

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO
PARA EL APOYO EN EL PROCESO DE COSECHA DEL MANGO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

BRIAN ANTHONY SANDOVAL JUÁREZ

ASESOR

WILLIAM ALFREDO NOBLECILLA VINCES

<https://orcid.org/0000-0003-0283-9080>

Chiclayo, 2020

**IMPLEMENTACIÓN DE UN VEHÍCULO AÉREO NO
TRIPULADO PARA EL APOYO EN EL PROCESO DE
COSECHA DEL MANGO**

PRESENTADA POR:

BRIAN ANTHONY SANDOVAL JUÁREZ

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

Marlon Eugenio Vilchez Rivas

PRESIDENTE

Gregorio Manuel León Tenorio

SECRETARIO

William Alfredo Noblecilla Vincés

VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mis padres y a Dios. Para Dios, porque me guía y cuida a cada paso, para que me fortalezca día a día.

Para mis padres, por prestar atención a mi felicidad y educación toda su vida. En cada desafío que me he planteado, siempre me han apoyado incondicionalmente sin dudar de mi talento y capacidad para hacer las cosas.

Agradecimientos

A la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y a todos los docentes que me han brindado conocimientos y han sido de guía para la culminación de esta etapa de estudio.

A toda mi familia por su incondicional apoyo desde el inicio de mi carrera.

A mi asesor de tesis, William Alfredo Noblecilla Vincés, por el conocimiento, experiencia y confianza brindada para el desarrollo de la investigación.

Al caso de estudio, en este caso a la plantación, por la oportunidad de desarrollar un software, por su tiempo y todas las facilidades para obtener la información deseada.

Índice

Resumen	9
Abstract	10
I. Introducción.....	11
II. Marco teórico.....	14
Antecedentes	14
Bases teóricas.....	15
2.2.1. Vehículo aéreo no tripulado (UAV)	15
2.2.2. Proceso de cosecha del mango	16
2.2.3. Procesamiento de Imágenes.....	17
2.2.4. Lenguaje de Programación.....	20
2.2.5. Librería	21
2.2.6. Técnica de Backpropagation	21
III. Metodología	23
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	23
3.1.1. Tipo de investigación.....	23
3.1.2. Nivel de investigación	23
3.2. Diseño de investigación	23
3.3. Población, muestra y muestreo	24
3.3.1. Población	24
3.3.2. Muestra	24
3.3.3. Muestreo	25
3.4. Criterios de selección.....	26
3.5. Operacionalización de variables	26
3.5.1. Variables	26
3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)	27
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28

3.7.	Procedimientos.....	28
3.8.	Plan de procesamiento y análisis de datos.....	29
3.9.	Matriz de consistencia	30
3.10.	Consideraciones éticas.....	31
IV.	Resultados	32
4.1.	En base a la metodología utilizada.....	32
4.1.1.	Partes y características utilizadas en el armado del dron.....	32
4.1.2.	Diagramas correspondientes a la metodología	35
4.1.3.	Armado del dron	36
4.1.4.	Preparación para entrenar el modelo	41
4.1.5.	Funcionalidad del modelo computacional	45
4.1.6.	Estabilidad del dron	49
4.2.	En base a los objetivos de la investigación	56
4.2.1.	Reducir el tiempo de revisión de la cosecha de mango.....	56
4.2.2.	Identificar zonas de maduración del fruto usando imágenes clasificadas.....	63
4.2.3.	Evaluar el grado de satisfacción del sistema por parte del trabajador de la finca	65
V.	Discusión	77
VI.	Conclusiones	81
VII.	Recomendaciones	83
VIII.	Referencias	84

Lista de tablas

TABLA I.....	16
TABLA II.....	24
TABLA III.....	24
TABLA IV	27
TABLA V.....	28
TABLA VI	30
TABLA VII.....	32
TABLA VIII.....	52
TABLA IX	52
TABLA X.....	60
TABLA XI	65
TABLA XII.....	66
TABLA XIII.....	67
TABLA XIV	68
TABLA XV	69
TABLA XVI	70
TABLA XVII.....	71
TABLA XVIII.....	72
TABLA XIX	73
TABLA XX.....	74
TABLA XXI	75
TABLA XXII.....	76
TABLA XXIII.....	77
TABLA XXIV.....	78
TABLA XXV	79
TABLA XXVI.....	79
TABLA XXVII.....	80

Lista de figuras

FIG. 1. MANGO VERDE.....	17
FIG. 2. MANGO MADURO	17
FIG. 3. FILTRADO DE IMAGEN	18
FIG. 4. PASE DE UNA IMAGEN CON FILTRO	18
FIG. 5. REFERENCIA AL FILTRO PASA – BAJOS EN FRECUENCIA	18
FIG. 6. REFERENCIA AL FILTRO PASA – BAJOS EN EL DOMINIO ESPACIAL.....	19
FIG. 7. FILTRO GAUSSIANO DE TRANSFORMACIÓN CON LA “MEDIA = 0”	19
FIG. 8. ESTRUCTURA DE LA TÉCNICA REFERENCIAL A LAS CAPAS	22
FIG. 9. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE COMPONENTES	35
FIG. 10. DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS	35
FIG. 11. GIRO DE HÉLICES EN EL CUADRICÓPTERO.....	36
FIG. 12. COMPONENTES DESARMADOS	37
FIG. 13. GIMBAL USADO EN LA AERONAVE.....	37
FIG. 14. HÉLICES O BRAZOS USADOS EN LA AERONAVE	38
FIG. 15. VARIADORES USADOS EN LA AERONAVE	38
FIG. 16. GPS USADO EN LA AERONAVE	39
FIG. 17. SOLDANDO CABLE EN PLACA USADO EN LA AERONAVE.....	39
FIG. 18. POSICIÓN DE BRAZOS EN LA AERONAVE	40
FIG. 19. FIJACIÓN DE LAS HÉLICES USADAS EN LA AERONAVE.....	40
FIG. 20. CONEXIÓN DE CABLES EN LA AERONAVE	40
FIG. 21. CALIBRACIÓN DE TARJETA ARDUPILOT EN LA AERONAVE	41
FIG. 22. EVIDENCIA DE LAS IMÁGENES PARA ENTRENAMIENTO DEL DRON – PARTE 1	41
FIG. 23. EVIDENCIA DE LAS IMÁGENES PARA ENTRENAMIENTO DEL DRON – PARTE 2.....	42
FIG. 24. EVIDENCIA DE LAS IMÁGENES PARA ENTRENAMIENTO DEL DRON – PARTE 3.....	42
FIG. 25. EVIDENCIA DE MANGOS MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	43
FIG. 26. EVIDENCIA DE MANGOS MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	43
FIG. 27. EVIDENCIA DE MANGOS MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	43
FIG. 28. EVIDENCIA DE MANGOS MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	44
FIG. 29. EVIDENCIA DE MANGOS NO MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	44
FIG. 30. EVIDENCIA DE MANGOS NO MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	44
FIG. 31. EVIDENCIA DE MANGOS NO MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	45
FIG. 32. EVIDENCIA DE MANGOS NO MADUROS PARA EL ENTRENAMIENTO DEL DRON	45
FIG. 33. PRUEBAS DE UBICACIÓN.....	46

FIG. 34. EJEMPLO DE UBICACIÓN DE WRAP POINT EN EL CAMPO.....	46
FIG. 35. EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN FINAL DEL RECORRIDO	47
FIG. 36. INDICADOR DEL RECORRIDO.....	47
FIG. 37. IMAGEN CAPTURADA POR EL DRON	48
FIG. 38. IMAGEN CAPTURADA POR EL DRON	48
FIG. 39. CICLO DE LAZO CONTROL.....	49
FIG. 40. PARTES DEL RADIO CONTROL.....	50
FIG. 41. FRUTO DEL MANGO NO MADURO CON FILTRO BUR.....	51
FIG. 41. BASE DE DATOS.....	51
FIG. 43. CÓDIGO DEL SOFTWARE DE RECONOCIMIENTO DE MADURACIÓN	53
FIG. 44. IMAGEN REFERENCIAL DE [20]	53
FIG. 45. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE COLOR.	54
FIG. 46. IMAGEN DEL RESULTADO OBTENIDO	55
FIG. 47. PRIMERA IMAGEN SELECCIONADA.....	60
FIG. 48. SEGUNDA IMAGEN SELECCIONADA.....	61
FIG. 49. TERCERA IMAGEN SELECCIONADA	61
FIG. 50. CUARTA IMAGEN SELECCIONADA.....	61
FIG. 51. IMAGEN DE EXTRACCIÓN DE COLOR DE MANGO MADURO	63
FIG. 52. IMAGEN DE EXTRACCIÓN DE COLOR DE MANGO NO MADURO	64
FIG. 53. ENCUESTA TAM – N°1.....	65
FIG. 54. ENCUESTA TAM – N°2.....	66
FIG. 55. ENCUESTA TAM – N°3.....	67
FIG. 56. ENCUESTA TAM – N°4.....	68
FIG. 57. ENCUESTA TAM – N°5.....	69
FIG. 58. ENCUESTA TAM – N°6.....	70
FIG. 59. ENCUESTA TAM – N°7.....	71
FIG. 60. ENCUESTA TAM – N°8.....	72
FIG. 61. ENCUESTA TAM – N°9.....	73
FIG. 62. ENCUESTA TAM – N°10.....	74
FIG. 63. ENCUESTA TAM – N°11.....	75
FIG. 64. ENCUESTA TAM – N°12.....	76
FIG. 65. RESUMEN DEL TIEMPO DE REVISIÓN DEL PROCESO DE COSECHA DE MANGO.....	78
FIG. 66. RESUMEN DEL NÚMERO DE INCIDENCIAS.....	80

Resumen

La siguiente investigación surgió por la necesidad de apoyar el proceso de cosecha de mango de una finca de la Ciudad de Lambayeque, debido a que en los últimos años percibía grandes inconvenientes para las distintas revisiones que conlleva el proceso, insatisfacción por parte del cliente externo y demoras en los tiempos para las revisiones. No cuenta con un dispositivo que permita ayudar en estas funciones. El proyecto, tiene como objetivo general apoyar el proceso de cosecha de mango mediante la implementación de un vehículo aéreo no tripulado. Se consideró utilizar la técnica Backpropagation o propagación del error hacia atrás que consiste en el aprendizaje de pares predefinido de entradas - salidas. Su importancia de esta red es la adaptación de las capas intermedias de las neuronas (peso) para aprender la relación de entradas y salidas correspondientes. Los resultados obtenidos de la investigación fueron positivos. Se logró aumentar la satisfacción del cliente externo en un 70%. Además, se identificaron las zonas de maduración mediante las imágenes clasificadas y la pigmentación del fruto, obteniendo datos al instante. Asimismo, se pudo disminuir considerablemente el tiempo en la revisión del proceso de cosecha de mango en un 85%.

Palabras clave: Proceso de cosecha de mango Vehículo aéreo no tripulado, Backpropagation.

Abstract

The following investigation arose from the need to support the mango harvest process from a farm in the City of Lambayeque, due to the fact that in recent years it perceived great inconveniences for the different revisions that the process entails, dissatisfaction on the part of the external client and delays in times for reviews. It does not have a device to help with these functions. The project's general objective is to support the mango harvest process through the implementation of an unmanned aerial vehicle. It was considered to use the Backpropagation technique or backward propagation of the error, which consists of learning predefined pairs of inputs - outputs. The importance of this network is the adaptation of the intermediate layers of neurons (weight) to learn the relation of corresponding inputs and outputs. The results obtained from the investigation were positive. It was possible to increase external customer satisfaction by 70%. In addition, the ripening areas were identified by classified images and the pigmentation of the fruit, obtaining data instantly. Likewise, the time required to review the mango harvest process could be considerably reduced by 85%.

Keywords: Mango harvest process Unmanned aerial vehicle, Backpropagation.

I. Introducción

El mango es reconocido como una de las tres o cuatro mejores frutas tropicales. Como se describe en el curso de cultivo prehistórico de frutas subtropicales (Fs), en las escrituras divinas en Sanscrito, las leyendas y el folclore hindú reflejan su existencia hace 2.000 años. El árbol de mango siempre ha sido objeto de respeto en la India y su fruto ha sido apreciado durante siglos. La fuente señaló que aparentemente se originó en el noroeste de la India y el norte de Myanmar en las laderas del Himalaya, y también puede tener su origen en Ceilán.

En el proceso Fs, se ha descrito en la literatura china como un famoso cultivo de frutas en las regiones cálidas de China e Indochina desde la antigüedad (alrededor del siglo VII). El huerto tiene aproximadamente 100.000 árboles de mango, y el hecho de Akbar ha puesto de manifiesto la prominencia temprana de los mangos.

En el artículo Agricultura técnica en México [11], de acuerdo con la floración, la maduración, la cosecha se realiza una vez al año, de acuerdo con la floración, la maduración de los frutos son variables en las diferentes localidades del país donde se encuentre. Para fines de exportación, a través de una técnica recomendada llamada "recolección de parejas", los frutos se cosechan a menor calor separando los frutos individualmente: una persona observa y cosecha la fruta, la otra recibe la fruta y la coloca en el péndulo cortado para efectuar el deslechado (es la salida del látex).

Si no se toma las medidas recomendadas, esto puede terminar manchando el fruto por lo que se recomienda supervisión constante para la verificación en el manejo del mango en condiciones de jabas para ser transportadas a las plantas procesadoras de fruta.

En el artículo presentado por la National Mango Board (NMB), los indicadores más representativos del mango que se debe tomar en cuenta son: Contenido total de sólidos solubles, determinación de azúcares, medición en el refractómetro, evaluación de porcentaje de grado brix (determinar el cociente total de materia seca – azúcar).

La forma del fruto se debe de determinar con la observación de este, parte de los hombros y en la parte superior, dependiendo de la variedad, en la forma típica; en el color de la cáscara debe de ser verde (no maduro) y tonos amarillos, anaranjado o rojizos (maduro); el color de la pulpa del fruto se determina cuando ya haya adquirido el tono amarillo – anaranjado es porque se encuentra apto para la cosecha. La fruta ya para el almacenamiento a corto plazo se determina por el transporte usado y por las distancias dadas. Todo este proceso de cosecha y verificación es costoso, generando un mayor incremento de trabajadores y tiempo para realizar las distintas operaciones.

La evolución de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) está generando importantes transformaciones en los procesos de trabajo y en la gestión de las personas en las organizaciones; las TIC, además, una revolucionado el concepto de control horario. En este entorno, el teletrabajo constituye una medida de flexibilidad espacial que contribuye a: Generar incrementos en la productividad, facilitar la conciliación de la vida laboral y personal, Favorecer la inclusión de colectivos en riesgo y beneficiar al desarrollo sostenible de la sociedad, gracias a que reduce desplazamientos.[11].

Muchas empresas ya se han apuntado a incluir esta nueva modalidad laboral en su realidad, pero otras no se atreven a dar el salto. El tipo de organización, su estructura, actividad y objetivos tienen mucho que decir a la hora de tomar una decisión de estas características, pero quienes conocen sus beneficios, no se lo piensan dos veces. [10].

Con la problemática global descrita anteriormente, hacemos hincapié a una empresa a nivel local, una finca familiar situada en la ciudad de Jayanca, en la cual se observa que no cuenta con una herramienta que permita verificar el proceso de mango, esto ocasiona que se contraten excesivamente a trabajadores para cumplir las funciones, es por ende que el pago de planillas se incrementa considerablemente. Aproximadamente se les paga S/. 150.00 al día por un mes. Por otra parte, el tiempo que estos emplean en la revisión de la cosecha de mango es extenso, oscila entre las 5 a 7 horas solo en una hectárea.

Se consideró pertinente la formulación de problema con la siguiente interrogante: ¿Como apoyar el proceso de cosecha de mango mediante la implementación de un vehículo aéreo no tripulado?

Se planteó como objetivo general apoyar el proceso de cosecha de mango mediante la implementación de un vehículo aéreo no tripulado, donde se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Reducir el tiempo de revisión de la cosecha de mango.
- Identificar zonas de maduración del fruto usando imágenes clasificadas.
- Evaluar el grado de satisfacción del sistema por parte del trabajador de la finca.

El desarrollo de esta investigación se justifica económicamente porque permitirá a la finca de la ciudad de Jayanca mejorar su proceso de cosecha de mango, permitiendo generar más ingresos y menos gastos en contratar personal extra.

Se justifica socialmente porque ayudará al cliente interno, es decir al trabajador, a tener un mejor desempeño en el proceso de cosecha de mango y satisfacción personal.

Se justifica tecnológicamente, debido a que se aplican diversas herramientas y un marco de trabajo para apoyar el proceso de cosecha de mango. En la actualidad, esta solución podría ser

de gran ayuda para cualquier empresa que presente las mismas deficiencias. Un mejor soporte de tecnologías apoyará al caso de estudio investigado.

Se justifica científicamente, ya que servirá para investigaciones futuras que deseen desarrollar temas similares. Esta investigación se realiza con gran motivación y entusiasmo para aquellos estudiantes que estén interesados en la implementación de vehículos aéreos no tripulados.

Finalmente, se justifica de manera personal porque desarrolla y permite el uso de herramientas y metodologías enseñadas en la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación y poder emplearlas en el mundo real con el fin de mejorar y potenciar empresas locales.

II. Marco teórico

Antecedentes

Daniel Soto Guerrero [12], indica en esta tesis que se propone diseñar una interfaz de usuario para el uso entre el ser humano y un vehículo aéreo no tripulado (UAV por sus siglas en inglés). Siendo sus funciones básicas el reconocimiento de sus órdenes gestuales por medio de una computadora, empleándose así una estación de trabajo para el procesamiento de imágenes con la limitación del rango de comunicación entre ambos. Su objetivo fue lograr una mayor autonomía del uso de la interfaz, proponiendo que en el procesamiento de imágenes se realice con un dispositivo móvil para una mayor movilidad al usuario. Finalmente, este trabajo ayudara a esta investigación a saber sobre la interfaz, desarrollo y soporte del vehículo aéreo no tripulado (UAV).

Francisco Armando Lugo Mayorga y Víctor Manuel Meneses Aguilar [13], plasma en esta tesis la importancia del desarrollo de la tecnología para el crecimiento de las sociedades del mundo aprendiendo así a vivir en grupos de individuos formando sus propios grupos (sociedades). La nueva búsqueda de herramientas como un complemento a las actividades diarias de las personas han tenido ocupado a investigadores e ingenieros alrededor del mundo teniendo así los inventos tecnológicos más comunes a realizar tareas diarias. Finalmente, Esta tesis ayudara a explicar el tema de la actualización mundial sobre las tecnologías y la ayuda que le hace al ser humano en todo ámbito (seguridad, agrícola, pedagógico, etc.) y no solo centrarse en plataforma Android, también poder explicar la viabilidad del producto.

Danna Zuleyka Rabanal Carretero [14], Se realiza la integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo existente para agricultura de precisión, la cual forma parte del proyecto que viene realizando la Pontificia Universidad Católica del Perú y el Centro Internacional de la Papa “Agricultura de Precisión para la Producción de Cultivos de Seguridad Alimentaria y de Agroexportación”. Finalmente, Esta tesis ayudara a probar la eficiencia y eficacia de una aeronave no tripulada (dron) en el tema agrícola.

Bases teóricas

2.2.1. Vehículo aéreo no tripulado (UAV)

Una definición breve ante un UAV es que es un vehículo aéreo no tripulado ya que puede mantenerse propulsado por motores eléctrico de forma autónoma. En su diseño tenemos una amplia variedad de formas, tamaño, configuraciones y características. Existen dos variantes:

- Controlados desde una ubicación remota.
- Vuelos autónomos a partir de planes de vuelo a través de automatización dinámica.

Lo recalcado en [10] dice que el primer avance conocido es de los años de 425, está documentada en la era de Pitágoras, donde ocurrió la mayor contribución con el mecanismo autónomo. El construyo un ave mecánica, lo cual por su diseño parecía una paloma que podía volar moviendo sus alas así volando alrededor de 200 metros., por eso se cree que el creo el primer avión no tripulado.

Dice [13], el modelo de helicópteros que se mantuvo entre los años 1860 y 1907 fue diseñado por Thomas Alva Edison el cual uso un motor eléctrico como fuente de energía. El dio a conocer que necesitaba un rotor de gran diámetro con un área de aspa pequeña a partir de sus experimentos.

Clasificación

En esta área relativamente nueva, no existe una clasificación única a nivel global, pero si es posible tomar los siguientes grupos, basándose en su funcionamiento:

TABLA I

UAV de ala fija	UAV de ala rotatoria
Este grupo requiere de una pista para poder despegar y aterrizar. Tienen una gran autonomía y poder volar a altas velocidades.	Giran alrededor de un eje en la cual dependen de una “configuración” y de varios rotores para poder llevar acabo su vuelo autónomo.

CLASIFICACIÓN DE VUELOS DE DRONES.

Dándose así, la mejor opción de ala rotatoria puesto que se podrá llevar acabo un vuelo autónomo con configuraciones dadas ante previa configuración.

2.2.2. *Proceso de cosecha del mango*

Lo dicho en la NMB Technologies Corporation en el proceso y la selección del fruto para la exportación a los estados unidos se tienen que estar enfocados a la exigencia del tratamiento de hidrotérmico aplicado que es usado para el control de la mosca de la fruta lo cual es un requisito obligatorio para permitir que los estados unidos acepten la entrada. El tratamiento dado tiene que ser aprobada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norte América (USDA), ubicada en Honduras, que consiste con chorrearle agua a 46.1°C alrededor de 90 minutos para el fruto de forma redondeada entre 500 a 700g; a 75 minutos para los frutos redondeados menores a 500g; para frutos alargados entre 375 y 570g y 65 minutos para los frutos alargados-aplanados menores o iguales a 375g.

Pigmentación

El consumidor peruano prefiere frutos con un cierto color rojo o rojizo, que los frutos de color verde. Para esto es una buena ayuda con las temperaturas frescas en campo durante el periodo de pre – maduración en el cual incrementa el porcentaje de color rojizo al igual que la ayuda por tratamientos de antitranspirantes.



Fig. 1. Mango verde
Fuente: Foto tomada en la finca del caso de estudio



Fig. 2. Mango maduro
Fuente: Mango Org. (2017). Guía de Madurez y maduración del mango.

2.2.3. *Procesamiento de Imágenes*

Lo dicho por [28], se inicia por la división en partes de una imagen digital con el análisis de la división (segmentación) de ella divididas en partes, las partes divididas es dependiendo al nivel que se desea resolver. Una vez aislados los objetos de interés con la degenérese, se podrá llevar a cabo el punto de partida de otro proceso de interpretación de más alto nivel.

Según [33], los tres tipos básicos en la detección de discontinuidad de la segmentación de una imagen serían los puntos, líneas y bordes. En este proceso la

respuesta de la máscara en cualquier punto dado, sus puntos grises son sumados para que así, a la hora de filtrar una imagen tenga la siguiente formula:

$$g(x, y) = T[f(x, y)]$$

f = aplicar una transformación.

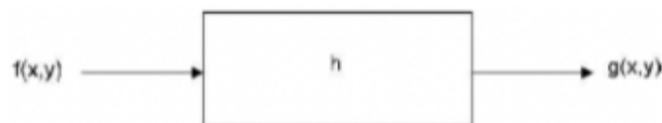
T = obtener una nueva imagen.

g = características son acentuadas o disminuidas.

Fig. 3. Filtrado de Imagen

Fuente: W. Jara (2006). Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes

Se considera que el resultado de la formula procesada por un sistema de filtro, determina la función de transferencia (denominada convolución de la transformación del sistema).



$$g(x; y) = h(x; y) * f(x; y)$$

Fig. 4. Pase de una imagen con filtro

Fuente: W. Jara (2006). Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes

Por ello se podrá determinar dos formas básicas de poder filtrar una imagen, una de ellas sería el uso del dominio espacial que implica el dominio de la frecuencia o multiplicación de ellas que serían dos transformaciones de Fourier (frecuencia a espacio y viceversa).

En el filtro de suavizamiento, su objetivo es eliminar el ruido o los detalles que no sean de interés. Este filtro pasa-bajo, que está bajo el dominio de frecuencia (se eliminan o reducen las altas frecuencias).

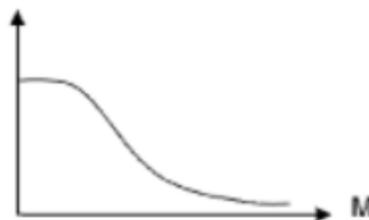


Fig. 5. Referencia al Filtro pasa – bajos en frecuencia

Fuente: W. Jara (2006). Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes

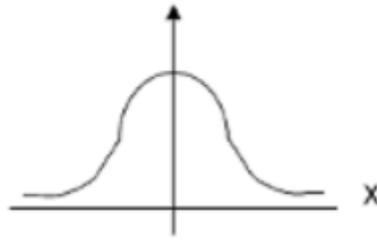


Fig. 6. Referencia al Filtro pasa – bajos en el dominio espacial
 Fuente: W. Jara (2006). Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes

Entre los filtros más comunes para el suavizamiento se tiene lo siguiente: el de promedio o media aritmética que se encarga de obtener el promedio de los pixeles vecinos, eso quiere decir, que todos los valores de la máscara 1 ($w = 1$); en la media es la sustitución del pixel central por la mediana de los valores vecinos; el gaussiano es la aproximación entre dos dimensiones.

$$T(x, y) = e^{-[(x^2+y^2)/2\pi\sigma^2]}$$

Fig. 7. Filtro gaussiano de transformación con la “media = 0”
 Fuente: W. Jara (2006). Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes

El proceso de la binarización es la conversión de una imagen a escala de grises por dos valores (0 = negro y 1 = blanco), las imágenes son obtenidas en niveles de grises, ya que en la actualidad no se cuenta con cámaras que nos den el resultado de ellas. Este proceso es de gran utilidad, en el proceso autónomo de imágenes, para reducir los datos de la imagen de forma sencilla. Para obtener un análisis fiable es necesario tener imágenes bien contrastadas recurriendo para ello la utilización de técnicas de retroiluminación (contraluz).

Considerar el bit más significativo en la imagen de escala de grises, la forma rápida de representarlo, así mismo es la forma de fijar un umbral en la mitad de la imagen para tomarlo como punto de referencia. Y asignar en la imagen binaria, un 0 si el nivel de gris del píxel es inferior, o un 1 si supera a este.

La mayoría de las veces se podrá dividir la escala de grises y asignar el 0 y 1, que debería ser la forma correcta, pues en la mayoría de las veces no es así. La forma correcta sería colocar el umbral en un punto distinto de valor medio de grises. En resumen, la binarización consiste en fijar un punto gris en la imagen y dar el valor

de 0, y si el tono de gris es igual o superior se daría el valor de 1, para así separar los objetos de fondo y quedarnos con el objeto de que se querrá procesar.

La composición de la neurona biológica está compuesta por el cuerpo (soma), los dos tipos de ramificaciones (axón y dendritas); la comunicación entre ellas se transmite a través de las dendritas que son impulsos que viajan por todo su cuerpo generados por el axón, siendo ellas especializadas en procesar información.

2.2.4. *Lenguaje de Programación*

Lo dicho en [27], indica que, en el año de 1969, un equipo dirigido por James Gosling de 13 personas (Green Team) trabajo durante 18 meses para crear una herramienta de programación para ser usada en el proyecto de set-top-box. El lenguaje se denominó inicialmente Oak (por un roble que había fuera de la oficina de Gosling), luego pasó a denominarse Green tras descubrir que Oak era ya una marca comercial registrada para adaptadores de tarjetas gráficas y finalmente se renombró a Java.

Existen varias hipótesis sobre el nombre inventado para este lenguaje que hasta el día de hoy se le conoce como JAVA de lo cual lo más acertada por ahora es la de a un tipo de café disponible en la cafetería cercana, de ahí que el icono de java sea una taza de café caliente. En conclusión, a pesar de todas las hipótesis del nombre se suele decir que fue creado por una lista aleatorio de palabras.

Lo comentado en [28], afirma que la principal característica en método y diseño de este lenguaje de programación es que es orientada a objetos, eso quiere decir que los datos y código se combinan en entidades llamadas objetos.

En la documentación de Java, el objetivo de este lenguaje es gestionar los grandes proyectos para así reducir la cantidad de proyectos fallidos y mejorar la calidad de ellos. Otro objetivo es la creación de entidades genéricas llevando así a la reutilización de código, esto lleva como consecuencia dos resultados dispares: diseño de objetos genéricos es comprendido pobremente, y falta una metodología para la amplia comunicación de oportunidades de reutilización.

Java, es un lenguaje que permite emplear la herencia en su metodología, base usada y muy poderosa para poder llamar a otra clase ya creada agregándose así la

cláusula “extends”, heredándose así los atributos y métodos de la clase. Con lo dicho anteriormente, java fue usado en la elaboración del software de reconocimiento de patrones.

2.2.5. Librería

La librería usada para el reconocimiento de imágenes de este proyecto de investigación se llama OpenCv (Open Source Computer Vision), es la librería más usada para proyectos de visión artificial y machine learning, Licenciada por BSD (Berkeley Software Distribution) para poder usar y modificar el código libremente. La más usada comercialmente por grandes empresas como Google, Microsoft, Toyota, Honda, etc.

Una de las funcionalidades de esta librería es poder identificar varios objetos, como por ejemplo caras, hacer tracking de movimientos de objetos, extraer modelos 3D, encontrar imágenes similares, eliminar ojos rojos, seguir el movimiento de los ojos, etc.

Para la instalación y conexión con Java, primero se debe descargar la librería en la propia página de OpenCv, una vez descargada, esta se moverá al disco principal (“C”) y se importará la librería .jar que se encuentra dentro de la carpeta OpenCv en Java. En este proyecto se ha usado la versión 2.4.10.

2.2.6. Técnica de Backpropagation

Esta técnica fue publicada por Rumelhart en el año de 1986. Es una de las más usadas; organizadas por tres capas:

- Capa de entrada.
- Capa oculta.
- Capa de salida

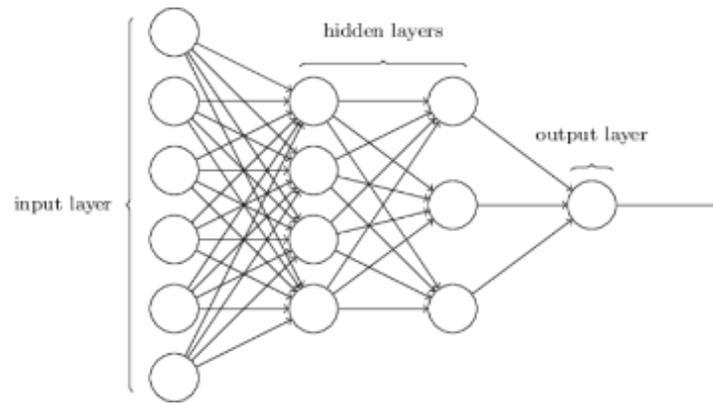


Fig. 8. Estructura de la técnica referencial a las capas
 Fuente: E. Muilder (1961). La historia de Java.

A la hora de aprender los pesos de cada neurona artificial (un círculo de la imagen anterior) equivale a que la red aprenda nuevas características por sí sola. Garantizando así su conversión en una región convexa negando así la extensión para redes multicapa las cuales no usan el aprendizaje del perceptrón.

La neurona aprenderá de la extracción de color de las imágenes con el color clásico que son: red, green, blue and alpha (R, G B, A). ayudándonos con las imágenes el filtro BLUR (filtro de distorsión) para que así tenga una mejor ecualización de los patrones de la imagen.

Con la finalidad de simplificar y/o mejorar la extracción de datos de la imagen para poder así guardarla en la base de datos los patrones extraídos del RGB.

III. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada será cuasi-experimental, propuesta primero por Campbell y Stanley [36], y luego ampliada por los mismos autores. Se elegirá esta porque se procesarán múltiples variables de investigación y se analizará su impacto en el entorno a realizar, es decir, cómo la variable independiente (vehículo aéreo no tripulado) afecta a la dependiente (proceso de cosecha de mango). Observaremos los comportamientos del proceso tradicional de cosecha de mango y el proceso automatizado, una vez implementado el vehículo aéreo mediante la evaluación del pigmento del fruto, sustentado en la técnica de backpropagation.

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación ha tenido un estudio de carácter cuasi-experimental.

3.2. Diseño de investigación

El diseño de contrastación de hipótesis será un Diseño con preprueba y postprueba únicamente y grupo de monitoreo, todo esto está basado en el autor de Campbell citado por el libro Metodología de la investigación científica por los autores Hernández, Fernández y Baptista. [37]



Donde:

- G = Grupo de monitoreo
- X = Tratamiento/Experimento
- O1 = Observación N°1 antes de implementar el sistema
- O2 = Observación N°2 después de implementar el sistema

TABLA II
DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Variable	Definición
GRUPO	Toneladas de mangos.
PRE TEST	Intervalo de tiempo entre los meses de octubre – noviembre de 2017 en el cual se observó cómo se realiza el proceso de cosecha de mango.
TRATAMIENTO	Eficiente proceso de cosecha de mango mediante la implementación del vehículo aéreo no tripulado.
POST TEST	Intervalo de tiempo entre los meses de julio – noviembre de 2018 en el cual se observó cómo se realizará el proceso de cosecha de mango con la implementación de la solución tecnológica propuesta.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Está constituida por:

TABLA III
POBLACIÓN DEL PROYECTO

Item	Tipo de Población	Número
1	Hectárea de plantación	1
2	Trabajadores	10

3.3.2. Muestra

La muestra estará constituida por:

Trabajadores: La muestra estará constituida por la población de cliente interno, es decir, como es una población limitada será considerada como muestra. El total serán diez personas.

Hectárea: Según la información proporcionada por la finca, una hectárea aproximadamente tiene 100 árboles de plantaciones de mangos. Por ende, es necesario tener una muestra de toda la población para la aplicación del instrumento.

Fórmula:

$$n = \frac{NZ^2 pq}{e^2(N-1) + Z^2 pq}$$

Datos:

- Tamaño de la población (N) = 100
- Error de estimación (e) = 0.03
- Proporción de éxito (p) = en este caso 15%
- Proporción de fracaso (q) = (1-p) = 75%
- Nivel de confianza del 95% = (1- α) = 0.95
- Nivel de significancia 5% = (α) = 0.5

Según la fórmula de la desviación normal dado por la Excel para hallar Z nos muestra lo siguiente:

```
=DISTR.NORM.ESTAND.INV(1- $\alpha$ /2)  
=DISTR.NORM.ESTAND.INV(1-0.05/2)  
1,959963985
```

Aplicando la fórmula:

Tamaño de muestra (n)= 49,618511
Tamaño de muestra (n)= redondeo = 50

El resultado de la fórmula permite obtener la muestra, en este caso se obtiene como resultado 50 árboles, es decir, plantaciones de mangos, esto equivale aproximadamente a media hectárea.

3.3.3. *Muestreo*

El tipo de muestreo es el probabilístico. Se ha obtenido una muestra a partir de una fórmula probabilística en el cual cada elemento de la población total

o universo tiene una probabilidad conocida de selección. Este, además será aleatorio debido a que se escogerá a cualquier plantación de mango.

3.4. Criterios de selección

Se ha seleccionado a la población interna por los siguientes motivos:

Los trabajadores son los que realizan el proceso de cosecha de mango y es necesario medir el grado de satisfacción que tienen y conocer las actividades que realizan y de esta manera calcular el tiempo de ejecución.

Implementado el sistema, será necesario verificar el desempeño y el grado de satisfacción que tienen los trabajadores al realizar el proceso de cosecha de manera automatizada y comprobar que se ha disminuido el tiempo.

3.5. Operacionalización de variables

Las variables que se han utilizado como elementos básicos en el desarrollo de la hipótesis están identificadas de la siguiente manera:

3.5.1. Variables

3.5.1.1. Variable independiente

Vehículo aéreo no tripulado

3.5.1.2. Variable dependiente

Proceso de cosecha del mango

3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)

TABLA IV
INDICADORES

Objetivo específico	Indicador(es)	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento	Definición operacional
Reducir el tiempo de revisión de la cosecha de mango.	Tiempo que demora en el proceso de cosecha de mango de manera manual.	Duración que conlleva el proceso de cosecha de mango tradicionalmente.	Minutos	Fichas de observación y documentación actual.	Tiempo en minutos
	Tiempo que demora en el proceso de cosecha de mango de manera automatizada.	Duración que conlleva el proceso de cosecha de mango de manera automatizada.	Minutos	Fichas de observación y puesta en marcha del vehículo aéreo no tripulado	Tiempo en minutos
Identificar zonas de maduración del fruto usando imágenes clasificadas.	Clasificación de imágenes a través del pigmento del fruto y el tiempo que demora en su obtención	Descripción de las imágenes en base al pigmento del fruto.	Descripción de imagen	Software de reconocimiento de maduración	Número de fotografías
Evaluar el grado de satisfacción del sistema por parte del trabajador de la finca.	Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango.	Contabilizar el número de incidencias que hayan ocurrido debido al mal monitoreo comercial de la organización	Unidad	Encuesta realizada a los trabajadores	Número de incidencias

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TABLA V
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de apuntes • Alguna grabadora • Preguntas preparadas 	Dueño de la empresa	Permitirá conocer a fondo la situación problemática, además de los procesos que realiza.
Encuesta de percepción de utilidad y facilidad de uso	Cuestionario de preguntas Ver Anexo 15	Encuesta a los trabajadores.	Nos ayudará a obtener datos estadísticos. Se aplicará una encuesta para el cliente interno
Observación	<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de apuntes • Alguna cámara 	Documentos que cuenta la empresa	Hará ver la situación en tiempo real. Como actúan todas las partes involucradas.

3.7. Procedimientos

La técnica usada en esta investigación con la finalidad que se haya logrado la comparación de patrones se llama Backpropagation o propagación del error hacia atrás consiste en el aprendizaje de pares predefinido de entradas - salidas. Su importancia de esta red es la adaptación de las capas intermedias de las neuronas (peso) para aprender la relación de entradas y salidas correspondientes.

En el presente trabajo de investigación se ha ido formando con imágenes representativas del fruto para su adaptación de entradas de datos (R,G,B) y salida de resultado (maduro o no maduro). Teniendo lo anterior en cuenta la red encuentra una representación interna que le permite generar los resultados de salida deseadas de acuerdo con su clasificación.

La metodología usada para el diseño, armado y programación de la aeronave no tripulada es QFD (Quality Function Deployment) o también llamado Despliegue de la función calidad ayudando así a la calidad de creación de productos dándose así las siguientes características:

- Priorización de características.
- Saber lo que el usuario espera del producto.
- Como minimizar gastos con buena calidad.
- Analizar el que y como se harán.

La finalidad de esta metodología es conocer del cliente que es lo que espera (funcionalidad) del producto final, características técnicas.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Para esta investigación se ha hecho de uso una computadora windows 10 marca hp, materiales de una aeronave no tripulada [anexo 8] para el armado de la aeronave, placa ardupilot para la programación, configuración y control de todos los sensores usados en la aeronave. El programa usado es Mission Planner 3.4.1 para la configuración y programación del vuelo autónomo, gps, giroscopio y coordenadas puestas en la aeronave.

En el procesamiento de imagen, se ha usado como lenguaje de programación JAVA, librería OpenCv que es open source (código libre), el modelo usado es en redes neurales con la técnica de back propagation. Analizando los datos guardadas en una base de datos hecha en MySQL, entrenando y dando los resultados en el programa.

3.9. Matriz de consistencia

TABLA VI
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<u>PROBLEMA GENERAL</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS GENERAL</u>	<u>VARIABLES DE ESTUDIO</u>
Inadecuado proceso de cosecha de mango en una finca de la ciudad de Lambayeque.	Apoyar el proceso de cosecha de mango mediante la implementación de un vehículo aéreo no tripulado	La implementación de un vehículo aéreo no tripulado apoyará el proceso de cosecha de mango.	VARIABLE INDEPENDIENTE Vehículo aéreo no tripulado VARIABLE DEPENDIENTE Proceso de cosecha del mango
<u>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</u>	<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</u>	<u>INDICADORES</u>
Insatisfacción de los trabajadores al no contar con un dispositivo que le permita realizar un mejor control del proceso de cosecha de mango.	Evaluar el grado de satisfacción del sistema por parte del trabajador de la finca.	La puesta en marcha del vehículo aéreo podrá reducir el porcentaje de insatisfacción por parte de los trabajadores.	Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango.
No se tiene claramente identificadas las zonas de maduración de los frutos en las plantaciones.	Identificar zonas de maduración del fruto usando imágenes clasificadas.	Si se identifican las zonas de maduración será mucho más sencillo obtener las descripciones exactas del estado del fruto a través de las imágenes clasificadas.	Clasificación de imágenes a través del pigmento del fruto y el tiempo que demora en su obtención
Pérdida de tiempo para la revisión de cosecha de mango	Reducir el tiempo de revisión de la cosecha de mango.	El contraste entre el tiempo de demora con la revisión de proceso manual de cosecha de mango y automatizada permitirá conocer cuánto se mejoró en tiempos.	Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de manera manual. Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de forma automatizada.

3.10. Consideraciones éticas

Las decisiones que se toman en cada etapa de la investigación se basan en la información proporcionada por la empresa investigadora garantizando la calidad del trabajo, la seguridad y el bienestar de las personas involucradas.

Plagio: El plagio no se ha realizado en la investigación, debido a que está prohibido y viola los derechos de autor y la propiedad intelectual. El texto ha sido redactado por el estudiante a cargo de la investigación.

Confidencialidad de los involucrados de la empresa: No se proporcionará los nombres o algún dato personal del personal y alta dirección de la organización en estudio. Se han mencionado características generales como giro, tamaño y ubicación geográfica de la empresa,

Confidencialidad de la información brindada: la información dada por la organización no será divulgada, proporcionada o modificada. Se respetará las consideraciones expuestas por la organización.

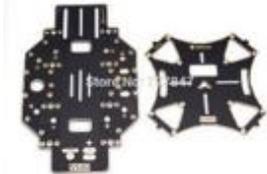
IV. Resultados

4.1. En base a la metodología utilizada

4.1.1. Partes y características utilizadas en el armado del dron

Para el diseño y armador del dron se hace la evaluación del campo para que el dispositivo pueda estar en movimiento con total libertad. Por consiguiente, se hace un análisis de los instrumentos para verificar que tipo de modelo de dron usar en este tipo de campo es por ello por lo que se hace una clasificación de estos para así optar por un modelo exacto que se adecue en su totalidad.

TABLA VII
PARTES DEL CUADRICOPTERO

Parte	Características
	MARCO: Parte principal y central del cuadricoptero que tiene un diagrama para conectar la parte eléctrica del mismo con los motores y variadores, etc. Fibra de vidrio y carbón cortado en láser el diseño.
	ARMAS: Llamado también brazos del cuadricoptero, donde van los motores, variadores y luces de navegación en cada uno de ellos. El material es de fibra de plástico hechos en impresora 3D.
	TREN DE ATERRIZAJE: Este hecho de tubos de fibra de carbono con soportes de fibra de plástico. Sirve de apoyo en el aterrizaje de este.
	MOTORES: Estos motores son de 850Kv de velocidad y cada uno puede levantar aproximadamente 4 kilogramos de peso, su voltaje es de 11v, no tiene carbones, no calienta y se adecuan a estas naves aéreas.



HÉLICES:

Estos van en el eje del motor y sujetados con tuercas a contra rosca, son de gran apoyo para el vuelo sustentado de una aeronave.



TARJETA CONTROLADORA:

Se encarga de controlar todos los periféricos en su entorno y ayuda a la navegación y la estabilización de las aeronaves, el hardware y el software que se puede utilizar es de código abierto.



GPS:

Utilizado para navegación autónoma, con coordenadas utilizando un simulador de vuelos autónomos y el Maps. Depende del tiempo climatológico el GPS se conecta de varios satélites.



LUCES DE NAVEGACIÓN:

Estas son utilizadas para identificar en el espacio que hay una aeronave en navegación y los colores deben de ser verde rojo y ámbar y deben ser de luz fija y parpadeante.



GIMBAL O CÁRDAN:

Utilizado como soporte para la cámara a utilizar y conectado a la tarjeta para sus giros y movimientos de tomas de video y fotografía de la cámara a bordo.



CAMARA:

Este equipo podrá captar imágenes y videos sobre el fruto dado.



VIDEO (Tx)/ (Rx):

Estos equipos servirán para poder transmitir en tiempo real la transmisión de video e imágenes fotográficas desde el espacio con una señal fija y clara, donde el Tx o transmisor de video va instalado a bordo con la cámara que se utilice.



PANTALLA A COLOR:

Se utiliza para visualizar los vuelos en tiempo real, también se puede utilizar table, móvil inteligente Android, etc. Depende lo que se quiere hacer y el lugar del vuelo.



RECEPTOR(Rx):

Este pequeño equipo va a bordo de la aeronave y se encarga de recibir las señales del radio transmisor (Tx), cuando el vuelo es controlado con el transmisor desde tierra.



RADIO TRANSMISOR:

Equipo utilizado desde tierra para pilotar la aeronave que se encuentra en vuelo sacándolo desde tierra navegar y aterrizarlo. Estos equipos utilizan varios canales de pilotaje.



BATERIAS LIPO:

Estas se utilizan a bordo en la aeronave para su funcionamiento. También son utilizadas en el Radio Transmisor principalmente. Su voltaje varía dependiendo el voltaje que se quiere utilizar en nuestro caso deben de ser para la aeronave de 11.1v a más. También para la pantalla y el video Rx, en tierra.



VARIADORES O ESC.:

Los variadores son los que ayudan a poder encender, apagar, acelerar u desacelerar a los motores y estos variadores van conectados a la tarjeta controladora o tarjeta principal de control.

4.1.2. *Diagramas correspondientes a la metodología*

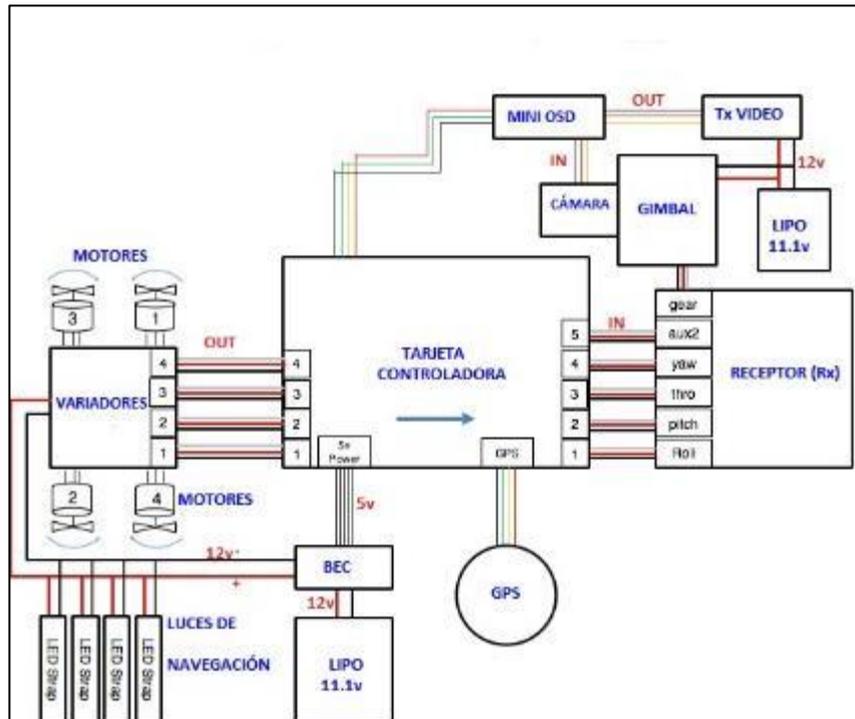


Fig. 9. Diagrama de conexión de componentes
Fuente: Elaboración propia.

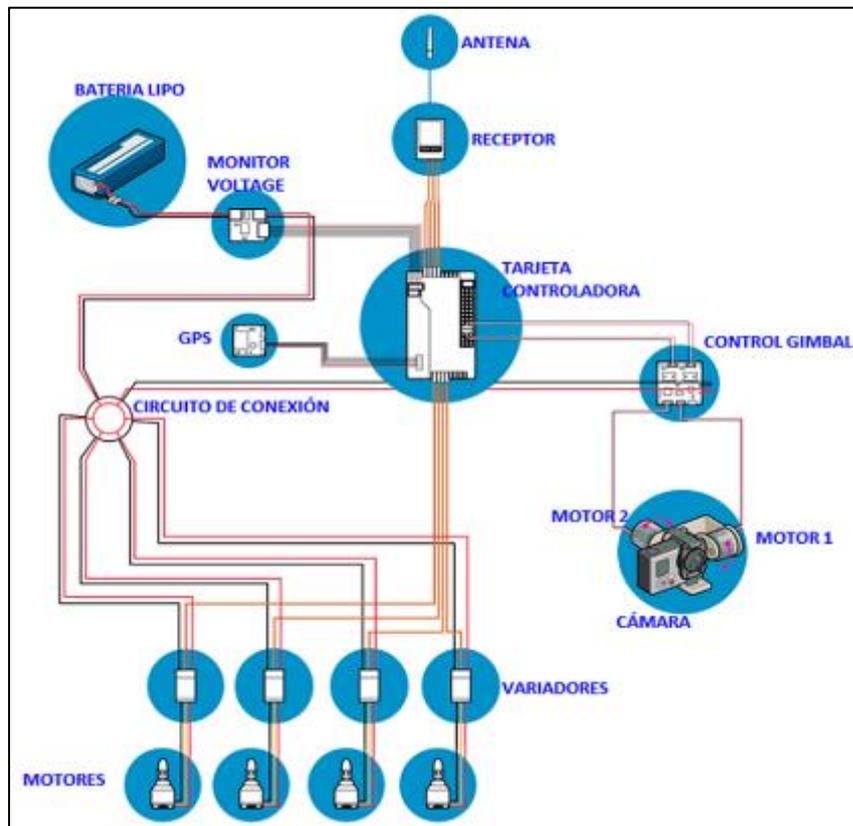


Fig. 10. Distribución del sistema de componentes electrónicos

Fuente: Elaboración propia.

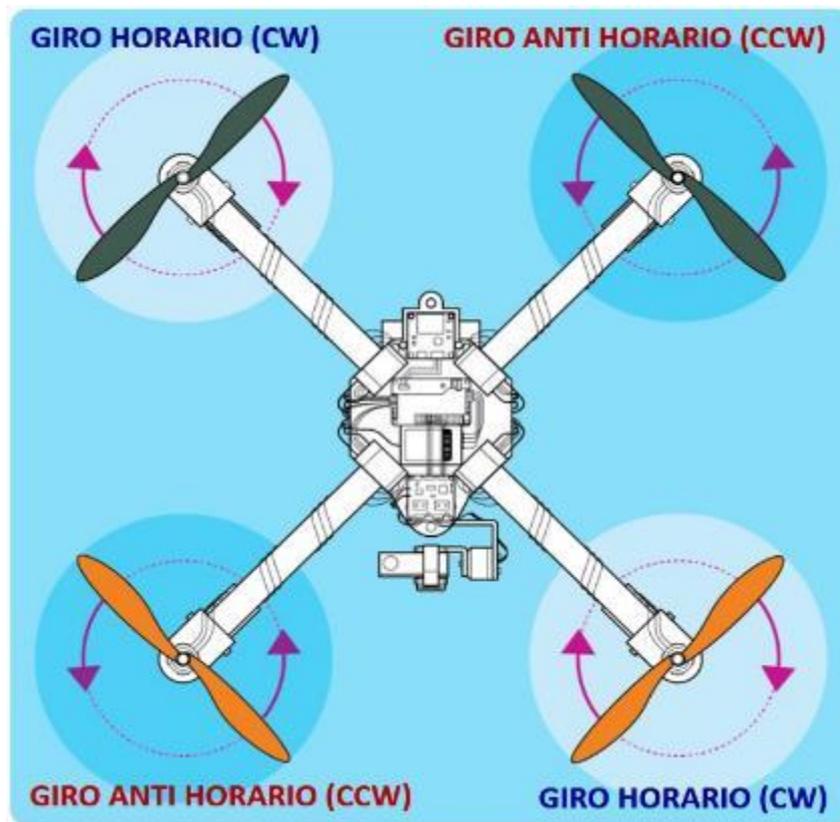


Fig. 11. Giro de hélices en el cuadricóptero
Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Armado del dron

Una vez ya comprado los instrumentos, se pasa al armado en el cual lo principal entre todas las piezas es la tarjeta controladora, porque en ella se tendrá que programar el código, con la ayuda del id en específico. Luego de ello, se realizará el armado de las piezas tal y como se referencia en las siguientes imágenes.



Fig. 12. Componentes desarmados
Fuente: Elaboración propia.

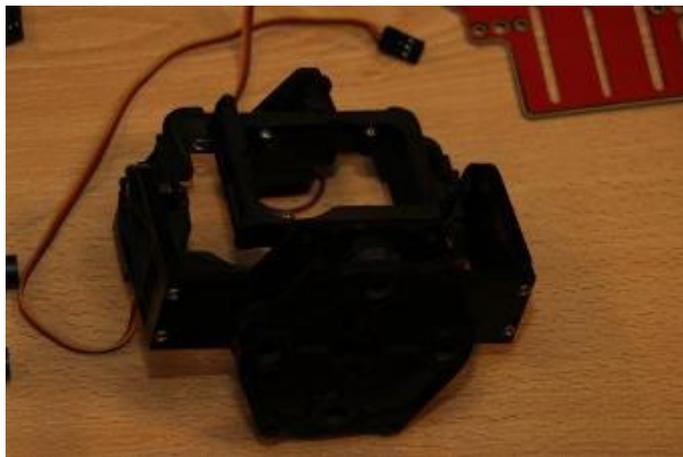


Fig. 13. Gimbal usado en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

El gimbal se usará para el movimiento de la cámara, tanto de derecha e izquierda, arriba y abajo.

Al igual de ello, también ayuda a la estabilización de la cámara para poder llevar así una mejor captura del fruto, ayudando al agricultor en poder evaluar el fruto en tiempo real, o igual guardando las imágenes.



Fig. 14. Hélices o brazos usados en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

Los brazos, ayuda a poder mantener los motores con las hélices del dron para su vuelo, igual a su estabilidad de la aeronave no tripulada (UAV).



Fig. 15. Variadores usados en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

Variadores (ESC), esto permitirá mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de energía para cada uno de los motores y reducir o aumentar su velocidad.

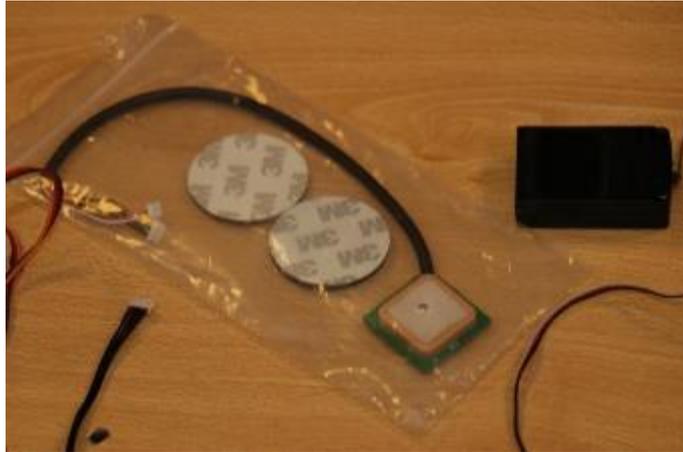


Fig. 16. Gps usado en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

El GPS ayudara a obtener punto exacto, trayectoria de su vuelo conectándose a un satélite.

El cual también nos ayudara a automatizar el vuelo mediante los wrap point (puntos de referencia) para llevar acabo dicho vuelo ante dicha hectárea programada.



Fig. 17. Soldando cable en placa usado en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

Soldando la polaridad de los variadores a la tarjeta. Es parte del armado el cual nos ayuda a fijar bien las piezas.



Fig. 18. Posición de brazos en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 19. Fijación de las hélices usadas en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

Fijando bien los pernos para que más adelante no haya ningún inconveniente con la movilidad del producto.



Fig. 20. Conexión de cables en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 15 se observa ya el armado de los brazos, los vareadores, los cables para tener conexión y el acabado de la parte principal del cuerpo.



Fig. 21. Calibración de tarjeta Ardupilot en la aeronave
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. *Preparación para entrenar el modelo*

Para entrenar el vehículo aéreo no tripulado fueron necesarias utilizar cien imágenes, con la finalidad que los resultados sean más precisos y cumplan con las necesidades del negocio. A continuación, se mostrará parte de las imágenes que se han empleado para el entrenamiento.



Fig. 22. Evidencia de las imágenes para entrenamiento del dron – parte 1
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 23. Evidencia de las imágenes para entrenamiento del dron – parte 2
Fuente: Elaboración propia.

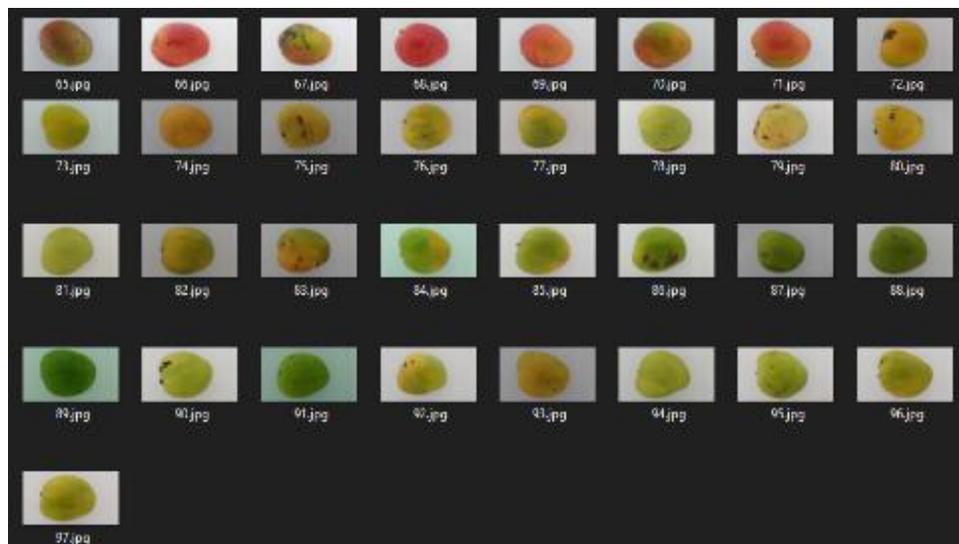


Fig. 24. Evidencia de las imágenes para entrenamiento del dron – parte 3
Fuente: Elaboración propia.

De estas imágenes, noventa y siete se han obtenido de la misma plantación del caso de estudio. Estas fueron tomadas aleatoriamente de las 50 plantaciones que se ha considerado en la muestra. Las imágenes fueron tomadas con fondo de hoja bond para entrenar y registrar los diversos patrones.

Para el entrenamiento, específicamente se utilizaron x imágenes de entrenamiento de mangos maduros y e imágenes de entrenamiento de mangos no maduros.



Fig. 25. Evidencia de mangos maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 26. Evidencia de mangos maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 27. Evidencia de mangos maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 28. Evidencia de mangos maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 29. Evidencia de mangos no maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 30. Evidencia de mangos no maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 31. Evidencia de mangos no maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 32. Evidencia de mangos no maduros para el entrenamiento del dron
Fuente: Elaboración propia.

Para verificar la funcionalidad correcta del vehículo aéreo no tripulado, se realizaron dos pruebas. Ambas permitieron evaluar pruebas de vuelo, altura y velocidad del aire. La primera prueba se realizó en el campus de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y la segunda en los ambientes del caso de estudio. La precisión alcanzada cuando se entrenó el modelo superó el 0.07 de validez, es decir, que el dispositivo cumple con los requisitos mínimos para hacer utilizado con los fines programados.

4.1.5. *Funcionalidad del modelo computacional*

Primero, el dron es preparado en la caseta de la plantación. En ese lugar se verifica la configuración se toma en cuenta los siguientes puntos: GPS, latitud, longitud, distancia y orientación que serán revisados en la aplicación misionPlaner.



Fig. 33. Pruebas de ubicación
Fuente: Elaboración propia.

Seguido a las pruebas de ubicación, se configurará el recorrido que tendrá que seguir el dron por toda la plantación de la cosecha de mango. Se requiera insertar los puntos de referencia (Wap Points) en el mapa para que así tenga referencia del lugar (campo) y el sentido de vuelo que la aeronave realizará.



Fig. 34. Ejemplo de ubicación de Wrap Point en el campo
Fuente: Elaboración propia.

Después de ello, el dron reconocerá el campo y esto se podrá visualizar mediante la señalización de colores para una mayor comprensión. En la imagen 35 se muestra la configuración final del recorrido que realizará en el campo para poder llevar a cabo el proceso de cosecha, de ello se logrará anotar lo siguiente: El punto “verde”: es el punto inicial y final donde se posicionará la aeronave, los puntos “rojos”: es el límite de campo donde la aeronave tiene a volar.



Fig. 35. Ejemplo de configuración final del recorrido
Fuente: Elaboración propia.

En la imagen 36 se observa como el estabilizador (flecha azul) reconoce la orientación del vuelo (líneas amarillas), los Wap Points (puntos verdes) y el lugar donde estaría el dron (aeronave de color rojo). Una vez iniciado el vuelo, el dron reconocerá los frutos que se encuentran en los extremos de los árboles, en caso no tenga frutos en esos extremos o requiera el agricultor revisar frutos ocultos se procederá a una manipulación manual.



Fig. 36. Indicador del recorrido
Fuente: Elaboración propia.

El dron pasa por las plantaciones y el usuario captura la imagen de manera manual. Esta puede contener la foto de varios frutos, plantaciones o de un fruto solamente, el dron está entrenado para reconocer plantaciones completas.

Las imágenes son tomadas y guardadas en la tarjeta SD de la cámara. Una vez realizado todo el recorrido, estas figuras son observadas en la computadora, colocando la tarjeta SD.

Las imágenes son evaluadas a través manualmente mediante el sistema implementado “Reconocimiento de mangos” para clasificarlas y obtener el resultado de pigmentación de las plantaciones.



Fig. 37. Imagen capturada por el dron
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 38. Imagen ca Fig. 39. Imagen capturada por el dron
Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Estabilidad del dron

Para la estabilidad del dron se debe tener los siguientes puntos de referencia:

1. La tarjeta controladora solicita lecturas de velocidad y aceleración de los sensores (variadores) de la aeronave.
2. Luego de ello se pasa a medir ($^{\circ}/s$), eso quiere decir, calcular cuántos grados rota cada eje por segundo.
3. Esto dependerá del viento que llega a cada motor y si necesita mayor fuerza (PID - conseguir un error entre la consigna de velocidad y la velocidad real de $0^{\circ}/s$) cada motor.

Toda esa secuencia se conoce como “Lazo de control”, por lo tanto, se tendrá que mantener en un loop infinito por cada 6ms.

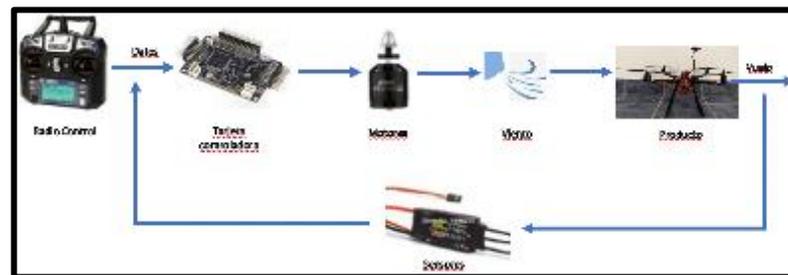


Fig. 40. Ciclo de Lazo Control
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 41. Partes del Radio Control
 Fuente: Elaboración propia.

De las partes del radio control se tienen lo siguiente:

- a) Los Pitch: se usan para para elevar y bajar los giros de los motores (subir y bajar el dron) y el
- b) Yaw: para que pueda girar de derecha a izquierda.

Estas señales llegan a los sensores para se ejecute dicha acción maniobrada.

El objetivo de nuestro PID será hacer que el error (como se presenta en la siguiente formula) sea siempre de 0, para ello se deberá contrarrestar el viento y actuar sobre los motores (acelerando o decelerando) si existe alguna variedad del dron.

$$\text{Err.1} = w \text{ Pitch}^* (\text{mando}) - w \text{ Pitch} (\text{IMU}) = 0 \text{ rad/s} - 10\text{rad/s} = -10\text{rad/s}$$

Por parte del procesamiento de imágenes, se ha usado el modelo computacional basado en el conjunto de neuronas (redes neuronales), para la limpieza de imágenes y una buena leída de histograma se usará el filtro Blur, el cual se basa en distorsionar la imagen y así saber con más precisión las características de ella. Toda esa extracción se visualiza en la siguiente imagen.

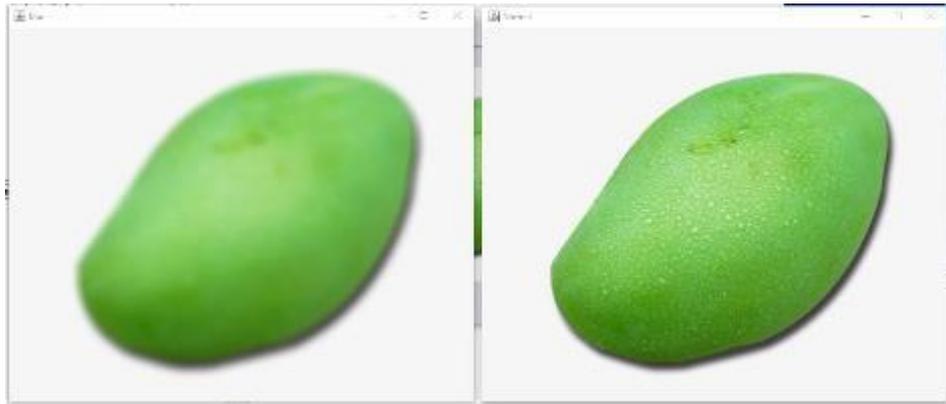


Fig. 42. Fruto del mango no maduro con filtro Bur
Fuente: Elaboración propia.

Luego de ello, se pasa a extraer las características RGBA (red, Green, blue y alpha) para saber la pigmentación (histograma de color) de la imagen que se desee.

El resultado de la extracción del color de las imágenes es de valores decimales, tanto como el RGB son valores únicos para cada imagen, pero el alpha, en la mayoría de las veces, tiene el mismo valor para las imágenes. Luego de eso, se guarda todas las características en una base de datos:

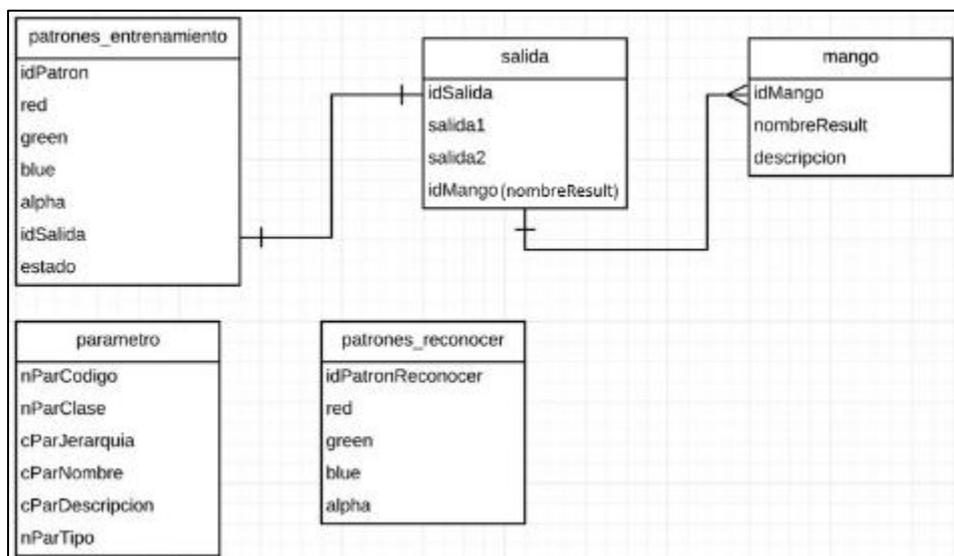


Fig. 43. Base de datos
Fuente: Elaboración propia.

El diccionario de datos será explicado en el Anexo N.º 16 para una mayor comprensión del gráfico. Se tendrá un idPatron único para todas las imágenes que se guarden, adicionalmente los valores de los colores, únicos para cada una de las imágenes, y luego una salida.

Puesto ya lo investigado anteriormente en [17], [18] y [19], se ve factible hacer el uso de 02 neuronas para su mejor entrenamiento teniendo, así como resultado 02 valores los cuales serían: 1 (0,0) o 2 (1,0).

TABLA VIII
BASE DE DATOS

Salida			
idSalida	salida1	salida2	idMango
1	0.0	0.0	1
2	1.0	1.0	2

Las técnicas más usadas para estos temas son forward propagation y back propagation; el usado para esta investigación es el back propagation puesto que ya obtenidas las características relevantes de nuestro estudio (color y madures).

Luego de ingresado, entrenado y guardado todos los datos, la red comienza a entrenarse por sí misma, creando arrays (matrices) por cada reconocimiento que haga en una imagen, haciendo así un recorrido por toda la base de datos, haciendo una comparación y obteniendo un resultado, que en este caso es: si es maduro o no maduro.

En esta investigación se ha podido captar alrededor de 100 imágenes de todos los 25 árboles seleccionados aleatoriamente de la hectárea con la ayuda del vehículo aéreo no tripulado, que se ha demorado alrededor de 4 minutos al recorrer toda una hectárea autónomamente y de forma manual alrededor de 7 minutos ya que el agricultor se tomaba el tiempo de poder observar por el panel dichos frutos. El resultado de las imágenes es el siguiente:

TABLA IX
CANTIDAD TOTAL DE IMÁGENES

Imagen	Total +	Falso +	Falso -
Maduras	20	10	5
No maduras	30	11	7
No reconocidas		17	
Total		100	

En el tema del aprendizaje se ha demorado 13 milisegundos al poder tomar todas las características del fruto como se puede observar en la siguiente imagen:

En este proceso se debe de obtener las características de color, que primero se tendrá que ecualizar la imagen (eliminar el ruido) de ella para que pueda reconocerlo mejor como se observa en el siguiente código:

```
public static double[] ExtraccionCaracteristica_Color(String ruta) throws IOException {  
    File file1 = new File(ruta);  
    BufferedImage bil = ImageIO.read(file1);  
    bil = Quantization.quantizeImageColor(Quantization.MASK_I, bil);  
    //  
    Extractor_Histogram eh = new Extractor_Histogram();  
  
    HistogramColor hcl = new HistogramColor(bil.getHeight(), bil.getWidth(), eh.histogramGrayscale(bil));  
    return hcl.getBE_vector();  
}
```

Fig. 44. Código del software de reconocimiento de maduración
Fuente: Elaboración propia.

Se extraerá a la ruta de la imagen, se ecualiza la imagen, un ejemplo de cómo se ecualiza la imagen por el filtro BLUR es el siguiente:

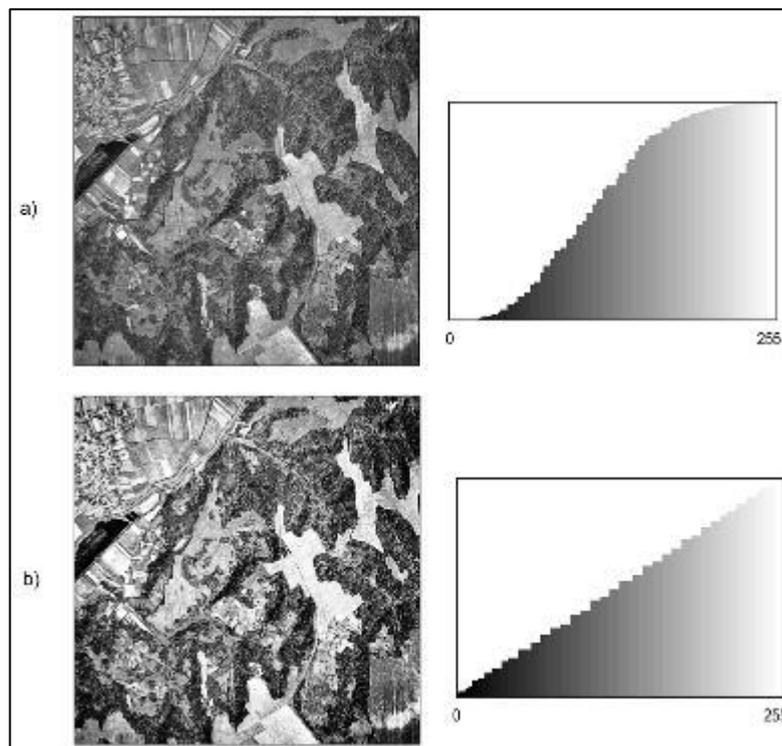


Fig. 45. Imagen referencial de [20]



Fig. 47. Imagen del resultado obtenido

4.2. *En base a los objetivos de la investigación*

4.2.1. *Reducir el tiempo de revisión de la cosecha de mango.*

Para medir este objetivo se ha realizado un vehículo aéreo no tripulado que permitirá reducir el tiempo en el proceso de cosecha de mango.

- Primera prueba: Tiempo para ejecutar el sistema.

N° Documento: 01	
Cod. Documento: Doc_Tiem	
Nombre de Documento: Tiempo en ejecución del sistema	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> - Contabilizar el tiempo usando el sistema del vehículo aéreo no tripulado. 	
Descripción:	
Se establece una capacitación del sistema para controlar los tiempos. La primera prueba se realizó el 15 de octubre.	
Documento:	
Realizado por:	Tesista
Revisado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Aprobado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Fecha: 15 de octubre de 2018	Hora: 4:00 pm
Lugar: Finca (ciudad de Lambayeque)	
Actores involucrados internos:	Actores involucrados externos:
<ul style="list-style-type: none"> - Encargados del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> - Tesista
Detalle:	

Se realizó la primera prueba para controlar los tiempos. El usuario tardó trece minutos y medio aproximadamente para ejecutar el sistema del vehículo aéreo no tripulado. Cada parte fue explicada y ejecutada a la vez.

Fuente de datos de ingreso: Sistema del vehículo aéreo no tripulado

Conclusión:

- Se calcularon tiempos en la ejecución del sistema.

Encargados del proceso

Tesista

- Segunda prueba: Tiempo para ejecutar el sistema

N° Documento: 2	
Cod. Documento: Doc_Tiem	
Nombre de Documento: Tiempo en ejecución del sistema	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> - Contabilizar el tiempo usando el sistema del vehículo aéreo no tripulado. 	
Descripción:	
Se establece una capacitación del sistema para controlar los tiempos. La segunda prueba se realizó el 19 de octubre.	
Documento:	
Realizado por:	Tesista
Revisado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Aprobado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Fecha: 19 de octubre de 2018	Hora: 4:00 pm
Lugar: Finca (ciudad de Lambayeque)	
Actores involucrados internos:	Actores involucrados externos:
<ul style="list-style-type: none"> - Encargados del proceso 	<ul style="list-style-type: none"> - Tesista
Detalle:	
Se realizó la segunda prueba para controlar los tiempos. El usuario tardó 11 minutos y cuarenta segundos aproximadamente para ejecutar el sistema del vehículo aéreo no tripulado. Cada parte fue explicada y ejecutada a la vez.	
Fuente de datos de ingreso: Sistema del vehículo aéreo no tripulado	
Conclusión:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se calcularon tiempos en la ejecución del sistema. 	
_____	_____
Encargados del proceso	Tesista

- Tercera prueba: Tiempo para ejecutar el sistema

N° Documento: 3	
Cod. Documento: Doc_Tiem	
Nombre de Documento: Tiempo en ejecución del sistema	
Objetivos: - Contabilizar el tiempo usando el sistema del vehículo aéreo no tripulado.	
Descripción: Se establece una capacitación del sistema para controlar los tiempos. La tercera prueba se realizó el 25 de octubre.	
Documento:	
Realizado por:	Tesista
Revisado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Aprobado por:	Ing. William Alfredo Noblecilla Vinces
Fecha: 25 de octubre de 2018 Lugar: Finca (ciudad de Lambayeque)	Hora: 4:00 pm
Actores involucrados internos: - Encargados del proceso	Actores involucrados externos: - Tesista
Detalle: Se realizó la tercera prueba para controlar los tiempos. El usuario tardó 9 minutos y 14 segundos aproximadamente para para ejecutar el sistema del vehículo aéreo no tripulado. Esta vez solo se observó cómo el usuario interactuaba con el sistema	
Fuente de datos de ingreso: Sistema del vehículo aéreo no tripulado	
Conclusión: - Se calcularon tiempos en la ejecución del sistema.	
_____ Encargados del proceso	_____ Tesista

Se evaluaron los tiempos en tres partes, con la finalidad de verificar si este disminuyó, los resultados se mostrarán en la tabla. Se realizaron las capacitaciones necesarias para que el usuario final maneje adecuadamente el vehículo aéreo no tripulado y el sistema para obtener los datos que se han programado. Esta explicación empezó con la estructura del dron y el recorrido que debe ser configurado para que vuele por toda la media hectárea, que es la muestra de esta investigación. La funcionalidad del sistema está descrita en la parte de Resultados, en el punto 4.1.5. Funcionalidad del modelo computacional.

TABLA X
TIEMPO EN LA UTILIZACIÓN DEL DRON Y EL SISTEMA

Partes	Tiempo
Primer tiempo	13 min 30 seg
Segundo tiempo	11 min 40 seg
Tercer tiempo	9 min 14 seg

Una vez tomadas las fotografías por toda la plantación, el usuario retira la tarjeta SD de la cámara del dron y la coloca en el equipo para ser visualizada y analizada por el sistema. Es necesario recalcar que los indicadores que marcarán los estados del fruto son dos: maduro y no maduro. Se han seleccionado cuatro imágenes con diferentes características para validar y evidenciar el resultado que arroja el sistema. El resultado fue el siguiente:

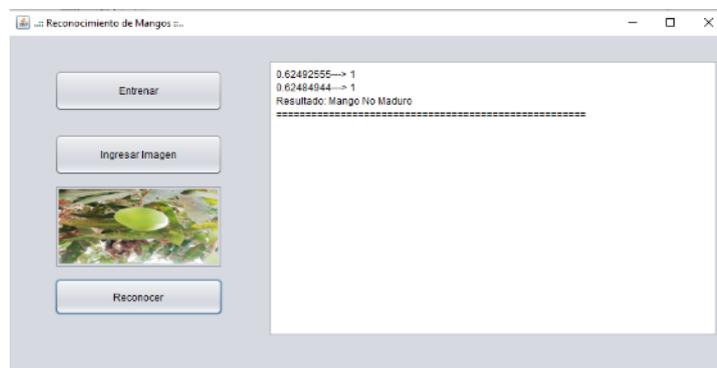


Fig. 48. Primera imagen seleccionada



Fig. 49. Segunda imagen seleccionada

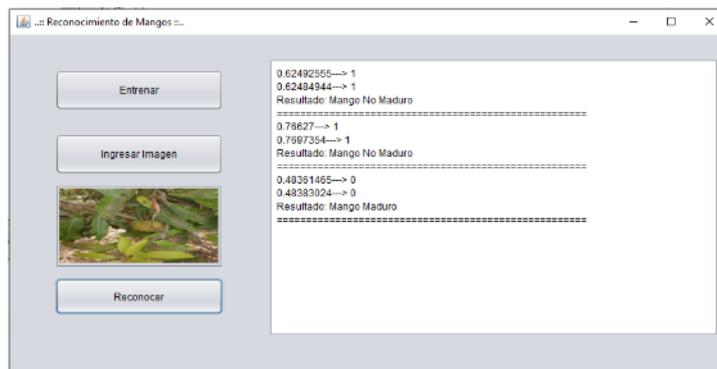


Fig. 50. Tercera imagen seleccionada

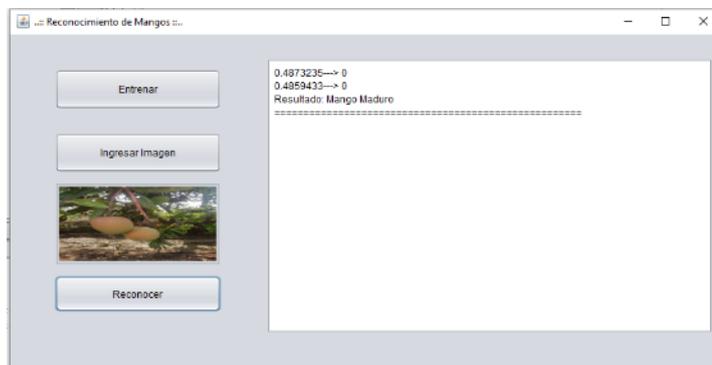


Fig. 51. Cuarta imagen seleccionada

Para corroborar que el usuario final esté de acuerdo con los resultados obtenidos del sistema se han realizado tres preguntas para conocer el grado de aceptación del sistema con respecto al resultado final, en este caso la obtención del estado del mango. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Para usted, cuáles son los estados primordiales que debe saber del estado del mango?

En este caso, los estados que predominan en la cosecha del mango son: maduro y no maduro para una clasificación. Existen otros estados, pero normalmente son muy escasos y solo aparecen en algunas temporadas. Para este sistema es indispensable que se obtengan los dos estados descritos anteriormente.

2. ¿El sistema obtiene los resultados que desea con respecto a los estados del mango?

Sí, el sistema obtiene los dos indicadores del estado del mango que se ha solicitado.

3. ¿El tiempo del sistema para dar el resultado es inmediato?

Sí, el tiempo para obtener el estado del mango maduro o no maduro se obtiene de manera rápida, en cuestión de segundos.

4.2.2. *Identificar zonas de maduración del fruto usando imágenes clasificadas.*

Las zonas de maduración se obtienen por medio de la extracción del color del fruto. Se ha usado el modelo computacional basado en el conjunto de neuronas (redes neuronales), para la limpieza de imágenes y una buena lectura de histograma se usará el filtro Blur, el cual se basa en distorsionar la imagen y así saber con más precisión las características de ella.

Después de ello, se extraen las características RGBA (red, Green, blue y alpha) para saber la pigmentación (histograma de color) de la imagen que se desee. El resultado de la extracción del color de las imágenes es de valores decimales, tanto como el RGB son valores únicos para cada imagen, pero el alpha, en la mayoría de las veces, tiene el mismo valor para las imágenes. Luego de eso, se guarda todas las características en una base de datos. Para una mayor comprensión se mostrarán dos imágenes en las cuales se extraerá el color

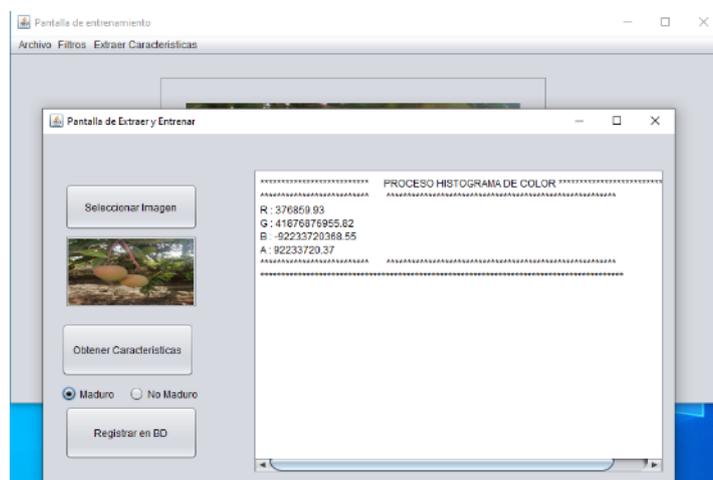


Fig. 52. Imagen de extracción de color de mango maduro
Fuente: Elaboración propia

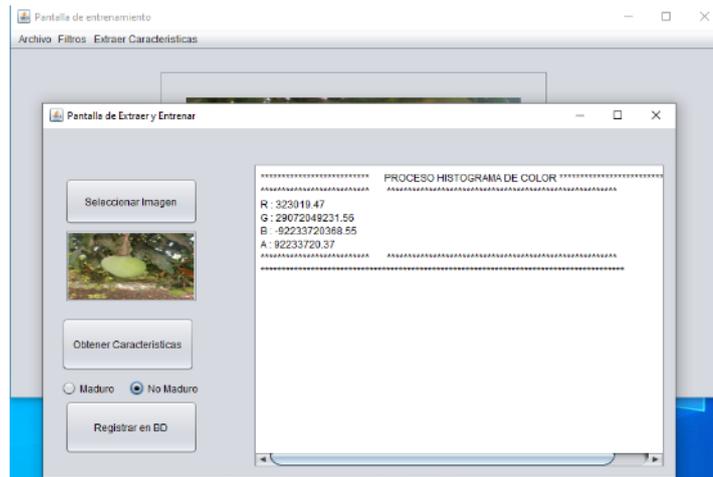


Fig. 53. Imagen de extracción de color de mango no maduro
Fuente: Elaboración propia.

Con la implementación del sistema y del vehículo aéreo no tripulado, las zonas de maduración han sido reconocidas por medio de la pigmentación del fruto. El entrenamiento del dron ha permitido obtener distintas formas de reconocer el estado de mango maduro y no maduro. Las imágenes analizadas en el sistema permiten ubicar claramente el estado del mango y así poder conocer cuáles son las zonas de maduración y cuales no dentro de la plantación.

4.2.3. *Evaluar el grado de satisfacción del sistema por parte del trabajador de la finca.*

Este objetivo será evaluado a partir de la implementación del vehículo aéreo no tripulado para el apoyo del proceso de cosecha de mango y del cumplimiento de todos los objetivos cumplidos. Para esto se ha realizado una encuesta que se basó en el modelo de aceptación tecnológica (TAM).

Resultados de encuesta: TAM

1. Usar un vehículo aéreo no tripulado ayudaría a hacer sus tareas más rápido.

TABLA XI
ENCUESTA TAM – N°1

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	0	0%
Bastante probable	8	80%
Extremadamente probable	2	20%
TOTAL	10	100%



Fig. 54. Encuesta TAM – N°1

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 8 que corresponden al 80% afirman que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado ayude a hacer sus tareas más rápido, 2 trabajador que

corresponden al 20% respondieron que es extremadamente probable que un sistema de pronóstico de compras ayude a hacer sus tareas más rápido, dejando a los demás items con valor 0.

2. Usar un vehículo aéreo no tripulado mejoraría el desempeño de su trabajo.

TABLA XII
ENCUESTA TAM – N°2

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	5	50%
Extremadamente probable	3	30%
TOTAL	10	100%

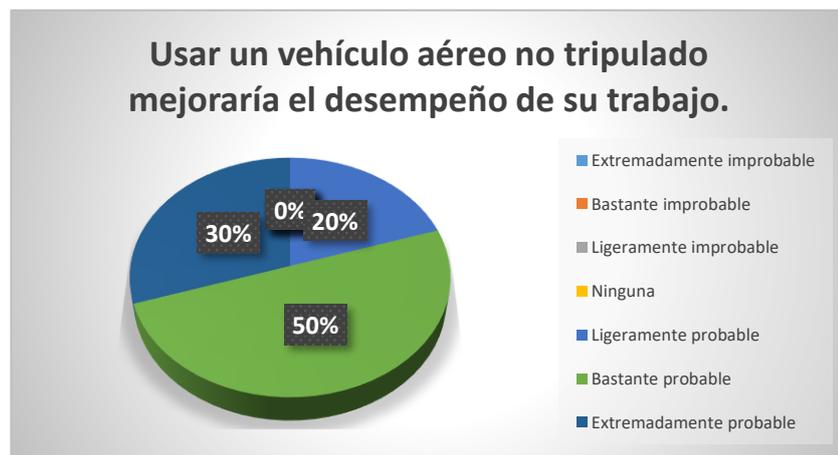


Fig. 55. Encuesta TAM – N°2

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado mejoraría el desempeño de su trabajo, 5 que corresponden al 50% respondieron que es bastante probable que un sistema de pronóstico de compras mejoraría el desempeño de su trabajo, 3 que corresponde al 30% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado mejoraría el desempeño de su trabajo, dejando a los demás items con valor 0.

3. Usar un vehículo aéreo no tripulado incrementaría su productividad.

TABLA XIII
ENCUESTA TAM – N°3

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	6	60%
Extremadamente probable	2	20%
TOTAL	10	100%



Fig. 56. Encuesta TAM – N°3

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado incrementaría su productividad, 6 que corresponden al 60% respondieron que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado incrementaría su productividad, 2 que corresponde al 20% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado incrementaría su productividad, dejando a los demás ítems con valor 0.

4. Usar un vehículo aéreo no tripulado aumentaría la efectividad en su trabajo.

TABLA XIV
ENCUESTA TAM – N°4

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	4	40%
Extremadamente probable	4	40%
TOTAL	10	100%



Fig. 57. Encuesta TAM – N°4

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado aumentaría la efectividad en su trabajo, 4 que corresponden al 40% opinan que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado aumentaría la efectividad en su trabajo, 4 que corresponde al 40% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado aumentaría la efectividad en su trabajo, dejando a los demás ítems con valor 0.

5. Usar un vehículo aéreo no tripulado facilitaría la realización de su trabajo.

TABLA XV
ENCUESTA TAM – N°5

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	5	50%
Extremadamente probable	3	30%
TOTAL	10	100%

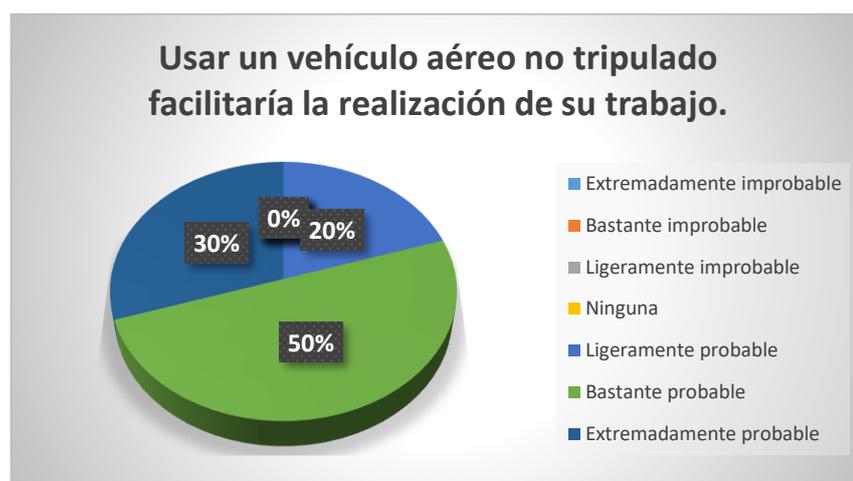


Fig. 58. Encuesta TAM – N°5

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado facilitaría la realización de su trabajo, 5 que corresponden al 50% respondieron que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado facilitaría la realización de su trabajo, 3 que corresponde al 30% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado facilitaría la realización de su trabajo, dejando a los demás items con valor 0.

6. Encontraría un vehículo aéreo no tripulado útil en su trabajo.

TABLA XVI
ENCUESTA TAM – N°6

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	0	0%
Bastante probable	6	60%
Extremadamente probable	4	40%
TOTAL	10	100%

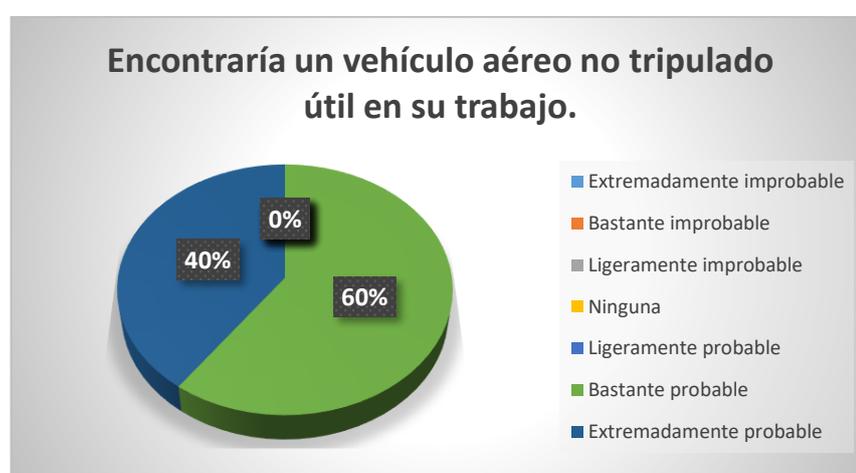


Fig. 59. Encuesta TAM – N°6

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 6 que corresponden al 60% afirman que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado sea útil en su trabajo, 4 que corresponde al 40% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado sea útil en su trabajo, dejando a los demás items con valor 0.

7. Aprender a utilizar un vehículo aéreo no tripulado sería fácil para usted.

TABLA XVII
ENCUESTA TAM – N°7

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	1	10%
Ligeramente probable	3	30%
Bastante probable	5	50%
Extremadamente probable	1	10%
TOTAL	10	100%

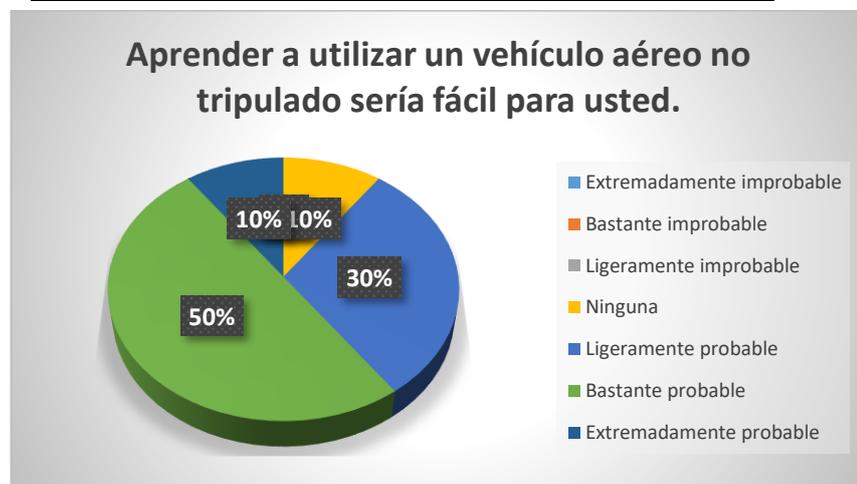


Fig. 60. Encuesta TAM – N°7

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 1 que corresponde al 10% han seleccionado alguno de los ítems, 3 que corresponden al 30% afirman que es ligeramente probable que aprender a utilizar un vehículo aéreo no tripulado sería fácil, 5 trabajadores que corresponden al 50% respondieron que es bastante probable aprender a utilizar un vehículo aéreo no tripulado sería fácil, 1 que corresponde al 10% respondieron que es extremadamente probable aprender a utilizar un vehículo aéreo no tripulado sería fácil, dejando a los demás ítems con valor 0.

8. Le resultaría fácil utilizar un vehículo aéreo no tripulado para hacer lo que usted quiere que haga.

TABLA XVIII
ENCUESTA TAM – N°8

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	7	70%
Extremadamente probable	1	10%
TOTAL	10	100%



Fig. 61. Encuesta TAM – N°8

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable utilizar de manera fácil un vehículo aéreo no tripulado para hacer lo que usted quiere que haga, 7 que corresponden al 70% respondieron que es bastante probable utilizar de manera fácil un vehículo aéreo no tripulado para hacer lo que usted quiere que haga, 1 que corresponde al 10% respondieron que es extremadamente probable utilizar de manera fácil un vehículo aéreo no tripulado para hacer lo que usted quiere que haga, dejando a los demás items con valor 0.

9. Su interacción con un vehículo aéreo no tripulado sería claro y entendible.

TABLA XIX
ENCUESTA TAM – N°9

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	4	40%
Extremadamente probable	4	40%
TOTAL	10	100%

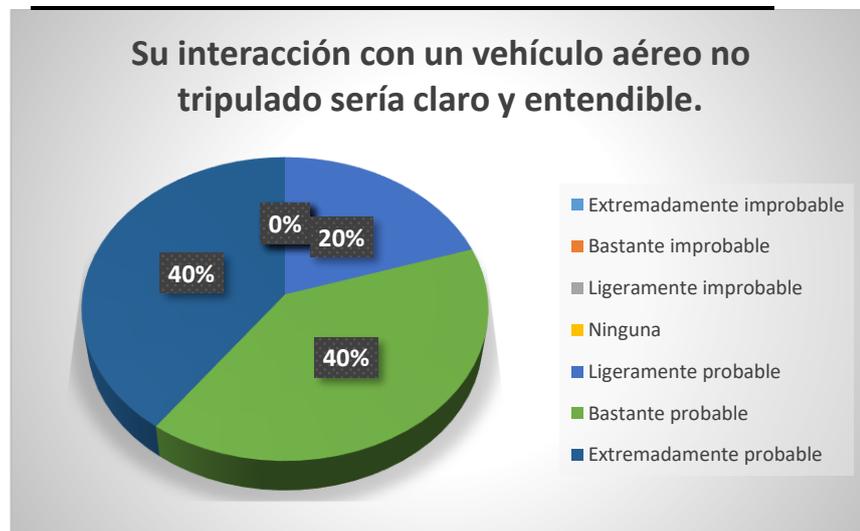


Fig. 62. Encuesta TAM – N°9

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable su interacción con un vehículo aéreo no tripulado de manera clara y entendible, 4 que corresponden al 40% respondieron que es bastante probable su interacción con un vehículo aéreo no tripulado de manera clara y entendible, 4 que corresponde al 40% respondieron que es extremadamente probable su interacción con un vehículo aéreo no tripulado de manera clara y entendible, dejando a los demás items con valor 0.

10. Encuentra un vehículo aéreo no tripulado flexible para interactuar con él.

TABLA XX
ENCUESTA TAM – N°10

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	3	30%
Bastante probable	5	50%
Extremadamente probable	2	20%
TOTAL	10	100%

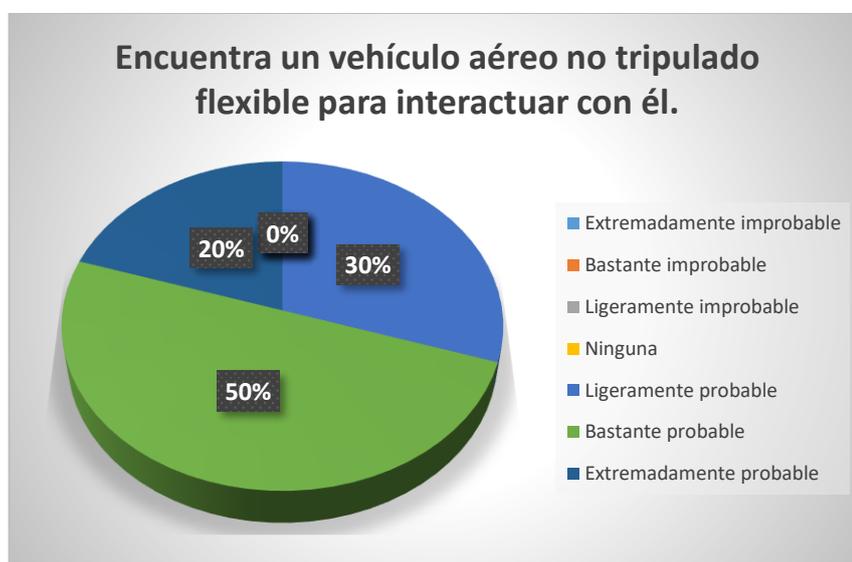


Fig. 63. Encuesta TAM – N°10

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 3 que corresponden al 30% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado sea flexible para interactuar con él, 5 que corresponden al 50% respondieron que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado sea flexible para interactuar con él, 2 que corresponde al 20% respondieron que es extremadamente probable que un vehículo aéreo no tripulado sea flexible para interactuar con él, dejando a los demás items con valor 0.

11. Sería fácil para usted llegar a ser un experto en el uso de un vehículo aéreo no tripulado.

TABLA XXI
ENCUESTA TAM – N°11

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	3	30%
Bastante probable	4	40%
Extremadamente probable	3	30%
TOTAL	10	100%



Fig. 64. Encuesta TAM – N°11

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 3 que corresponden al 30% afirman que es ligeramente probable llegar a ser un experto en el uso de un vehículo aéreo no tripulado de manera fácil, 4 que corresponde al 40% respondieron que es bastante probable llegar a ser un experto en el uso de un vehículo aéreo no tripulado de manera fácil y 3 que corresponden al 30% opinan que es extremadamente probable llegar a ser un experto en el uso de un vehículo aéreo no tripulado de manera fácil, dejando a los demás items con valor 0.

12. Encuentra un vehículo aéreo no tripulado fácil de utilizar.

TABLA XXII
ENCUESTA TAM – N°12

ITEMS	F	%
Extremadamente improbable	0	0%
Bastante improbable	0	0%
Ligeramente improbable	0	0%
Ninguna	0	0%
Ligeramente probable	2	20%
Bastante probable	8	80%
Extremadamente probable	0	0%
TOTAL	10	100%

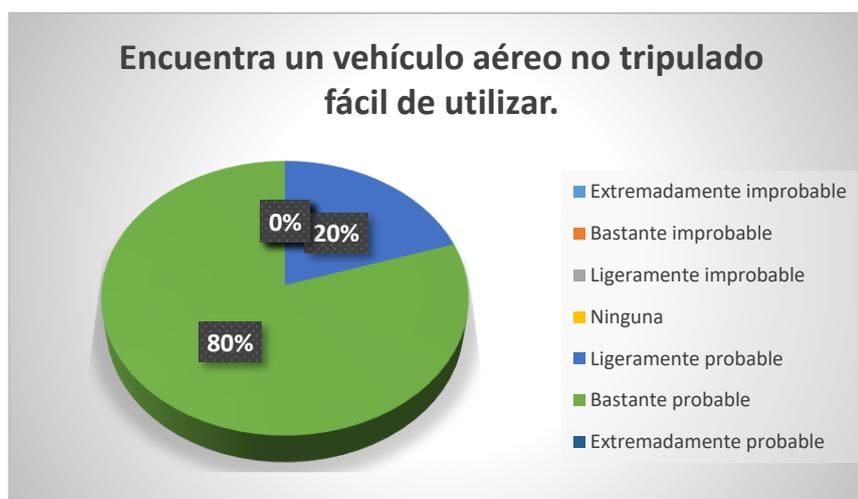


Fig. 65. Encuesta TAM – N°12

Análisis:

De los 10 trabajadores encuestados, 2 que corresponden al 20% afirman que es ligeramente probable que un vehículo aéreo no tripulado sea fácil de utilizar, 8 que corresponde al 80% respondieron que es bastante probable que un vehículo aéreo no tripulado sea fácil de utilizar, dejando a los demás items con valor 0.

V. Discusión

Se han hecho las pruebas pertinentes con los 10 trabajadores para analizar los siguientes indicadores.

Indicador N°1 y N°2:

Por estar fuertemente relacionados se evaluaron conjuntamente

- N°1: Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de manera manual.
- N°2: Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de forma automatizada.

Actualmente, la revisión del proceso de cosecha de mango se realiza de forma manual, ocupando muchas horas de tiempo y gran personal para realizar dicha función. Normalmente esta actividad demora un promedio de 30 minutos para revisar el estado del mango de media hectárea. Realizando la prueba de muestra relacionadas, estadísticamente, para comprobar la hipótesis si es aceptada o rechazada, utilizando los datos de la tabla adjunta a continuación:

TABLA XXIII
DATOS DEL INDICADOR DE TIEMPO, EN LA REVISIÓN DEL PROCESO DE COSECHA DE MANGO

Indicador	Descripción del proceso	O1 Sin software (minutos)	O2 Con software (minutos)	Diferencia (d)
Tiempo en la realización del proceso de cosecha de mango de manera manual y automatizada	Clasificación de mangos de acuerdo con su estado	30	9.14	20.86
			Media	20.86
			N (población)	10

O1: Es el tiempo en la realización de revisión del proceso de cosecha de mango de manera manual y automatizada sin el uso del vehículo aéreo no tripulado.

O2: Es el tiempo en la realización de revisión del proceso de cosecha de mango de manera manual y automatizada sin el uso del vehículo aéreo no tripulado.

Diferencia: Mediante el sistema propuesto se logró verificar el tiempo para la realización de revisión del proceso de cosecha de mango, de forma manual y automática, dando un 95% aproximadamente de mejora en la disminución de los tiempos, como se muestra en la tabla XXI.

TABLA XXIV
COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN EL INDICADOR DE TIEMPO EN LA REVISIÓN DEL PROCESO DE COSECHA DE MANGO

Indicador	Medida (min) Porcentaje de los tiempos medidos	Medida (min) Porcentaje de los tiempos medidos
Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de manera manual.	30	100%
Tiempo que demora para revisar el proceso de cosecha de mango de forma automatizada.	9.14	15%
Tiempo ganado	28.86	85%

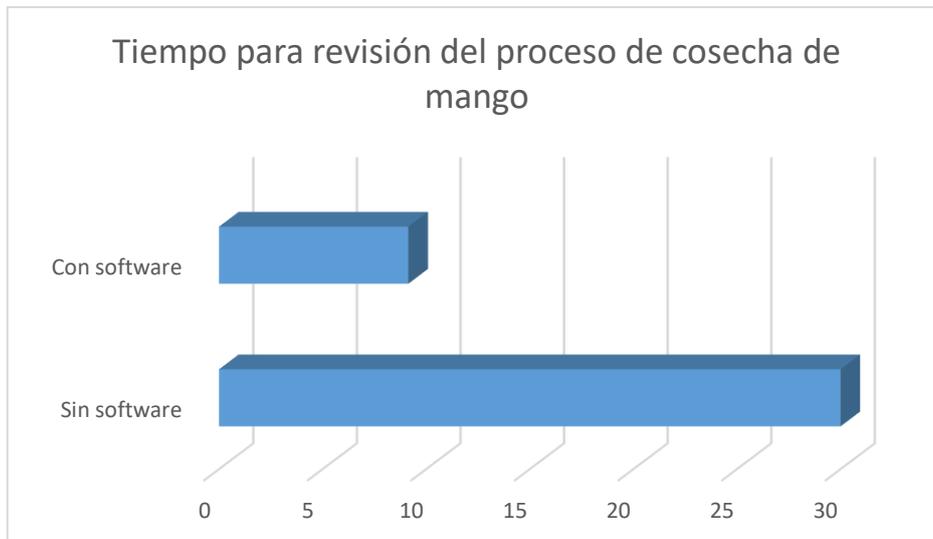


Fig. 66. Resumen del tiempo de revisión del proceso de cosecha de mango

Indicador N°3:

Clasificación de imágenes a través del pigmento del fruto y el tiempo que demora en su obtención.

La ubicación los puntos de control o Wrap Point mejora la precisión a través del GPS incorporado en el Dron. Por otra parte, la Cámara de alta resolución 1040p 60fps ayuda

mucho a ver los frutos que están ubicados en la parte más alta en la planta, luego de haber tomado las imágenes pasa al programa de reconocimiento de maduración, su tiempo de procesamiento por una imagen es de 42 milisegundos, con esto se apoyará al agricultor en observar toda una hectárea de cultivo de mango en muy menor tiempo.

TABLA XXV
DATOS DE TIEMPO PARA OBTENER DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL MANGO SEGÚN PIGMENTACIÓN

Indicador	Descripción del proceso	Milisegundos	Minutos
Tiempo en obtener estado de mango según pigmentación	Tiempo de estado no maduro	937 milisegundos	(0.015 minutos).
	Tiempo de estado maduro	426 milisegundos	0.007 minutos
		N (población)	10

Indicador N°4:

N°4: Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango.

TABLA XXVI
DATOS DEL INDICADOR DE NÚMERO DE INCIDENCIAS

Indicador	Descripción del proceso	O1 Sin software (veces/mes)	O2 Con software (veces/mes)	Diferencia (d)
Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango.	Inconveniencias presentadas en la finca	10	3	7
		Media		7
		N (población)		10

O1: Es el número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango por parte del cliente interno sin el uso del vehículo aéreo no tripulado.

O2: Es el número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango por parte del cliente interno con el uso del vehículo aéreo no tripulado.

Diferencia: Mediante el sistema propuesto se observaron una menor cantidad de incidencias para el proceso de cosecha de mango, lo cual cabe la posibilidad de aumentar la satisfacción del cliente interno.

TABLA XXVII
COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN EL INDICADOR DE NÚMERO DE INCIDENCIAS

Indicador	Incidentes medidos	Porcentaje de los reportes medidos
Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango sin software.	10	100%
Número de incidencias presentadas en el proceso de cosecha de mango con software.	3	30%
Incidencias disminuidas	7	70%

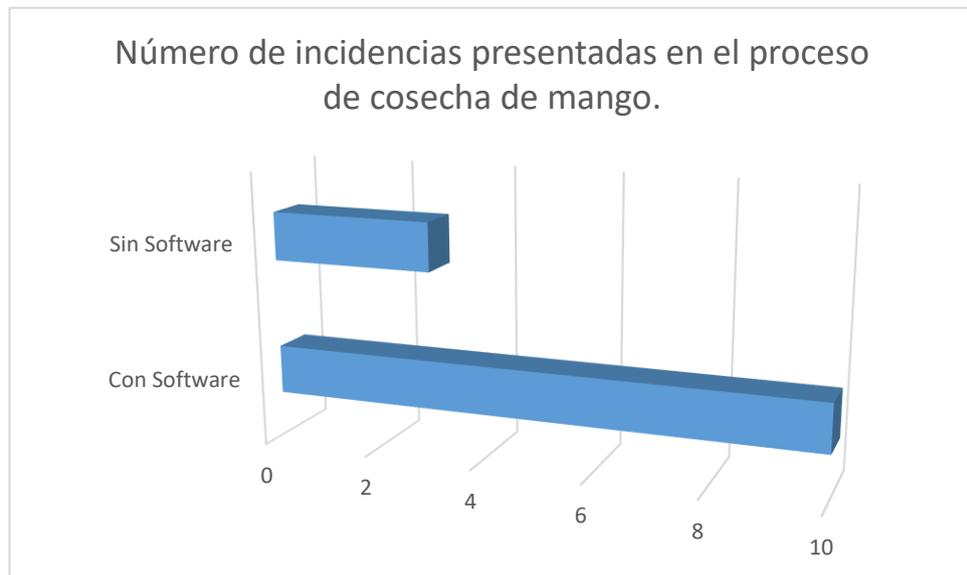


Fig. 67. Resumen de Fig. 68. Resumen del número de incidencias

VI. Conclusiones

Mediante el desarrollo de un vehículo aéreo no tripulado para apoyar el proceso de cosecha de mango en una finca de la ciudad de Lambayeque, en la presente tesis se concluye.

1. Mediante la implementación del vehículo aéreo no tripulado se logró satisfacer al cliente externo, en este caso a los trabajadores de una finca de la ciudad de Lambayeque. Se observó anteriormente que los inconvenientes presentados en el caso de estudio no permitían un desempeño eficiente para realizar una revisión del proceso de cosecha de mango, lo cual ocasionaba insatisfacción por parte de quien realiza dicha labor. Con el desarrollo de producto, se pudo aumentar en un 70% la satisfacción del cliente interno. El trabajador, encuentra a la herramienta útil y fácil de administrar.
2. Se demostró que el número de incidencias presentadas por la demora en la revisión del proceso de cosecha de mango disminuyeron. Se observó anteriormente que el número de incidencias causaban grandes conflictos en el desempeño laboral y el número de incidencias sobrepasaba las 10 al mes. Con el desarrollo del sistema se pudo realizar una adecuada y rápida revisión del proceso de cosecha de mango, obteniendo grandes beneficios incrementando su rentabilidad. El porcentaje de mejora fue de un 70%.
3. Mediante la implementación del vehículo aéreo no tripulado, se lograron conocer las zonas de maduración mediante el pigmento reconocido por el sistema. El tiempo de respuesta es instantáneo. Se observó con anterioridad que la entidad o caso de estudio no contaba con imágenes clasificadas que permitan obtener datos que ayuden a optimizar tiempos para revisión del proceso de cosecha de mango. De acuerdo con el desarrollo del aplicativo, el tiempo para obtener una descripción de imágenes clasificadas es la siguiente: mango no maduro (937 milisegundos), mango maduro (426 milisegundos).
4. Con la implementación del vehículo aéreo no tripulado se llegó a reducir considerablemente el tiempo de revisión del proceso de cosecha de mango, al tener imágenes clasificadas y respuestas en tiempos de respuesta rápidos. Se observó anteriormente que los tiempos para la revisión de proceso de cosecha de mango tardaba mas de media hora e incluso mas tiempo de acuerdo con los inconvenientes que pudieran surgir. El desarrollo del sistema permitió reducir

el porcentaje en un 85%. Gracias a ello se ha demostrado que se ha equilibrado el proceso de cosecha de mango.

VII. Recomendaciones

Tras haber culminado esta investigación y el desarrollo del Vehículo aéreo no tripulado para apoyar el proceso de cosecha de mango; a partir de esto surgen muchas posibles investigaciones futuras.

1. Para futuras investigaciones se recomienda analizar los diferentes modelos de armado de dron para poder elegir el más adecuado según las necesidades de la empresa de estudio. Se debe considerar un modelo computacional que vaya acorde con las funciones que se requieran.
2. Para garantizar la seguridad de la información, se recomienda al administrador del sistema que realice copias de seguridad o backups diarios de la información. Esto permitirá que la información esté almacenada y pueda tener en tiempo rápido para cualquier necesidad o inconveniente.
3. Se debe reconocer que la metodología para esta investigación es interesante y completa, porque permite un desarrollo totalmente iterativo y ordenado logrando el control de todos los recursos para el desarrollo del producto en el tiempo estimado.
4. El lenguaje que se ha usado para este tema de investigación ha sido JAVA, pero se recomienda para futuras investigaciones usar el lenguaje PHYTON.
5. Esta investigación reconoce a las imágenes a través del aprendizaje de redes neuronales, dejando la posibilidad utilizar lógica difusa para aplicarlo en las imágenes.
6. Esta investigación ha usado APM 2.8 Ardupilot para la configuración de la aeronave, dejando la posibilidad de poder usar Naza v2 para futuras investigaciones.
7. El lenguaje de programación usado en la configuración de la aeronave es Arduino, dejando la posibilidad de poder conectar y programar en PHP junto con JS.

VIII. Referencias

- [1] M. Baraona y E. Sancho, *Mango Y Aguacate. Fruticultura Especial 2*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2015. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=oPbpuCGyazcC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Accedido 1-12-2017]
- [2] Sergent Eduardo. “El cultivo del mango ("Mangifera indica" L.): botánica, manejo y comercialización”, CDCH UCV, 1999.
- [3] Gonzalo Cortés Enríquez, “Atlas agropecuario de Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia”, EUNED, Costa Rica, 1994.
- [4] Universidad Mayor de San Andrés. “La fotografía aérea y su aplicación a estudios geológicos y geomorfológicos: principios de percepción remota”, Volumen 1, 1992.
- [5] Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, “Introducción a los sensores remoto”, 1982.
- [6] Fermín Subirós Ruiz, *Cultivo del Mango*, 1995.
- [7] Food & Agriculture Org, *Agricultura orgánica, ambiente y seguridad alimentaria - Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2003.
- [8] Food & Agriculture Organization, “Manejo de malezas para países en desarrollo”, 2006.
- [9] Dante Zegarra Tocto, “El Mango: Diagnóstico Y Propuesta De Desarrollo Sectorial”, 2002.

- [10] Luis Ángel Santamaría Padilla, “Desarrollo de un sistema inteligente difuso para apoyar el despegue de aviones no tripulados”, 2014.
- [11] IICA Biblioteca Venezuela, “Capacitación Agrícola para el Centro de Tecnología Agrícola de República del Salvador: Elementos Para Una Caracterización De La Economía Campesina”, 2000.
- [12] Mayda Betancourt Grandal, “Agricultura técnica en México”, Noviembre 2006.
- [13] Rafael Munoz Gomez, “Análisis del suministro eléctrico, mejoras de los índices y niveles de calidad en la distribución de energía eléctrica”, 2002.
- [14] Daniel Soto Guerrero “Interacción hombre-robot con vehículos aéreos no tripulados basada en visión”, 2012.
- [15] Francisco Armando Lugo Mayorga y Víctor Manuel Meneses Aguilar “Construcción de un robot móvil controlado inalámbricamente por dispositivos con plataforma Android”, 2013.
- [16] Danna Zuleyka Rabanal Carretero “Integración de un sistema UAV con control autónomo en un equipo aéreo para agricultura de precisión”, 2011.
- [17] Raquel flores López, José Miguel Fernández Fernández, *Las Redes Neuronales Artificiales*, 2008.
- [18] Rudolph Russel, *Redes Neuronales: Guia Sencilla de Redes Neuronales Artificiales (Neural Networks in Spanish/ Neural Networks En Espa, Volumen 4*, 2018.
- [19] Jose Ramon Hilera Gonzalez, Victor Jose Martinez Hernando, *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*, 1994.

- [20] Procesado de imágenes, <http://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Imagenes.html>.
- [21] James A. Fredman, *Redes neuronales: algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación*, 1993.
- [22] Raul Pino Diez, Alberto Gomez Gomez, Nicolas de Abajo Martinez, *Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva*, 2001.
- [23] Alex M. Andrew, "Backpropagation", *Kybernetes*, Vol. 30, 2001.
- [24] Chao-Ton Sun, Chia-Li Miao, "Neural network procedures for experimental analysis with censored data", *International Journal of Quality Science*, Vol. 3, 1998.
- [25] Patrick C.L. Hui, Keith C.C. Chan, K.W. Yeung, Freny S.F. Ng, "Application of artificial neural networks to the prediction of sewing performance of fabrics", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 19, 2007.
- [26] Jelena Jovanovic, Zdravko Krivokapic, Aleksandar Vujovi, "Evaluation of environmental impacts using backpropagation neural network", *Kybernetes*, Vol. 42, 2013.
- [27] National Mango Board, "Protocolo para el Manejo y la Maduración del Mango".
Available:https://www.mango.org/Mangos/media/Media/Documents/Research%20And%20Resources/Downloads/Industry/Market%20Support/Mango_Handling_and_Ripening_Protocol_Spn.pdf.
- [28] Weslly Ogier Jara Oyarzo, "Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes Para su aplicación en la identificación de objetos.", Valvidia, 2006.

- [29] Weslly Ogier Jara Oyarzo, “Visión Artificial: Análisis Teórico del Tratamiento Digital de Imágenes Para su aplicación en la identificación de objetos.”, Valdivia, 2006.
- [30] Rafael Magro, “Binarización de imágenes digitales y su algoritmia como herramienta aplicada a la ilustración entomológica”, Valladolid (España), 2013.
- [31] Elisabeth Muider, La historia de Java, Arión, 1961.
- [32] Haykin, “Neural Networks and Learning Machines”, 3ra edition, 2008.
- [33] Rafael C. Gonzales; Richard E. Woods, “Digital Image Processing”, 2008.
- [34] Luis Fernando García Linas, Programación orientada a Objetos en Java, Universidad del norte, 2010.
- [35] Jonathan Rigelsford, “JAVA Database Programming”, Assembly Automation, Vol. 19, 1999.
- [36] D. Campbell y J. Stanley. *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Argentina: Rand McNally & Company, 1976.
 Disponible en:
<https://knowledgesociety.usal.es/sites/default/files/campbell-stanley-disec3b1os-experimentales-y-cuasiexperimentales-en-la-investigac3b3n-social.pdf>. [Accedido 8-Nov-2018]
- [37] R. Sampieri, C. Fernández y M. Bautista, Metodología de la Investigación. México: MsGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE CV, 2010. Disponible en:
https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf.
 [Accedido 1-12-2017]

IX. Anexos

ANEXO N° 01

IMAGEN REFERENCIAL DE LA PLANTACIÓN DE MANGO



ANEXO N° 02

IMAGEN REFERENCIAL DE ÁRBOL DE MANGO



ANEXO N° 03

**IMAGEN REFERENCIAL DEL AUTOR DE TESIS OBTENIENDO
MEDICIONES DEL ÁRBOL DE MANGO**

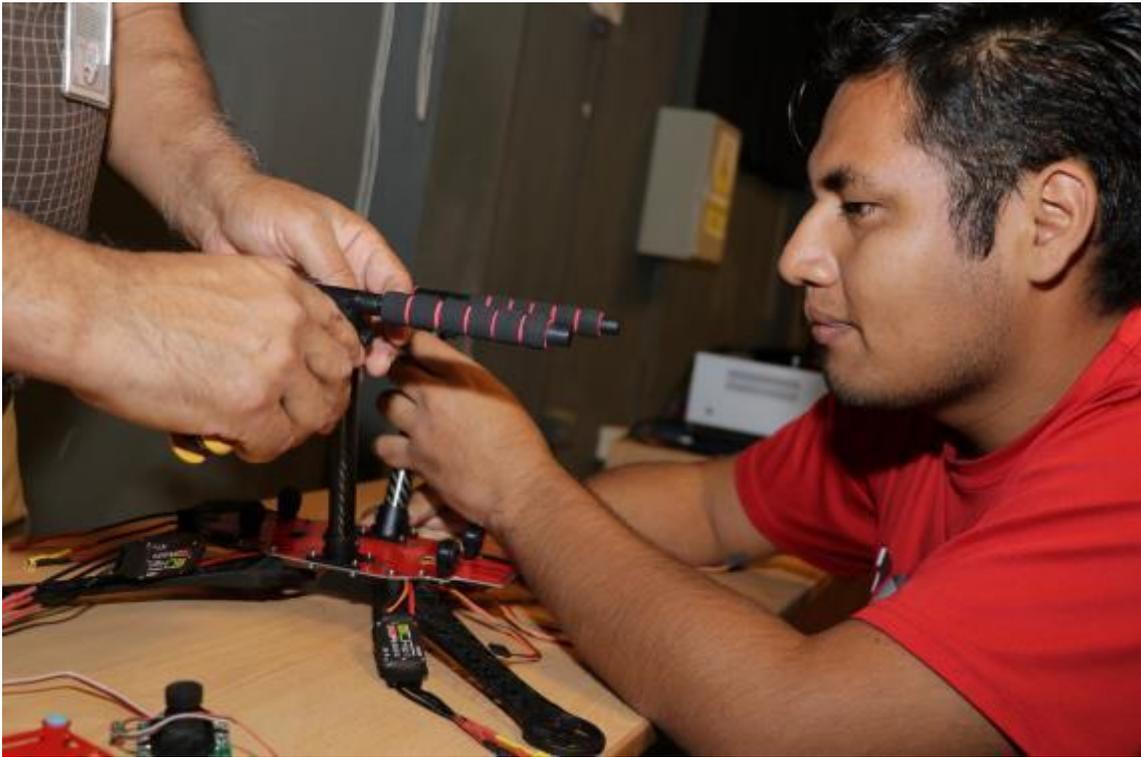


ANEXO N° 04

**IMAGEN REFERENCIAL DE LUGAR, OBSERVANDO LA DISTANCIA DE
LA PLANTACIÓN DE MANGO**



ANEXO N° 05



ANEXO N° 06

POSICIONANDO LOS BRAZOS - ARMAS



ANEXO N° 07

IMAGEN SOLDANDO LOS VARIADORES



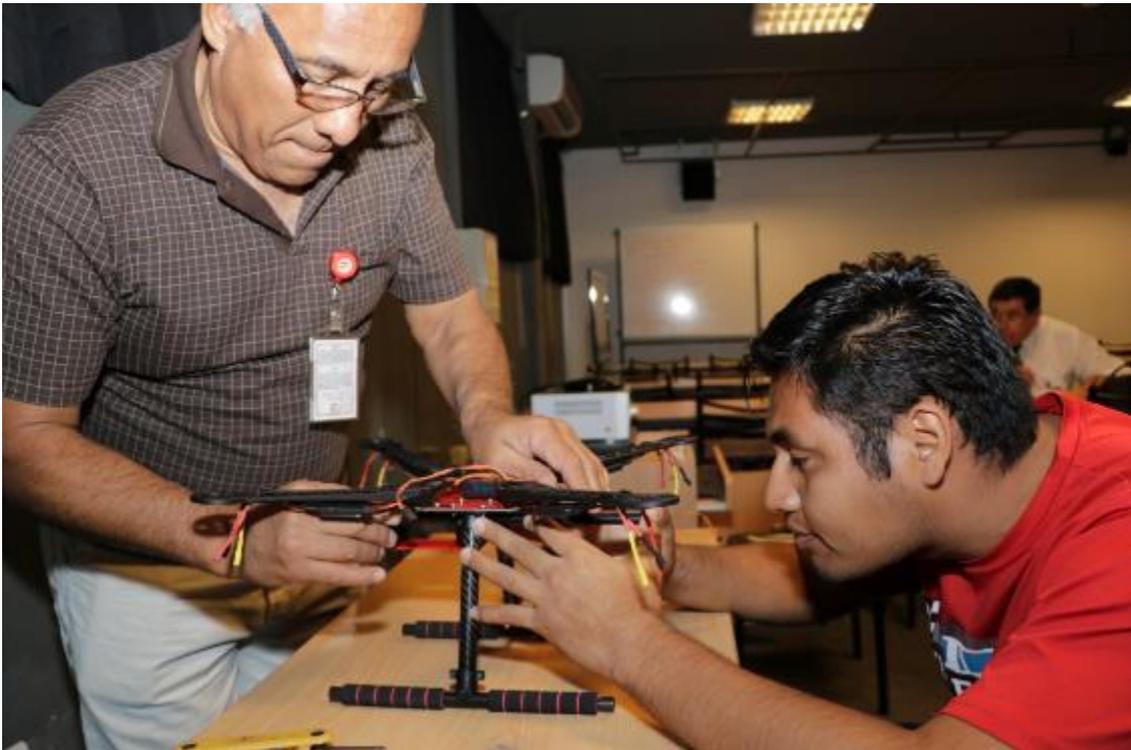
ANEXO N° 08

MATERIALES



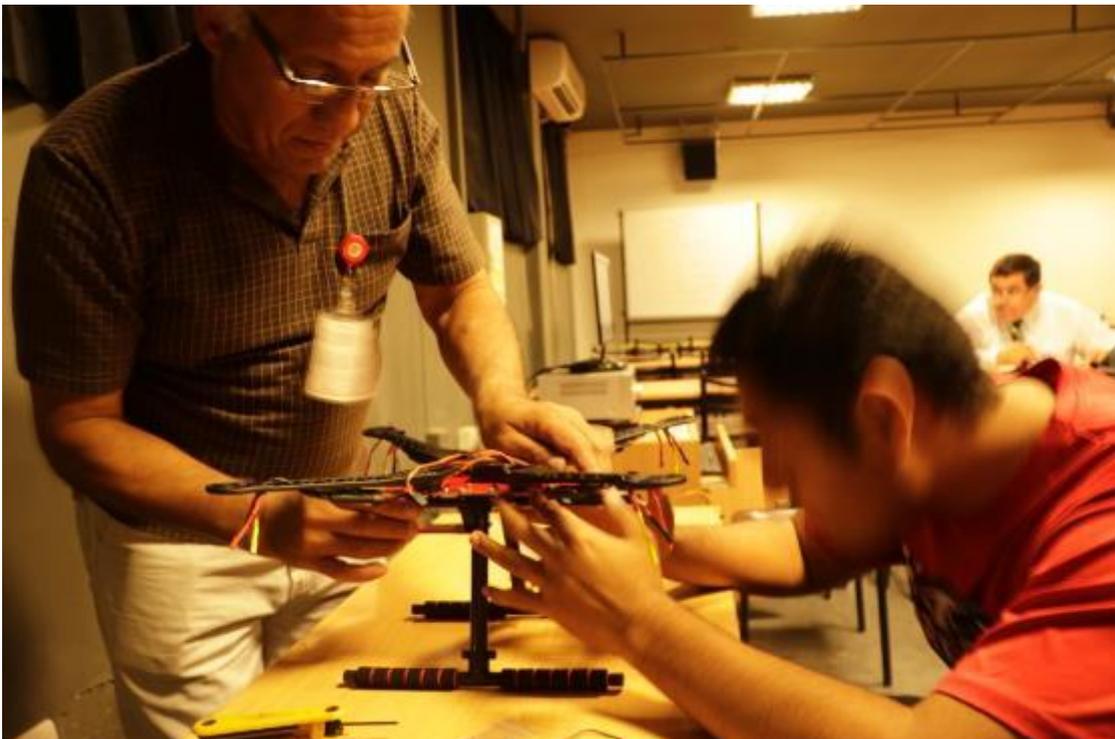
ANEXO N° 09

IMAGEN POSICIONANDO LOS CABLES



ANEXO N° 10

IMAGEN POSICIONANDO LOS VARIADORES



ANEXO N° 11

DOCUMENTO DE CONFORMIDAD

ANEXO N° 11

Documento de conformidad

Requerimiento del producto

Yo, ELMER HUGO RAMOS SUYÓN identificado con el número de DNI 16743292, indico que los requerimientos de la "Implementación de un vehículo aéreo no tripulado para el apoyo en el proceso de cosecha del mango". Desarrollada por Brian Anthony Sandoval Juárez, con DNI: 70478219, estudiante de la escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT).

Requerimientos de la aeronave	
Ítem	Desarrollo
Estabilidad en el campo	OK
Fotos y video de alta calidad	OK
Manejo estable	OK
Uso interactivo	OK
Vuelo autónomo	OK
Vuelo manual	OK

Requerimientos de Sistema	
Ítem	Desarrollo
Menú interactivo	OK
Modulo de entrenamiento	OK
Modulo de reconocimiento	OK
Modulo de filtro	OK
Modulo de entrenamiento	OK
Modulo de referencia de imagen	OK


Firma

Document de conformidad

ANEXO N° 12

PORCENTAJE DE TURNITING

Doc Final			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
18%	17%	3%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet		2%
2	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet		1%
3	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet		1%
4	www.tamps.cinvestav.mx Fuente de Internet		1%
5	cybertesis.uach.cl Fuente de Internet		1%
6	www.scribd.com Fuente de Internet		1%
7	mefistofelerion.blogspot.com Fuente de Internet		1%
8	www.buenastareas.com Fuente de Internet		1%
9	cs.ictea.com Fuente de Internet		1%

ANEXO N° 13

**DECLARACIÓN JURADA DE REVISIÓN DE GRAMÁTICA DEL
DOCUMENTO**

DECLARACIÓN JURADA

Yo, *Luis Elizabeth Longa Calderón* licenciada en Comunicación, identificada con número de documento nacional de identidad 74219268 contesto la revisión en redacción, ortografía y formato de la tesis denominada "Implementación de un vehículo aéreo no tripulado para el apoyo en el proceso de cosecha del mango," realizada por *Brian Anthony Sandoval Juárez*, con DNI 70478219 estudiante de la carrera de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

Formulo la siguiente para los fines en que se crea conveniente.

Chiclayo, 07 de diciembre de 2018



Firma

ANEXO N° 14

MANUAL DE USUARIO



SISTEMA
Vehículo Aéreo
No tripulado



MANUAL DE USUARIO

Bach. Sandoval Juárez, Brian Anthony

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Imagen referencial del producto.

Partes principales del Dron	
1. Hélice Frontal (sentido de giro horario)	2. Indicador lumínico delantero
3. Hélice Frontal (sentido de giro anti horario)	4. Indicador lumínico trasero
5. Hélice Trasera (sentido de giro horario)	6. Compartimiento para batería
7. Hélice Trasera (sentido de giro anti horario)	8. Cámara
9. Motor de giro horario	10. Slot de tarjeta Micro SD
11. Motor de giro anti horario	

Contenido:

- Marco
- Armas
- Tren de aterrizaje
- Motores
- Variadores
- Hélices
- Tarjeta controladora
- Gps
- Luces de navegacion
- Gimbal
- Camara
- Video Rx / Tx
- Pantalla a color
- Receptor Rx
- Radio transmisor
- Batería lipo

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Grafica de todos los materiales usados para del desarrollo del dron



SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Pitch para subir y bajar y Yaw para girar

el giro del avión mediante el Roll

Roll --- Ángulo girado en el eje X
Pitch --- Ángulo girado en Y
Yaw --- Velocidad de giro en Z



Información sobre el Producto

Ancho	55cm
Altura	27cm
Bateria	4000 mAh - 6 celdas
Peso	2,5k
Distancia remota	2,5 km
Camara	1080p/60fps Video - 160° Wide Angle
Frecuencia	PPM
Peso máximo	20 kg

Información importante

Este producto no es un producto comercial, es un producto con fines de investigación ya que contiene los siguientes puntos:

- Selección de materiales con respecto a lo que el cliente necesita.
- Montaje del producto supervisado ante un experto.
- Este producto va con fines educativos, ya que pueden adecuarse muchos más sensores de los que trae el producto.

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Seguridad y Precauciones

Este producto es controlado mediante control remoto e igual que autonomo, ya que se requiere ser manejado con extrema precaucion para evitar accidentes.

Estos son las precauciones que usted debe de hacerla cuando este usando el producto:

- Manténgalo alejado de la gente.
- Evite los entornos húmedos.
- Manténgase alejado de las piezas giratorias de alta velocidad y de la fuente de calor.
- Acostúmbrese a encender o apagar el producto correctamente.
- Si el indicador luminoso de la emisora está encendido y el indicador del dron parpadea lentamente, la sincronización de las señales no se ha realizado con éxito. Apague la emisora y el dron y vuelva a encenderlos.
- Si el dron se inclina visiblemente hacia un lado o gira mientras planea, apague tanto el dron como la emisora y repita los pasos de pre-vuelo.
- Si el indicador del dron sigue parpadeando lentamente, el dron se está quedando sin batería.

Proteccion

Proteccion contra voltaje alto

Cuando la batería del dron no es suficiente, los rotores se detendrán y el sistema de control del dron protegerá la batería automáticamente posicionandose en el wrap point home indicado.

Protección contra una sobrecarga

Cuando los rotores del dron chocan o se bloquean, el sistema de control detendrá el suministro de energía para los rotores de forma automática. Vuelva entonces a sincronizar las señales para el vuelo.

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Cambio de la batería | Emisora

- Utilice un destornillador para quitar el tornillo de la parte posterior de la emisora; a continuación, retire la tapa del compartimento de la batería.
- Instale la batería en la parte posterior de la emisora y, a continuación, vuelva a colocar la tapa y poner el tornillo.
- No mezcle la polaridad de la batería (rojo – positivo; negro – negativo / tierra).
- Empuje el interruptor ON/OFF del radio control ON y conecte en conector de la batería del dron.

PRECAUCIONES DURANTE LA CARGA

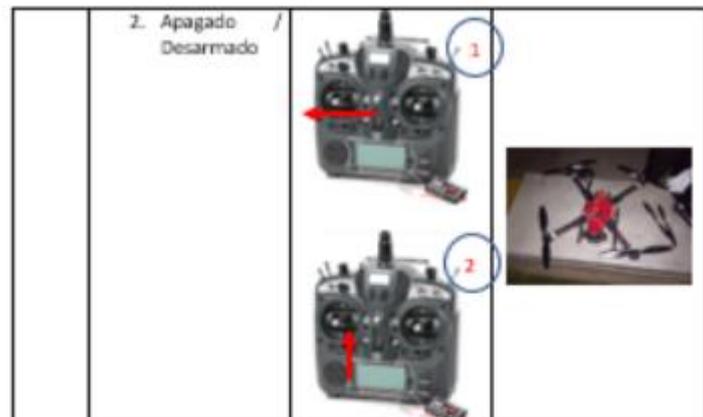
- Durante la carga, coloque el producto en un lugar seco o ventilado, y manténgalo alejado de fuentes de calor o sustancias explosivas.
- Durante la carga, retire la batería del dron. El proceso de carga debe ser supervisado por un adulto a fin de no provocar un accidente.
- Después de volar, no cargue la batería si no se ha enfriado, ya que podría hincharse o incluso provocar un incendio.
- Sustituya la batería si se ha utilizado durante mucho tiempo o parece estar hinchada.
- Si una batería no se utiliza durante mucho tiempo, se descargará automáticamente. Cargar o descargar la batería con demasiada frecuencia puede reducir su vida útil.

Preparado para volar su dron

1. Primero conecte la batería del radio control y luego del dron.
2. Cierre la tapa de la batería y dele la vuelta al dron.
3. Empuje el interruptor ON/OFF hacia arriba

	Radio Control	Dron
1. Encendido / Armado		

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



4. Empuje la palanca del acelerador a la posición más alta lentamente. Se oirá un sonido claro en la emisora; esto demuestra que el dron ha entrado en fase pre-vuelo. **CONSEJOS:** Cuando sincronice su dron, manténgalo en posición horizontal (en el suelo) para iniciar un vuelo estable.

	Radio control	Dron
<p>1. Despegue</p>		
<p>2. Control Izquierda / Derecha.</p>		
<p>3. Control Adelante / Atrás.</p>		

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



Procesamiento de Imágenes



Esta es la pantalla principal, en la cual puede interactuar con las diferentes opciones que contiene el formulario:

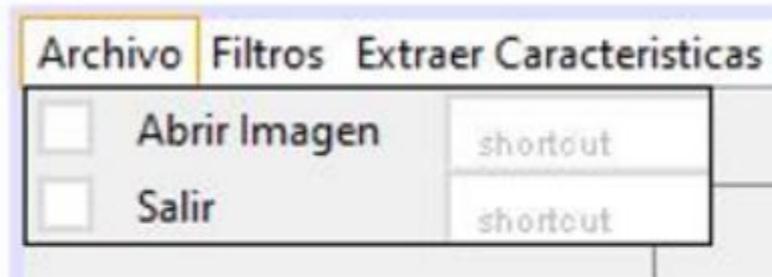
- 1) Usted puede entrenar al sistema de poder reconocer mas imágenes y así que tenga menos margen de error.
- 2) Usted puede reconocer las imágenes tomadas a travez del reconocimiento.

A la hora del entrenamiento veremos la siguiente pantalla



En los cuales tenemos varias opciones como observamos en las siguientes imágenes:

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado

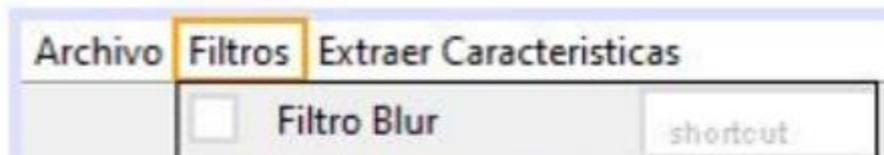


En esta opción podemos poner una imagen referencial para poder usar el filtro que se explicara mas adelante llamado "Filtro Blur". Cabe resaltar que la imagen puede contener un solo fruto o una plantación, el dispositivo está entrenado para procesar esa información. Cuando ya se haya seleccionado la imagen se podrá observar de tan manera que quede así:

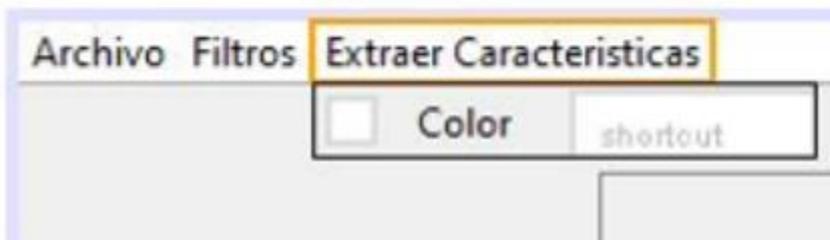


Luego de ver seleccionado la imagen, podremos ver el proceso de filtro Blur para poder aclarar bien el histograma de reconocimiento de imagen (proceso de imagen).

SISTEMA Vehículo Aéreo No tripulado



El filtro Blur, para el usuario se observa una distorsion en la imagen como podemos observar en la siguiente imagen:



En esta opcion podemos entrenarlo al sistema para que pueda reconocer las imágenes por si solo, solo demas de cargarle imágenes referenciales a las que queremos reconocer, y el sistema aprendera por si solo para reconocer diferentes imágenes a las entrenadas.

ANEXO N° 15

ENCUESTA DE UTILIDAD Y FACILIDAD DE USO

Es un modelo de aceptación tecnológica que fue creado para explicar el uso de las TI en diferentes ambientes, modelando cómo los usuarios aceptan y utilizan la herramienta implementada.

TAM posee dos variables importantes:

1. Utilidad percibida: Grado en que la persona que utilizará el sistema, estima que el uso del sistema propuesto mejoraría su rendimiento en el trabajo.
2. Facilidad de uso percibida: Grado en que la persona que utilizará el sistema cree que su uso es de manera fácil y no genera mucho esfuerzo.

Valores para su evaluación:

- Extremadamente improbable: Se considera un valor de 0 negativo.
- Bastante improbable: Se considera un valor de 1 negativo.
- Ligeramente improbable: Se considera un valor de 2 negativo.
- Ninguno: Es un aspecto neutro, se considera un valor de 3.
- Ligeramente probable: Se considera un valor de 4 positivo.
- Bastante probable: Se considera un valor de 5 positivo.
- Extremadamente probable: Se considera un valor de 6 positivo.

Objetivo: Conocer el grado de satisfacción al implementar el vehículo aéreo no tripulado.

Indicación: Evalúe los siguientes aspectos y asigne una variable marcando con una X en las casillas. Gracias por su colaboración.

	Extremadamente improbable	Bastante improbable	Ligeramente improbable	Ninguno	Ligeramente probable	Bastante probable	Extremadamente probable
Usar un vehículo aéreo no tripulado ayudaría a hacer sus tareas más rápido.							
Usar un vehículo aéreo no tripulado mejoraría el desempeño de su trabajo.							
Usar un vehículo aéreo no tripulado incrementaría su productividad.							
Usar un vehículo aéreo no tripulado aumentaría la efectividad en su trabajo.							
Usar un vehículo aéreo no tripulado facilitaría la realización de su trabajo.							
Encontraría un vehículo aéreo no tripulado útil en su trabajo.							

	Extremadamente improbable	Bastante improbable	Ligeramente improbable	Ninguno	Ligeramente probable	Bastante probable	Extremadamente probable
Aprender a utilizar un vehículo aéreo no tripulado sería fácil para usted.							
Le resultaría fácil utilizar un vehículo aéreo no tripulado para hacer lo que usted quiere que haga.							
Su interacción con un vehículo aéreo no tripulado sería claro y entendible.							
Encuentra un vehículo aéreo no tripulado flexible para interactuar con él.							
Sería fácil para usted llegar a ser un experto en el uso de un vehículo aéreo no tripulado.							
Encuentra un vehículo aéreo no tripulado fácil de utilizar.							

ANEXO N° 16

DICCIONARIO DE DATOS

1. Tabla: patrones_entrenamiento

Tabla en donde se almacena la información obtenida del entrenamiento del software.

2. Tabla: patrones_reconocer

Representa los valores obtenidos de la extracción de cada imagen reconocida por el programa, dicha extracción se hace con los colores: rojo, amarillo, azul y Alpha.

3. Tabla: mango

En dicha tabla se guarda los valores de salida de las imágenes correspondiente a la descripción de mango, en este caso: mango maduro, mango no maduro.

4. Tabla: parámetros

Dicha tabla se guarda la información propia del sistema que es el máximo número de esta que almacena.

5. Tabla: salida

Dicha tabla es el resultado de la extracción de imágenes usando el algoritmo de backpropagation.