basado en una estructura ligera, con propulsores o hélices giratorios con motores eléctricos que generan la fuerza necesaria para que el dron se eleve y se mueva en el espacio de operación.

Los drones poseen un sistema de control de vuelo, responsable de procesar las señales de los sensores y los comandos del piloto o del sistema de navegación automática, además de controlar los motores para mantener la estabilidad y la dirección del dron, junto con los sistemas de navegación y posicionamiento que les permiten determinar su ubicación en el espacio tridimensional y seguir rutas predefinidas o comandos del piloto.

Esto puede incluir receptores GPS, sistemas de navegación inercial (INS) y sensores de posición [10].

2.3 Gestión de inventarios

El término inventario significa la confirmación o verificación del tipo de existencias del cual dispone una empresa mediante un recuento de los materiales existentes [11]; en ese sentido, la gestión de inventarios se refiere al proceso de supervisar y controlar el flujo de mercancías o productos en una empresa [12], lo que implica todas las actividades relacionadas con la adquisición, almacenamiento, seguimiento y venta de

inventario, para garantizar que la cantidad adecuada de productos esté disponible en el lugar correcto y en el momento adecuado [11], al mismo tiempo que se minimizan los costos asociados con el almacenamiento y la obsolescencia.

La gestión efectiva de inventarios es crucial para el éxito operativo y financiero de una empresa, ya que puede tener un impacto significativo en la satisfacción del cliente, los costos de almacenamiento y los márgenes de ganancia [13]. Una gestión de inventarios eficiente puede ayudar a mejorar la operación, reducir los costos y aumentar la rentabilidad global de una empresa [14].

Al emplear tecnología en la gestión de inventarios se puede mejorar la planificación de la demanda, optimizar el control de Inventarios para evitar excesos o faltantes, lo cual facilita la rotación de productos para evitar la obsolescencia y garantizar que los productos más antiguos se vendan antes de que caduquen o se vuelvan obsoletos. Por otra parte, se facilita el control de calidad al poder hacer inspecciones periódicas para garantizar la calidad y la integridad de los productos almacenados, así como para identificar y eliminar productos defectuosos o dañados.

3. METODOLOGÍA

El proyecto propuesto se abordó mediante investigación descriptiva y experimental, enfocado a un problema real, con el fin de describir, interpretar y entender la naturaleza de la gestión de inventarios y la aplicación de alternativas tecnológicas, con el fin de generar una solución escalable en diferentes tipos de industrias.

El proyecto se abordó en cuatro fases:

1. Documental: investigación teórica y estado del arte de los sistemas de inventario actuales.
2. Análisis de Requerimientos: identificar las necesidades y objetivos del sistema de monitoreo de inventarios, que incluyen la frecuencia de monitoreo, el tamaño del área por cubrir, los tipos de productos por identificar, etc. Definir los criterios de éxito y los indicadores clave de rendimiento KPI (por su sigla en inglés) para evaluar la efectividad del sistema.
3. Selección y adquisición de equipos: investigar y seleccionar el dron adecuado para las necesidades del proyecto, considerando factores como el alcance de vuelo, la duración de la batería, la capacidad de carga útil y las características de la cámara.
4. Programación del dron: generación de rutinas programadas para que el vehículo funcione de forma autónoma.
5. Visión artificial: aplicación de técnicas de visión artificial para el reconocimiento de productos desde el dron.
6. Integración de estrategia logística, programación del dron y técnica de detección y reconocimiento de objetos.
7. Pruebas y Validación: realizar pruebas en entornos controlados para validar el funcionamiento del sistema en diferentes condiciones de iluminación, tipos de productos y escenarios de inventario.

4. DESARROLLO

El sistema de identificación y conteo de objetos para monitoreo de inventarios se fundamentó en el desarrollo de un sistema de inventario de bodega del Laboratorio de Logística de la sede de ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana.

Figura 1. Laboratorio de Logística.



En la estantería se tienen cajas con productos del laboratorio marcadas con adhesivos de color blanco, que fueron utilizados para detectar y contar los elementos a partir de las capturas de cámara del dron.

El dron empleado de referencia CoDrone es fabricado por Robolink [15], una empresa dedicada a la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) [16] que se especializa en proporcionar herramientas y recursos para enseñar programación y robótica en el aula [16].

Se eligió este dron por su tamaño y peso reducidos, que le permite volar en interiores; además tiene alta compatibilidad con lenguajes de programación avanzados como Python. Por otra parte, está equipado con una variedad de sensores y capacidades de vuelo, lo que permite manejar la estabilidad de vuelo, la detección de obstáculos y el seguimiento de la posición.

4.1 Sistema de captura

Se empleó un dron con cámara Petrone el cual fue programado en Python con las rutinas de movimiento para desplazarse en-

frente de la estantería y así realizar la captura de las imágenes.

Figura 2. CoDrone con cámara Petrone [15]



4.2 Procesado de imágenes

Existen diversas herramientas para trabajar procesado de imágenes; para este caso se utilizó el entorno de desarrollo PyCharm junto con las librerías de OpenCV y Petrone_V2.

Python es un lenguaje de programación interpretado, interactivo y orientado a objetos. Tiene una sintaxis muy simple y amigable y, además, es un lenguaje de programación potente y de propósito general [17].

OpenCV es una biblioteca multiplataforma libre de visión artificial originalmente desarrollada por Intel [18], que tiene como objetivo proveer una infraestructura de visión por computador fácil de utilizar que ayuda a los programadores a desarrollar aplicaciones 'sofisticadas' de CV (Computer Vision) rápidamente, y además permite visualizar datos fácilmente y extraer información de imágenes y videos, ya que tiene funciones de captura y presentación de imágenes [19].

Petrone_V2 es una librería para tener comunicación y acceso con la cámara petrone integrada en el dron.

Pasos por seguir:

1. Instalar Python (desde 2.7.10)
2. Instalar PyCharm
3. Abrir PyCharm IDE Luego ir a DefaultSettings> PythonInterpreter.
4. Seleccionar la versión instalada de Python en el Paso 1.
5. Instalar los paquetes Open CV, numpy, matplotlib y petrone .
6. Reiniciar PyCharm.

Para iniciar con la identificación de objetos se emplearon los siguientes pasos:

1. Conexión con la cámara en tiempo real
2. Configurar características iniciales (captura de video)
3. Convertir la imagen capturada a escala de grises
4. Aplicación de filtro para eliminación de ruido
5. Aplicación del detector de bordes
6. Búsqueda de contornos
7. Presentar resultado en pantalla

El código inicia con la importación de la librería OpenCV:

```
import cv2
```

Luego, se generó la conexión de la cámara bajo el protocolo de transmisión en tiempo real (Real Time Streaming Protocol) que establece y controla el flujo sincronizado de datos, en este caso de video. RTSP utiliza el puerto de la cámara IP. Para hacer la captura de video se llamó de la siguiente forma:

```
cap = cv2.VideoCapture('rtsp://192.168.100.1/cam1/mpeg4')
```

Luego se establece la altura y ancho de la ventana en donde se desplegará el video capturado por la cámara:

```
w = cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH);
```

```
h = cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT);  
fourcc = cv2.VideoWriter_fourcc(*'XVID')  
out = cv2.VideoWriter('outputVideo.avi',  
fourcc, 20.0, (int(w), int(h)));
```

Una vez está lista la captura, se inicia un while, que condicione el proceso mientras exista una captura cuadro a cuadro.

```
while (cap.isOpened()):  
ret, frame = cap.read()  
cv2.imshow('Video Frame', frame)
```

Luego se convierte la imagen obtenida a color a escala de grises con el método cv2.cvtColor de la siguiente manera:

```
gris = cv2.cvtColor(frame,  
cv2.COLOR_BGR2GRAY)
```

Seguidamente se realiza un filtro a la imagen, para lo cual conviene realizar un suavizado Gaussiano para reducir el ruido y suavizar la imagen, preservando al mismo tiempo las características importantes. Este método se basa en la convolución de la señal o la imagen con un filtro Gaussiano. El método cv2.GaussianBlur() admite 3 parámetros:

- La imagen debe estar en escala de grises.
- El kernel o máscara de convolución. Este debe ser impar. Se emplea una matriz de 13x13.
- Es necesario considerar que, si el kernel es demasiado grande, se hará un suavizado muy intenso y la imagen tendrá menos detalles.
- El último parámetro es sigma (σ) que significa la desviación estándar en el eje X, es decir, la anchura de la campana Gaussiana, por defecto se deja a 0. Esto hace que el método ponga el valor más adecuado de forma automática.

```
gauss = cv2.GaussianBlur(gris, (13, 13), 0)  
cv2.imshow("suavizado", gauss)
```

Una vez se tiene la imagen o captura de video filtrada, para facilitar el reconocimiento de objetos, la segmentación de regiones, entre otras, se han desarrollado variedad de algoritmos que ayudan a realizar el reconocimiento.

Se utilizó el algoritmo de Canny [19] para realizar el proceso de detección de todos los bordes existentes en una imagen; mediante el empleo de máscaras de convolución y basado en la primera derivada es posible obtener los contornos que, básicamente, se constituyen como una zona de píxeles en las que existe un cambio de nivel de gris.

El algoritmo de Canny consiste en tres pasos [20]:

- Obtención del gradiente: en este paso se calcula la magnitud y orientación del vector gradiente en cada píxel.
- Supresión no máxima: en este paso se logra el adelgazamiento del ancho de los bordes, obtenidos con el gradiente, hasta lograr bordes de un píxel de ancho.
- Histéresis de umbral: en este paso se aplica una función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se pretende reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos.

El algoritmo de Canny se define de la siguiente forma:

```
canny = cv2.Canny(gauss, 150, 300)
```

```
cv2.imshow("canny", canny)
```

El método cv2.Canny. Admite 3 parámetros:

Gauss: antes de aplicar Canny, es común aplicar un filtro Gaussiano para suavizar la imagen y reducir el ruido. Por lo tanto, gauss suele ser la imagen de entrada.

150: este parámetro es el umbral mínimo. Canny utiliza dos umbrales para determinar cuáles píxeles pertenecen a bordes y cuáles no. Este valor representa el umbral mínimo, y cualquier gradiente de intensidad de píxel por debajo de este valor se descartará como no siendo parte de un borde.

300: este parámetro es el umbral máximo. Cualquier gradiente de intensidad de píxel por encima de este valor se considera definitivamente como parte de un borde. Los píxeles con gradientes de intensidad entre el umbral mínimo y el umbral máximo se clasificarán como bordes solo si están conectados a píxeles que están por encima del umbral máximo.

Una vez se tienen los bordes, se buscan los contornos con el método `cv2.findContours()`.

```
(_, contornos, _) = cv2.  
findContours(canny.copy(), cv2.RETR_  
EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
```

Solo se detectan los bordes externos con el argumento: (`cv2.RETR_EXTERNAL`) y se hará una aproximación para eliminar los píxeles redundantes del contorno (`cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE`).

Luego se escribe en pantalla el número de objetos encontrados gracias a la búsqueda de los contornos.

```
print("He encontrado {} objetos".  
format(len(contornos)))  
suma=len(contornos)+len(contornos)  
print ("el total de objetos encontrados es")  
print (suma)
```

Luego se dibujan los contornos sobre la imagen original con el método `cv2.drawContours()`.

```
cv2.drawContours(frame, contornos, -1,  
(0, 0, 255), 2)  
cv2.imshow("contornos", frame)
```

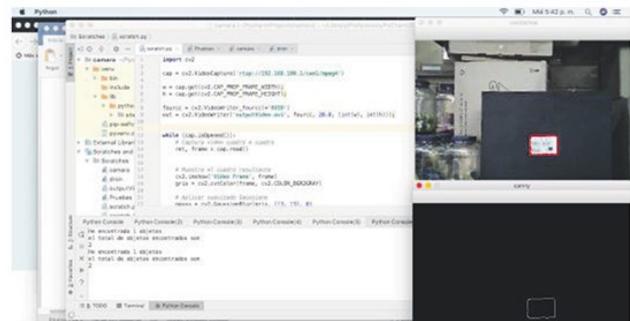
Con este código se tiene la identificación de objetos de forma autónoma mediante la cámara del dron.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Dentro del ambiente del laboratorio de logística se tiene la estantería con cajas y otros objetos, en donde se logra realizar la identificación y conteo de las cajas que tienen el adhesivo.

En tiempo de ejecución se aprecia el número de objetos encontrados, la suma que muestra el total de objetos encontrados y la imagen del producto.

Figura 3. Vista ejecución (identificación y conteo de cajas)[15]



Además del conteo de objetos, el sistema pudo capturar imágenes de los productos identificados, lo que permite una verificación visual de los resultados obtenidos.

El sistema demostró eficacia en la identificación y conteo de las cajas con el adhesivo deseado, lo que sugiere su capacidad para agilizar y automatizar el proceso de monitoreo de inventarios en entornos logísticos.

Se observó que el sistema es fácil de usar y proporciona información clara y precisa so-

bre el estado del inventario, lo que facilita la toma de decisiones por parte del personal encargado de la gestión de inventarios.

Los resultados obtenidos muestran que el sistema de monitoreo de inventarios apoyado por un dron es efectivo para identificar, contar y visualizar objetos en tiempo real en un entorno de laboratorio, lo que sugiere su potencial para mejorar la eficiencia y precisión de la gestión de inventarios en diversos contextos industriales.

6. CONCLUSIONES

Las capacidades computacionales brindan la oportunidad de automatizar una amplia gama de tareas cruciales para la toma de decisiones. A través de la visión por computadora, es posible automatizar tareas repetitivas de inspección que tradicionalmente son realizadas por operadores humanos, como lo son: controles de calidad de productos, inspecciones de objetos sin necesidad de contacto físico, y la posibilidad de llevar a cabo la inspección del 100% de la producción, lo que garantiza una calidad total, todo ello a una velocidad superior [19]. Emplear tecnologías emergentes a este tipo de aplicaciones, no solo reduce los tiempos de procesamiento, sino que también aumenta la seguridad y ofrece otras ventajas significativas [21].

El sistema desarrollado demostró su eficacia en el entorno del laboratorio de logística, pues logró identificar y contar con precisión las cajas que tenían el adhesivo requerido. Estos resultados confirman que

la combinación de tecnología de drones y visión por computadora tiene el potencial de ser una herramienta poderosa para mejorar la gestión de inventarios, lo cual ofrece una solución precisa y confiable.

El éxito alcanzado en un entorno controlado sugiere que el sistema tiene un gran potencial de aplicación en diversas industrias y entornos logísticos que requieran un monitoreo preciso y en tiempo real de los inventarios.

Sin embargo, tras la validación y las pruebas realizadas, surgieron recomendaciones asociadas tanto al hardware como al software. En cuanto al hardware, se observó que la duración limitada de la batería podría ser un problema, ya que el movimiento y la captura de video consumen energía [22], lo que lleva a una rápida descarga de las baterías. En cuanto al software, se identificó la necesidad de seleccionar cuidadosamente el entorno de desarrollo más adecuado para trabajar con Python, OpenCV y Petrone. Después de una fase inicial de búsqueda y pruebas, se optó por utilizar PyCharm debido a su compatibilidad con la librería de Petrone.

Además, al realizar pruebas en el laboratorio, se notó que las cajas podían parecer diferentes bajo diversas condiciones, como cambios en la iluminación o el color, así como en la dirección de observación. Por lo tanto, es crucial manejar los contrastes y las condiciones de luminosidad en el ambiente donde se aplique el sistema de identificación para garantizar su efectividad y precisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Pajares and J. M. Cruz, *Visión por computador. Imágenes Digitales y Aplicaciones*. 2a Edición. España, RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones. 2007.
- [2] J. A. Somolinos Sánchez, *Avances en robótica y visión por computador*. España, Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2002.
- [3] J. A. Cortés, F. A. Medina, J. A. Mendoza. Sistema de visión por computador para el control de calidad en la producción. *Revista Scientia et Technica*. Vol. 2, Núm. 45 (2010). DOI: <http://dx.doi.org/10.22517/23447214.389>
- [4] M. Domingo, *Visión por Computador*. Departamento de Ciencia de la Computación Universidad Católica de Chile Santiago de Chile Disponible en: <http://dmery.sitios.ing.uc.cl/Prints/Books/2004-ApuntesVision.pdf>. 2004.
- [5] L. Flores, B. Neupane, M. Rivera, P. Sibal, UNESCO, H. Xianhong, *El Aporte de la Inteligencia Artificial y las TIC Avanzadas a las Sociedades del Conocimiento: Una Perspectiva de Derechos, Apertura, Acceso y Múltiples Actores*. N.p., UNESCO Publishing, 2021.
- [6] S. Marchand-Maillet and M. Sharaiha, *Binary Digital Image Processing a Discrete Approach*, Academic Press, San Diego, California, 2005.
- [7] R. Shun. *Sistemas de Visión Artificial, Historia, Componentes y Procesamiento de Imágenes*. Summary. 2016.
- [8] N. L. Fernández. *Introducción a la visión artificial*. Universidad de Córdoba. Escuela Politécnica Superior. Máster de sistemas inteligentes. 2016.
- [9] F. Sabry, *Vehículo Sin Tripulación: Tecnologías emergentes para aeronaves, vehículos, submarinos y barcos sin tripulación para agruparse y tomar decisiones en paz y guerra sin necesidad de interacción humana*. Mil Millones De Conocimientos, 2022.
- [10] M. Hassanalain, A. Abdelkefi, Classifications, applications, and design challenges of drones: A review, *Progress in Aerospace Sciences*, Volume 91, 2017, Pages 99-131, ISSN 0376-0421, <https://doi.org/10.1016/j.paerosci.2017.04.003>[11] P. P. Meana Coalla, *Gestión de inventarios*. España, Ediciones Paraninfo, S.A, 2017.
- [12] J. López, *Gestión de inventarios*. España, Editorial Elearning, S.L., 2014.
- [13] M. Espejo, *Gestión de inventarios*. España, Marge Books, 2022.
- [14] C. J. Vidal, *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Colombia, Universidad del Valle, 2010.
- [15] Codrone, Robolink. <https://www.robolink.com/products/codrone-pro>
- [16] Colombia Aprende, ¿Qué es STEM? <https://especiales.colombiaaprende.edu.co/rutas-tem/definicion.html>
- [17] I. Challenger-Pérez, Y. Díaz-Ricardo & R. Becerra-García, El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, XX (2), 1-13. 2014.
- [17] A. Canny, Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), pp. 679-698 (1986).
- [18] OpenCV, de © Copyright equipo de OpenCV, 2018. <https://opencv.org/about.html>
- [19] A. Canny, Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), pp. 679-698, 1986.

- [20] J. Valverde Rebaza, Detección de bordes mediante el algoritmo de Canny. Escuela Académico Profesional de Informática Universidad Nacional de Trujillo, 2014. https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Valverde-Rebaza/publication/267240432_Deteccion_de_bordes_mediante_el_algoritmo_de_Canny/links/548dd1ae0cf225bf66a5f636/Deteccion-de-bordes-mediante-el-algoritmo-de-Canny.pdf
- [21] MEN Gobierno de España, Visión Artificial. Aplicación práctica de la visión artificial en procesos industriales. 2012. http://visio-nartificial.fpcat.cat/wp-content/uploads/UD_1_didac_Conceptos_previos.pdf
- [22] A. Bermúdez, P. Ramírez, Y. Herrera y W. Olaya Romero, Propuesta de mejoramiento de la seguridad mediante drones en la ciudad de Bogotá (Project Selantrophus), RIM-CI, vol. 9, n.º 17, pp. 105-115, ene. 2022. <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2022.v9.n17.a115>