

“SISTEMA DE VISUALIZACIÓN ARTIFICIAL DE
CLASIFICACIÓN DE ESPÁRRAGOS EN UNA
EMPRESA PROCESADORA Y EXPORTADORA
DE ESPÁRRAGOS FRESCOS”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERA INDUSTRIAL

Forma: Artículo científico

Autores:

Nathaly Daniela Castillo Alva
Xiomara Alejandra Soto Lozada

Asesor:

Mg. Ryan Abraham León León
<https://orcid.org/0000-0002-0599-0141>

Trujillo - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	NAPOLEÓN JAUREGUI NONGRADOS	32853299
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	ODAR ROBERTO FLORIÁN CASTILLO	18103325
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	RYAN ABRAHAM LEON LEON	40475723
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Nathaly Castillo y Xiomara Soto

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2 %
2	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
3	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	1 %
4	nanopdf.com Fuente de Internet	1 %
5	www.redalyc.org Fuente de Internet	1 %
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1 %
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1 %
8	laccei.org Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1 %

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios, por permitirnos poder cumplir con el objetivo de culminar satisfactoriamente la carrera universitaria de Ingeniería Industrial, a nuestros padres que fueron testigos del esfuerzo y dedicación, siendo el apoyo para seguir adelante como futuras profesionales y a todas nuestras familias que son el soporte moral para seguir cumpliendo nuestros objetivos. A nuestro asesor, que nos brindó sus conocimientos y experiencias para poder realizar una buena investigación.

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres por la fortaleza en este proceso universitario.

A la universidad por permitirnos ser profesionales en lo que tanto nos apasiona.

A nuestro asesor y docentes que fueron parte de este proceso integral de formación,
siendo un gran ejemplo para nosotras.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	9
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	14
2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	14
2.2.1. POBLACIÓN	14
2.2.2. MUESTRA	15
2.2.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES	15
2.2.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	18
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	21
CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS	24

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
TABLA 2. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES	15
TABLA 3.TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	16
TABLA 4.RESULTADOS DE PYTHON	18
TABLA 5. TABLA DE PRECISIÓN	20

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE CODIFICACIÓN.....	17
FIGURA 2.CAPTURA DE VIDEO TIEMPO REAL.....	18
FIGURA 3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO	19
FIGURA 4.ARQUITECTURA DE LA VISIÓN ARTIFICIAL.....	19
FIGURA 5.ECUACIÓN DE PRECISIÓN.....	19

RESUMEN

Este trabajo de investigación aplica la visión artificial aplicada a la detección de características específicas de los espárragos, que se destinan a la industria alimentaria. Mediante el uso de visión artificial apoyada en una cámara y el programa Python, esta investigación busca lograr la simulación de la clasificación de los espárragos según dos criterios: color y tipo de punta, buscando ser precisos en el análisis de cada uno de ellos. Para ello se utiliza el lenguaje de programación Python, el cual brinda facilidades para el programador, un programa ideal para su desarrollo. Además, la visión artificial se considera eficiente, trabajando con el análisis de imágenes de espárrago del área de recepción, datos recopilados y lenguaje de programación, que depende mucho de la investigación constante para el funcionamiento de la aplicación. Esta investigación pretende ser implementada para dar una solución a lo que se refiere a la clasificación de los espárragos de acuerdo con los criterios antes mencionados ejecutando con un 95% de eficiencia.

PALABRAS CLAVES: Visión artificial, Espárrago, Algoritmos, Python, programación.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El Perú es un país con gran producción agrícola, es conocido por su diversidad de frutos, tubérculos y hortalizas entre otros, se encuentra entre los países más reconocidos en producción de espárrago anualmente, “encontrándose en el segundo lugar a nivel mundial, ya que pasa por varios procesos de inspección de sanidad y calidad para una certificación, para exportar a países más desarrollados en Estados Unidos y del continente europeo” (Salas E., 2013). El país exporta dos espárragos tanto en conserva y espárragos frescos, los cuales ambos son de presentación blanca y/o verde, determino a través de los años:

La conserva se mantuvo y genero 104 millones de dólares, y por otro lado la presentación de espárragos frescos ascendió a 92 mil toneladas, los departamentos productores de esta hortaliza son Ica, Trujillo y Lima siendo el 60% con terrenos mayores a 5 hectáreas siendo favorecidos por el clima de la costa del Perú. (Báez J., & Alonso M., 2008).

Para los años siguientes tuvo un desenvolvimiento inestable, “teniendo caídas en 2007, 2012 y 2017 con leves porcentajes en todo el periodo del 5%” (Báez J., & Alonso M., 2008), pero generando “545 millones de dólares con exportaciones de un 45% Ica, la libertad con 43%, seguido de Lambayeque, Ancash y Lima” (Sanchis, F., 2015), quienes aportan a la sostenibilidad del país.

Teniendo en cuenta resultados de los últimos meses, de acuerdo al cierre del año 2020 sumarían 140,499 toneladas por US\$ 422 millones, la demanda incrementó de 10% en volumen y valor posicionando al Perú nuevamente como el principal proveedor de la hortaliza en el mundo, quedando en segundo lugar en el ranking de proveedores (Harris, CR, et al., 2020). La calidad e inocuidad de nuestros productos es un factor determinante para los

mercados internacionales, es primordial para permitir la exportación de esparrago (Virtanen, P., 2020). El manejo de la actividad de muestreos e inspecciones de calidad se realizan de forma manual dentro de la planta identificando aspectos como puntas de tipo A, B y C (Challenger, I., Díaz, Y., & Becerra, RA, 2014). Por esta razón, la implementación de herramientas digitales a través de imágenes que identifiquen en menor tiempo siendo una forma automatizada como una solución óptima para la identificación de estas características del estado del esparrago para su exportación, contribuyendo a minimizar los errores por los expertos de calidad en extensos periodos de muestreo en el hallazgo de las características presentadas (Orduz, J., & Lozano, G., 2015).

En una de las tesis investigadas de Gamonal Chanco, A (2020), menciona que el esparrago de exportación debe cumplir con diferentes requisitos, por ello la solución más eficaz para una clasificación automatizada de esparrago fue la integración de un sistema automatizado. En las pruebas realizadas se logró un porcentaje de acierto del 97.5% de la red neuronal artificial para la clasificación de esparrago, demostrando que es factible la implementación de la visión artificial en diferentes empresas exportadoras.

Por otro lado, el siguiente trabajo de investigación de Heredia, E., & Palomino, L. (2020), demuestra que la implementación del sistema de visión artificial permitió determinar la calidad de las mandarinas de acuerdo con la clasificación que se realiza según los atributos de: tamaño, forma, color y daño y/o defecto exterior. El método consiste en determinar la distancia euclidiana del valor en el espacio RGB de cada píxel de la imagen segmentada, con respecto a cada centroide de las clases. Finalmente, se asigna cada píxel a la clase correspondiente cuya distancia euclidiana es la mínima según Solem, J. (2012) menciona en su libro. Obteniendo resultados positivos que comprueban exitosamente el funcionamiento

del sistema diseñado, teniendo una exactitud de 93.3% y el tiempo de respuesta del algoritmo de 0.3 segundos para determinar la clasificación de cada mandarina.

Según Juanazo Paucar, F. A. (2019) en su investigación mencionaba que los dispositivos para capturar imágenes digitales que pueden determinar características físicas de los frutos se puede definir como una gran herramienta la cual les permite a los seres humanos acercasen más a un mundo digital que permitirá sacar el máximo provecho de su entorno. El desarrollo de un SVA inicia con la selección de la cámara a utilizar considerando las especificaciones de diseño de una aplicación, las cuales dependen directamente del tipo de información a adquirir así lo menciona Galipienso, A., Isabel, M., Cazorla Quevedo, M. A., Colomina Pardo, O., Escolano Ruiz, F., & Lozano Ortega, M. A. (2003) en su libro "Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación".

Asimismo, Martín, M. (2013) en su investigación indica que hay otros métodos utilizados que son invasivos como penetrómetro, el cual determina la resistencia a la penetración o tenderómetro que mide la resistencia al corte de las frutas. Además, se pretende desarrollar un sistema portable para la identificación del estado de maduración de forma no destructiva directamente en las plantaciones. Así lo manifiesta Moya Anegón, F., Solana, V. H., & Bote, V. G. (1998) en la tesis "La aplicación de Redes Neuronales Artificiales (RNA)", donde plantea el desarrollo de un sistema en tiempo real, para la inspección visual automática ; El cual permite una inspección al 100% de los productos de manera confiable, acelerando el tiempo empleado en la verificación visual de los defectos , disminuyendo la posibilidad de errores humanos y los costos que conllevan una entrega de producto en malas condiciones.

En su investigación Constante, P., Gordón, A. (2015), menciona que en el análisis de resultados se obtuvo que en el sistema de clasificación existe un porcentaje de reconocimiento del 92,5% correspondiente a las 40 imágenes de frutas y Acuña, M. (2020). menciona que la implementación de la visión artificial permitió que se pueda procesar el color, el tamaño y la madurez o defecto del limón.

Se puede apreciar que los procesos que realiza el Sistema de visión artificial en el área de calidad de las rosas son en tiempo real y la confiabilidad es de un 80%. El proyecto cumple con los objetivos propuestos como son clasificación por largo de tallo, discriminación por tamaño del botón mediante visión artificial y un HMI amigable de los resultados obtenidos de rosas detectadas correctamente así lo menciona Bonilla, V., Hidrobo, S. (2014) en la investigación realizada en la empresa Bosqueflowers.

A continuación, se describe la metodología empleada en este trabajo de investigación, para determinar el estado de maduración de los espárragos mediante técnicas de procesamiento de imágenes.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se tiene como variable independiente al Plan de mejora basado en herramientas de ingeniería industrial, mientras que la variable dependiente son los costos.

La investigación asumió el diseño pre experimental denominado: Pre - test y post - test sin grupo testigo, donde existe un punto de referencia inicial que permite observar cual es el comportamiento de la variable dependiente antes del estímulo. El resultado es determinado con los valores de cambio después de aplicar la simulación.

Secuencia:

Tabla 1. Diseño de la investigación

G_m	O_1	X	O_2
Muestra	Pre - test	Propuesta	Post – test

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

G_m : Muestra (Lote de esparrago fresco a muestrear).

X: Estímulo (Variable Independiente, Plan de mejora basado en visión artificial).

O_1 : Pre – Test, Muestra de clasificación de espárragos.

O_2 : Post – Test, Muestreo final automatizado y evaluación de eficiencia

2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. POBLACIÓN

La empresa manufacturera de esparrago fresco verde, cuenta con un producto altamente demandante en exportación, cumplimiento con todos los requisitos de

calidad. Por ello, la población en la investigación son los muestreos fotográficos del área de recepción y calidad.

2.2.2. MUESTRA

La empresa manufacturera de esparrago fresco, realiza tomas a los lotes de materia prima que ingresan al área de recepción y durante el proceso realizado diariamente. Por ende, la muestra de la investigación son la toma de las ultimas 200 fotos registradas.

2.2.3. OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. Operalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Formula	Escala
Sistema de visión artificial de clasificación	Algoritmos matriciales y vectoriales de definición de color y puntas.	Medir	Mask_marrónHSV<10ª Mask_GreenHSV	Razón
		Medir	$Aspect\ Ratio = \frac{Width}{Height} = cv2.arcLength$ cv2.approxPolyDP, = <20°	Razón
Evaluación de precisión de clasificación	Predicciones para la visión artificial son positivas y falsas proporcionadas por la prueba de la programación con imágenes tomadas.	Definir	$Precisión = \frac{T.P.P + T.P.M}{T.E.P + T.E.M}$	Razón

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos se optó por las siguientes herramientas presentadas en la siguiente tabla 3.

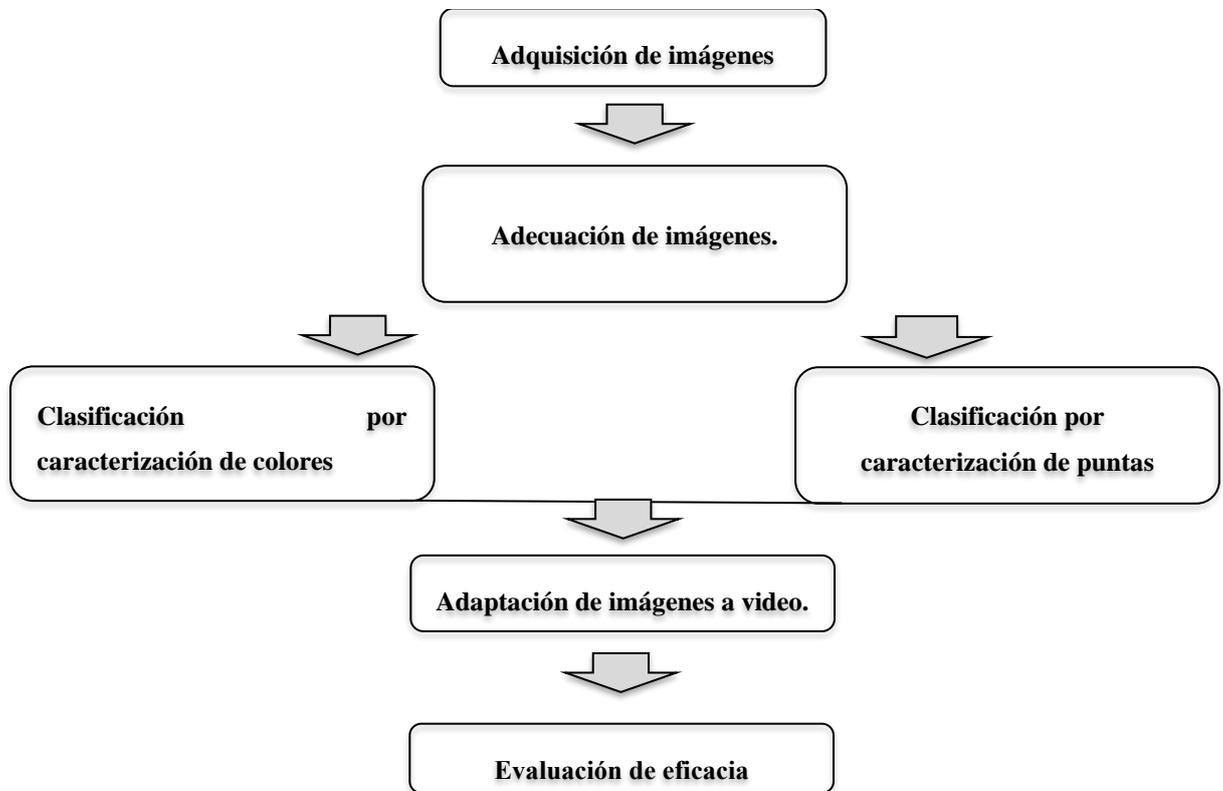
Tabla 3. Técnicas de recolección de datos

Etapa de programación	Objetivos específico	Herramientas	Instrumentos de recolección de datos	Categoría
Adquisición de imágenes	Compilar imágenes y fotos en alta definición para extraer las características del esparrago	Fotografías e imágenes web	Cámara fotográfica Google fotos	Recopilación de datos
Adecuación de imágenes.	Determinar los rangos de colores para detección de imágenes.	Escala de grises	Paleta de tono gris	Espacios de color
		RGB	Escala colores primarios	
Clasificación por caracterización de colores	Generar los algoritmos que clasifiquen y textualize la diferencia entre color verde y marron	HSI	Escala de tono, saturación e iluminación	Biblioteca de ecuaciones.
		Open Cv (cv2)		
		Scipy (ndimage) Numpy (np)		Librería de vectores y matrices.

	referentes al estado de la materia prima			
Clasificación por caracterización de puntas	Generar los algoritmos que identifiquen la clasificación y textualización de puntas.			
Adaptación de imágenes a video.	Demostrar a tiempo real la clasificación y eficiencia del muestreo de calidad en visión artificial.	Phyton	Algoritmo: cv2.CAP_DSHOW Cámara: CAM AVATEC CCM-2201BWFHD-1080P	Desarrollador de programación.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Flujograma del proceso de codificación



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

Se presenta los siguientes resultados del proceso de programación de visión artificial mediante un video (figura 2) a tiempo real por medio de una cámara web (CAM AVATEC CCM-2201BWFHD-1080P) y un fondo blanco, aplicando los algoritmos presentados anteriormente en el proceso de programación en el programa Python, a continuación, presentaremos resultados sobre la visión artificial mediante capturas de video en la tabla 4.

Figura 2. Captura de video tiempo real



Fuente: Programa Phyton.

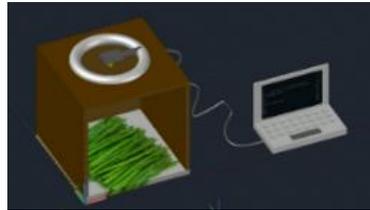
Tabla 4. Resultados de Python

Filtro Comandos	Mask_GreenHSV	Mask_MarronHSV	Mask_puntas	RESPUESTA PYTHON
H(Tono)	44	25		Esparrago
S(Saturación)	241	232		descartado
V(Iluminación)	227	200		
Radio>20			13	Punto circular descartada
Estimaciones	Mask_marronHSV<10° de Mask_GreenHSV		R<20	

Fuente: Propia (Programa Excel).

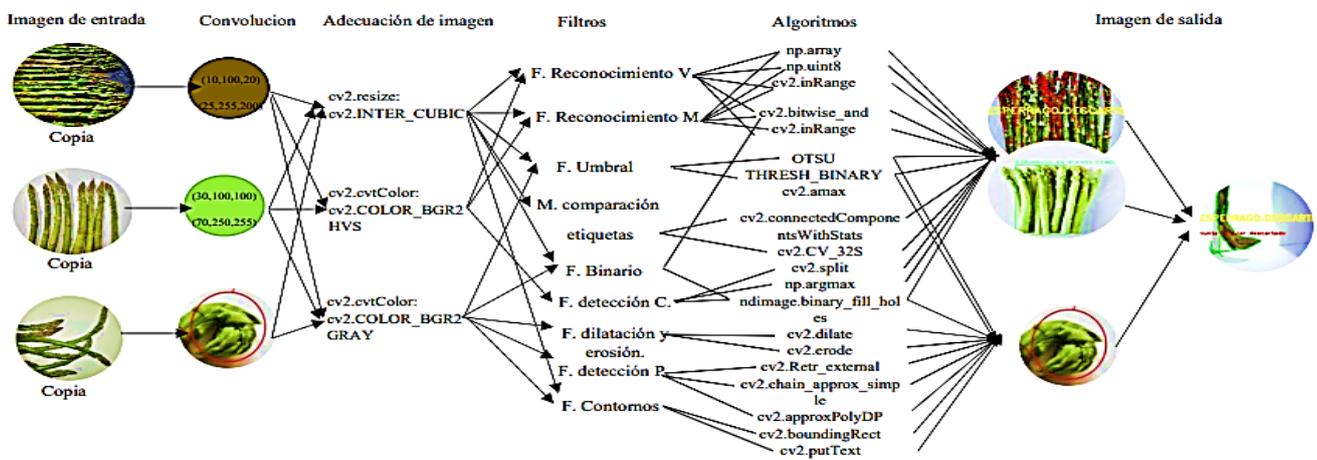
Además, se presenta la estructura del proyecto de investigación en la figura 3 y la arquitectura de la visión artificial utilizada en la figura 4.

Figura 3. Estructura del Proyecto



Fuente: Propio (Programa AutoCAD).

Figura 4. Arquitectura de la visión artificial



Fuente: Propia (Programa Word).

La precisión para la visión artificial se basa en predicciones positivas y falsas proporcionadas por la prueba de la programación con imágenes tomadas al producto, y verificando el resultado. Es decir, es la relación entre predicciones positivas del programa (óptimas) y predicciones generales manuales.

Figura 5. Ecuación de Precisión

$$Precisión = \frac{T.P.P + T.P.M}{T.E.P + T.E.M}$$

Fuente: Serif, T., (Adaptación propia), Google

Predicciones positivas del programa:

T. P. P= Total de espárragos positivamente identificados (imágenes reales-muestra).

T. P. M= Total de espárragos malos identificados (imágenes reales-muestra).

Predicciones generales:

T. E. P= Total de espárragos positivos (manualmente-visual).

T. E. M= Total de espárragos malos.

En la tabla 5, se representa la aplicación de la ecuación de precisión a diversas cantidades de muestras de forma ascendente y sus porcentajes de precisión:

Tabla 5. Tabla de Precisión

Muestra	T.P.P. (Python)	T.P.M (Python)	T.E.P (General)	T.E.M (General)	% Precisión
50 tomas	42	2	45	5	88%
100 tomas	87	6	90	10	93%
150 tomas	134	9	138	12	95%
200 tomas	181	9	188	12	95%

Fuente: Propia (Programa Word).

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Mediante la simulación se pudo comprobar la efectividad de aplicación de la clasificación del espárrago, según su color y la punta bastón. Se menciona, que al aplicar las diferentes muestras el proyecto tiene un porcentaje de presión de 95% el cual no tiene variación por más que se implemente nuevas muestras en comparación con la investigación de Constante, P., Gordón, A. (2015) el cual realizo un diseño e implementación de un sistema de visión artificial para clasificación de al menos tres tipos de frutas. , se puede decir que al aplicar visión artificial en las frutas, la primera fue la fresa de la cual se tomó 40 muestras y tuvo como porcentaje máximo 92.5% , la mora un porcentaje de 92.5% y la uvilla un porcentaje de 90% , evidenciando que la aplicación artificial propuesta obtuvo mejores resultados permitiendo la automatización y minimización de los errores en las áreas de calidad.

Así también, Acuña, M. (2020) menciona en su investigación que la implementación de la visión artificial le permitió poder clasificar el color, tamaño y la madurez o defecto del limón , esto se ve reflejado en los resultados obtenidos , los cuales fueron favorables pero tuvieron fallas en el tamaño lo cual causo la pérdida de tiempo en el área; la implantación de la visión artificial en el la empresa de esparrago fue favorable puesto que no tuvo fallas en la detección de puntas , logrando beneficiar a la producción y avanzando con el proceso puesto que es complicado ya que son programadas con un radio al igual que el limón , además se pudo ver el tiempo de vida y si está contaminado por agentes externos.

En concordancia , con Bonilla, V., Hidrobo, S. (2014) lo que menciona en la implementación de visión artificial en el área de calidad de rosas se llevó a cabo varias pruebas de imágenes pero se tuvo muchos problemas con la segmentación de imágenes

claras , al aplicar el método de HSV no se pudo tener tonalidades buenas y esto causó que las flores no fueran detectadas correctamente ; en este caso nuestra implementación tuvo imágenes claras las cuales nos permitió detectar los colores verde y marrón del esparrago , además de que nuestro rango de colores fue mínimo y se puede identificar a pesar de tener un fondo blanco. En ambas investigaciones se aplicaron algoritmos y la aplicación de las mismas funciones, pero con la diferencia de que nuestros resultados fueron más favorables puesto que en las muestras que realizaron obtuvieron un 80% de eficiencia, obteniendo 15% menos de eficiencia que nuestro proyecto de investigación.

Se tomó en cuenta las investigaciones mencionadas porque son parte del área de calidad, pero en frutas y flores, siendo la implementación de la visión artificial en esparrago un proyecto nuevo que beneficiará a la planta.

CONCLUSIONES

En esta investigación se han podido aplicar diferentes técnicas de visión artificial como son la clasificación de espárragos por color y tipo de punta aplicadas al proceso de exportación de esparrago.

Los algoritmos aplicados permiten detectar el color del espárrago cuando están buen y mal estado, además también nos permitió poder descartar la punta bastón la cual no es usada para el proceso, así este en buen estado.

Los resultados fueron satisfactorios después de a ver realizado las pruebas mostradas anteriormente. La tecnificación en la clasificación de espárragos que prevé mejoras no solo enfocándonos en el tiempo óptimo, si no también preservando y mejorando la calidad del proceso.

En la tabla de precisión se puede evidenciar el porcentaje correspondiente a las simulaciones realizadas, de 50 a 200 tomas, lo que resultó mostrando que a partir de las 150 tomas está la precisión máxima con un 95%.

En conclusión, los procesos visuales en las plantas de exportadoras no son tan eficaces, ya que es un proceso que requiere mayor tiempo y precisión para observar la calidad del esparrago, comparado con la visión artificial; al ser una herramienta digital nos permite minimizar los errores en extensos periodos de muestras cumpliendo con todos los requisitos de calidad y con menor tiempo.

REFERENCIAS

- Salas Blas, Edwin. (2013). Diseños preexperimentales en psicología y educación: una revisión conceptual. *Liberabit*, 19(1), 133-141. Recuperado en 13 de noviembre de 2022, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-48272013000100013&lng=es&tlng=es.
- Báez Rojas, J. J, & Alonso Pérez, M.A. (2008). Uso del sistema HSI para asignar falso color a objetos en imágenes digitales. *Revista mexicana de física E*, 54(2), 186-192. Recuperado en 14 de noviembre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-35422008000200011&lng=es&tlng=es.
- Barea, R, Boquete, L, Bergasa, L. M, & Mazo, M. (2008). Un Programa Interactivo para la Enseñanza de Algoritmos de Procesamiento Digital de Imágenes. *Formación universitaria*, 1(5), 21-28. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062008000500004>
- Sanchis Cases, F. J. (2015). Programación de Aplicaciones OpenCV sobre Sistemas Heterogéneos SoC-FPGA. [En Línea]. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/49507>
- Harris, CR, Millman, KJ, Van Der Walt, SJ, Gommers, R., Virtanen, P., Cournapeau, D. y Oliphant, TE (2020). Programación de matrices con NumPy. *Naturaleza*, 585 (7825), 357-362. [En Línea]. Recuperado de <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2649-2>

- Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, TE, Haberland, M., Reddy, T., Cournapeau, D., & Van Mulbregt, P. (2020). SciPy 1.0: algoritmos fundamentales para la computación científica en Python. *Métodos de la naturaleza*, 17 (3), 261-272. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32015543/>
- Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, RA (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*, 20 (2), 1-13. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181531232001.pdf>
- Orduz Rodriguez, J. J., & Lozano Mantilla, G. A. (2015). Diseño de un sistema de visión artificial para la revisión del nivel de llenado de bebidas embotelladas. Universidad Andina de Cuzco. Recuperado de <http://repositorio.uac.edu.co/jspui/handle/11619/1371>
- Gamonal Chanco, A. E. (2020). Diseño de un sistema por visión artificial para determinar la calidad de mandarinas. Universidad tecnológica del Perú. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3986>
- Heredia, E., & Palomino, L. (2020). Análisis del comportamiento de las exportaciones de espárragos frescos en el mercado internacional y su impacto en el PBI agropecuario peruano durante 2007-2019. Universidad San Ignacio de Loyola. Recuperado de <https://repositorio.usil.edu.pe/items/f0e826f8-123d-422b-ae3c-6d6959fa313c/full>
- Solem, J. (2012). Programming computer vision with python. Unite states of America: O'Reilly me- dian, inc., 2013. Recuperado de <https://acortar.link/9IqD95>
- Juanazo Paucar, F. A. (2019). Desarrollo de una herramienta informática basada en visión artificial para el reconocimiento del banano para la exportación aplicando

procesamiento de imágenes digitales y su simulación en Matlab mediante redes neuronales. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39877/1/B-CISC-PTG-1652%20Juanazo%20Paucar%20Freddy%20Alex.pdf>

Galipienso, A., Isabel, M., Cazorla Quevedo, M. A., Colomina Pardo, O., Escolano Ruiz, F., & Lozano Ortega, M. A. (2003). Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación. Editorial Paraninfo. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_spC6S7UfZgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Escolano,+F.,+Cazorla,+M.,+Alfonso,+M.,+Colomina,+O.,+%26+Lozano,+M.++\(2003\).+Inteligenci+Artificial,+Modelos+Técnicas+y+Áreas+de+Aplicación.+España,+Madrid:+Graficas+Rogar.&ots=sQkvIGKoCY&sig=6pKzTSsXCyHNQOO5OBGgUVCwZuE#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_spC6S7UfZgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Escolano,+F.,+Cazorla,+M.,+Alfonso,+M.,+Colomina,+O.,+%26+Lozano,+M.++(2003).+Inteligenci+Artificial,+Modelos+Técnicas+y+Áreas+de+Aplicación.+España,+Madrid:+Graficas+Rogar.&ots=sQkvIGKoCY&sig=6pKzTSsXCyHNQOO5OBGgUVCwZuE#v=onepage&q&f=false)

Martín, M. (2013). Procesamiento Digital de Imágenes. Puebla-México. Universidad tecnológica del Perú. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3224ba15-ea01-4b21-98f4-e100bc16788d/content>

Moya Anegón, F., Solana, V. H., & Bote, V. G. (1998). La aplicación de Redes Neuronales Artificiales (RNA): a la recuperación de la información. Bibliodoc: anuario de biblioteconomía, documentación e información, 147-164. Recuperado de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/3224ba15-ea01-4b21-98f4-e100bc16788d/content>

Amaya Zapata, S., Pulgarín Velásquez, D. & Torres Pardo, I., (2015). Desarrollo e implementación de un sistema de visión artificial basado en Lenguajes de uso libre para un sistema seleccionador de productos de un centro integrado de manufactura. CIM. [En Línea]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964500005/>

Gavito et al. (2017). Ecología, tecnología e innovación para la sustentabilidad: retos y perspectiva en México. [En Línea]. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1870345317301847>

Tadhg, B., & Da-Wen, S. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems—a review. Computers and Electronics in Agriculture, 193-213, 2002. [En Línea]. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6139/613964500005/>

Doc.OpenCv. (2019). Analisis estructural y analisis de forma. [En Línea]. Recuperado de: https://docs.opencv.org/2.4/modules/imgproc/doc/structural_analysis_and_shape_descriptors.html

Khan, S. (2022). ¿Cómo aproximar una forma de contorno en una imagen usando OpenCv en Python? [En Línea]. Recuperado de: <https://www.tutorialspoint.com/how-to-approximate-a-contour-shape-in-an-image-using-opencv-python>

Docs.OpenCv. (2022). Jerarquia de contornos. [En Línea]. Recuperado de: https://docs.opencv.org/4.x/d9/d8b/tutorial_py_contours_hierarchy.html

Rath S. (2021). Detección de contorno usando OpenCv. [En Línea]. Recuperado de: <https://learnopencv.com/contour-detection-using-opencv-python-c/>

- Mimi. (2021). Acceder a la web cam o reproducir un video en OpenCv. [En Línea]. Recuperado de: <https://noemioocc.github.io/posts/Mostrar-la-webCam-o-reproducir-un-video-openCV-python/>
- Castro, S. et al 2021. Aplicación de filtros morfológicos en imágenes. [En Línea]. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/145903/Ruiz%20-%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20filtros%20morfol%C3%B3gicos%20en%20im%C3%A1genes.pdf?sequence=1>
- Jutihain (2021). División y Fusión con canales de Python-OpenCv. [En Línea]. Recuperado de: <https://www.geeksforgeeks.org/splitting-and-merging-channels-with-python-opencv/>
- López, I., (2014). Método de OTSU (Segmentación por umbralización). [En Línea]. Recuperado de <https://www.slideserve.com/merrill/m-todo-de-otsu-segmentaci-n-por-umbralizaci-n>
- Qi, J. & Yang, H., (2021). Research on image segmentation and edge detection technology based on computer vision.[En Línea]. Recuperado de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1994/1/012035/pdf>
- Constante, P., Gordón, A. (2015). Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para clasificación de al menos tres tipos de frutas. [En Línea]. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11368/1/CD-6457.pdf>
- Acuña, M. (2020). Diseño de un sistema de visión artificial para la clasificación de limón utilizando Raspberry Pi. [En Línea]. Recuperado de:

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2505/IEYT-ACU-CHA-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bonilla, V., Hidrobo, S. (2014). Diseño e implementación de un sistema de control de calidad de rosas utilizando técnicas de visión artificial para la empresa Bosqueflowers. [En Línea]. Recuperado de:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7355/1/CD-5504.pdf>