

**Diseño de prototipo de un sistema para la identificación de plagas apoyado por  
cámara espectral y software de comparación de imágenes en Matlab**

**BIODRON**

Gerardo Rojas Carvajal

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Programa de Ingeniería Electrónica

Orito Putumayo, 2021

### **Dedicatoria**

Hago una dedicatoria a mi familia la cual ha sido la base fundamental para poder sacar adelante toda esta carrera gracias a su esfuerzo y dedicación constante los cuales con sus palabras de amor y apoyo me han motivado cada día a crecer primero como persona y luego como profesional, para ellos que han sido mi motor para seguir luchando y también es una dedicatoria a toda la universidad a los tutores que me han acompañado en cada una de materias brindándome su tiempo y su apoyo en especial al Ingeniero Pedro Torres el cual con su carisma y conocimiento me ha brindado su apoyo incondicional.

### **Agradecimientos**

Agradezco primeramente a Dios por que el quien me concede el privilegio de despertar cada día de mi vida acompañado de mis seres queridos y me permite rodearme de personas muy especiales de las cuales puedo aprender, agradezco a mi familia por todo el apoyo incondicional que me brinda cada día y un agradecimiento muy especial a los tutores que han hecho realidad este proyecto de vida los cuales dedican mucho tiempo de su vida para enseñarnos, explicarnos con paciencia aun cuando pasan por situaciones difíciles siempre están allí disponibles para compartir su conocimiento y quiero agradecer en gran manera al ingeniero Pedro Torres por ser la persona que siempre me ha brindado su apoyo y me ha motivado a culminar este proyecto profesional.

## **Resumen**

Desarrollar un sistema de telemetría que sea capaz de monitorear el estado de un campo de cultivo de café, los cuales generalmente tienen una gran extensión y las plantas varían su tamaño dependiendo del tipo de café. Lo que se busca conseguir es monitorear el estado de las plantas en un cultivo de café por medio de un software que nos permite identificar si existe algún tipo de plaga que este atacando el plantío. Esto con el uso de un GPS, un dron, una cámara espectral y comunicaciones inalámbricas.

Palabras claves: Telemetría, control de plagas, cámara espectral, GPS

### Abstract

Develop a telemetry system that is capable of monitoring the status of a coffee growing field, which generally has a large extension, and the plants vary in size depending on the type of coffee. What we are trying to achieve is to monitor the state of the plants in a coffee crop by means of software that allows us to identify if there is some type of pest that is attacking the plantation. This with the use of a GPS, a drone, a spectral camera, and wireless communications.

Keywords: Telemetry, pest control, spectral camera, GPS

## Tabla de contenido

Lista de tablas.....	8
Lista de figuras.....	9
Introducción .....	11
Árbol causa – efecto del problema.....	12
Definición del problema .....	13
Justificación .....	14
Objetivos .....	15
Marco Contextual.....	17
Marco Conceptual.....	17
Estado del arte.....	25
Diseño metodológico .....	35
Soluciones propuestas.....	35
Propuesta 1:.....	35
Propuesta 2:.....	39
Solución seleccionada.....	40
Cronograma de actividades.....	43
Presupuesto .....	44
Diseño de la solución .....	45
Especificaciones técnicas.....	46
Planos Segmentación del cultivo. ....	47
Dron de reconocimiento y monitoreo. ....	47
Algoritmos .....	49

Explicación de la simulación .....	53
Operar la implementación.....	55
Conclusiones .....	57
Recomendaciones .....	58
Referencias.....	59

**Lista de tablas**

Tabla 1 cronograma de actividades para proyecto investigativo .....	43
Tabla 2 tabla presupuesto proyecto.....	44



### Lista de figuras

Figura 1. Árbol causa - efecto.....	12
Figura 2. Marca de plaga en hoja de café.....	16
Figura 3. Tipos de marcos para drones, recuperado de <a href="https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf">https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf</a> .....	18
Figura 4. Sensor GPS en los drones, recuperado de <a href="https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf">https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf</a> .....	20
Figura 5. Cámara espectral Dron, recuperada de <a href="https://grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multiespectral/Multiespectral e hiperespectral">https:// grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multiespectral/Multiespectral e hiperespectral</a> .....	23
Figura 6. Características cámara, recuperada de <a href="https:// grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multiespectral/">https:// grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multiespectral/</a> .....	24
Figura 7. Diagrama de bloques propuesta 1 .....	36
Figura 8. Diagrama de bloques Software de tratamiento de imágenes.....	37
Figura 9. Diagrama de bloques propuesta 2.....	39
Figura 10. Despliegue Dron en campo, recuperada de <a href="https://dronity.com/drones/drone-dji-p4-multispectral/">https:// dronity.com/drones/drone-dji-p4-multispectral/</a> .....	41
Figura 11 Diagrama de bloques para capturar las imágenes de la opción elegida....	41
Figura 12. Diagrama de bloques Software de tratamiento de imágenes.....	42
Figura 13. Figura 12. Vuelo de toma de imágenes.....	45

	10
Figura 14. Reconocimiento del área.....	46
Figura 15. Segmentación del cultivo .....	47
Figura 16. Dron Inspire 2 con Zenmuse X5S, imagen tomada de <a href="https://grupoacre.co/catalogo-productos/dji-inspire-2-topografia-zenmuse-x4s/.....">https://grupoacre.co/catalogo-productos/dji-inspire-2-topografia-zenmuse-x4s/.....</a>	48
Figura 17. Diagrama de bloques sistema de detección de enfermedades en hojas de café con drones. ....	49
Figura 18. Código en Matlab Biodron.....	51
Figura 19. Plantilla de mantenimiento Dron .....	56

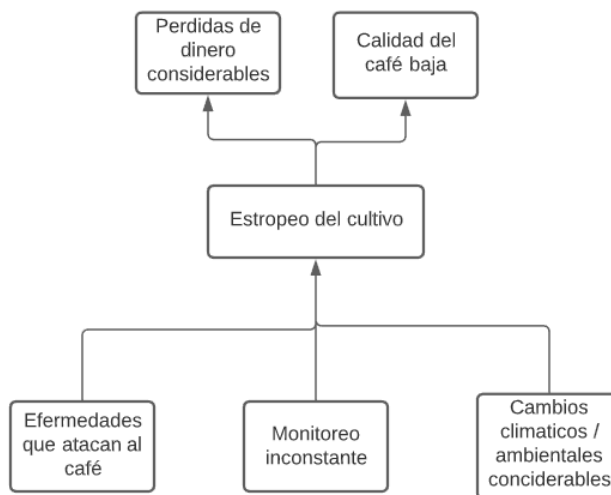
## **Introducción**

Entre las plagas que amenazan y causan enfermedades del café, sobresalen algunas como lo es: La Roya, la broca del fruto, el minador de la hoja, piojo harinoso del follaje y de la raíz, barrenador del tallo y araña roja. Todas atacan los cultivos del café y representa un riesgo significativo para estos cultivos. Generalmente el conocimiento para identificar estas diversas enfermedades, de pasan entre las personas agricultoras que trabajan estos terrenos de cultivo. Aun así, cuando son cultivos extensos, se incrementa el riesgo de que se dé un brote y no se detecte a tiempo para evitar que se pueda propagar. Sin mencionar que las rondas de monitoreo los realizan personas y pueden tardar horas en completarse una sola revisión del cultivo en su totalidad.

## Árbol causa – efecto del problema

**Figura 1**

*Árbol causa – efecto*



Nota. En la imagen se ilustra el árbol de la causa y efecto que se analiza para realizar las opciones de solución al problema.

### **Definición del problema**

Hoy en día, el trabajo del monitoreo, gestión y cuidado de los cultivos de café, en general de toda área agrícola de nuestro país, sigue siendo ejecutado por la mano de obra humana. A pesar de la calidad del trabajo de las personas, cuanto mayor sea el terreno de la plantación, es más propensa a que no se detecten a tiempo posibles enfermedades que sufran las plantas, no se perciban cambios climáticos bruscos o posibles incendios no controlados que puedan llegar a presentarse. Este tipo de monitoreo se puede hacer de una forma mucho más eficiente con la aplicación de sensores ubicados en puntos estratégicos del cultivo y con la ayuda de drones, cámaras espectrales y un software de procesamiento de imágenes, se pueden hacer barridos de los cultivos mucho más efectivos y rápidos.

### **Justificación**

Gracias a la capacidad flexible de volar, los drones o las naves no tripuladas pueden extenderse más allá de las típicas limitaciones de la gestión de activos para capturar imágenes de alta calidad y grabaciones que permiten contar con un mayor nivel de visibilidad. Al utilizar tecnología emergente para gestionar los activos de la infraestructura, las organizaciones pueden lograr mayor valor al maximizar los ciclos de vida del producto e instituir un plan de mantenimiento preventivo que puede evitar costosas paradas de planta. La tecnología de los drones se ha rápidamente estandarizado y vuelto confiable desde su introducción por primera vez en el mercado, y actualmente la tecnología resulta ser más económica y efectiva que antes utilizando técnicas en capital intensivo para ambientes del sector público.

Con la implementación de este proyecto podemos ofrecer a los dueños de los cultivos cafeteros un sistema que les permita identificar posibles amenazas que en este caso serían las plagas que podrían poner en riesgo todo el cultivo de café beneficiándolo en gran manera ya que permite que no ocurran perdidas en la producción y por el contrario la cosecha será más abundante permitiéndole tener muchos más ingresos y asegurando que las plantas se encuentran siempre sanas.

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Diseñar un sistema autónomo por medio de un software especializado que sea capaz de identificar enfermedades en un cultivo de café por medio de la comparación de imágenes suministradas por la cámara espectral ubicada en el dron.

### **Objetivos específicos:**

- Definir el tipo de Dron ideal para la implementación en el proyecto.
- Definir el tipo de cámara espectral ideal para la implementación en el proyecto.
- Diseñar el software de procesamiento de imágenes que se usará para identificar las posibles enfermedades en las plantas de café.
- Definir protocolo de comunicación entre software y el usuario.

## Marco referencial

### Marco contextual

En Colombia se ha identificado que en los cultivos de café sin importar el tipo se ve amenazado por diferentes enfermedades que son las causantes de las grandes pérdidas para los caficultores los cuales siembran grandes extensiones de tierra, aprovechando la tecnología con la que contamos se plantea elaborar un proyecto el cual nos permita por medio de un dron, una cámara espectral y el prototipo de un software de identificación de plagas brindar una posible solución de la siguiente manera: cada plaga que ataca las planta deja una marca en las hoja ya sea la broca de café, minadores de hojas, cochinillas entre otras la idea es aprovechar esto a nuestro favor ya que con una cámara espectral tomaremos imágenes e identificaremos la plaga antes de que esta se Esparza por todo el campo esto nos permitirá combatir las en pequeños sectores ya que estas plagas se comportan casi todas iguales atacan en pequeñas poblaciones a pocas plantas y empiezan a expandirse rápidamente con la implementación de este proyecto podremos prevenir con fumigaciones y salvar los cultivos de los cafeteros

### Figura 2.

*Marca de plaga en hoja de café*



Nota. Tomado de <https://perfectdailygrind.com/es/2019/01/25/guia-de-plagas-y-enfermedades-comunes-del-cafe/>



## **Marco Conceptual**

Para el desarrollo del presente proyecto se ha planteado utilizar drones, los cuales necesitan una red de enlace de datos para transmitir imagen, nivel de batería, y ubicación, por lo que en el marco conceptual es cabe aclarar los conceptos de: dron, red de enlace de datos y los tipos de redes que se pueden establecer.

Es necesario tener claras las características de las capas de referencia necesarias para establecer la comunicación entre los drones y el sistema que se utilice para controlarlos, por lo que recordando el modelo OSI, es relevante aclarar lo que es la capa física, la capa de enlace de datos, de red y de transporte que son las capas que básicamente son las capas que se utilizan en la infraestructura de comunicaciones móviles como la 4G, LTE o incluso la red 5G.

### **¿Qué es un dron?**

Son probablemente una de las tecnologías más avanzadas en el campo de la robótica, aeronáutica y electrónica. El nombre técnico de los drones es "Vehículos aéreos no tripulados" (UAVs o VANT). Son pequeños vehículos aéreos no tripulados con una gama amplia de tamaños, formas y funciones, controlados por sistemas de tierra (control remoto).

La palabra dron es una adaptación al español de "drone", su significado literalmente alude a un abejorro o zángano, ya que los primeros prototipos fabricados eran pequeñas aeronaves que pretendían reproducir la facilidad de vuelo del abejorro para incrementar versatilidad y la profundidad de los aviones norteamericanos. El primer proyecto de dron, un avión no tripulado, fue llevado a cabo por Archibald Low en 1916, a

partir de entonces diversos prototipos han sido realizados. (DRONES: TECNOLOGÍA A CONTROL REMOTO, n.d.)

## Partes de un dron

### Marco (frames)

Esqueleto del multirroto. Es la estructura que le da forma, en ella se instalan y aseguran los demás sensores y elementos. Generalmente esta estructura está fabricada con aleaciones metálicas para disminuir su peso, aunque dependiendo del modelo se puede encontrar fabricado en plástico o fibras de vidrio. Entre sus características principales debe estar la robustez y la flexibilidad, para intentar conseguir una mayor resistencia a los golpes o al viento, sin descuidar la ligereza del marco. (Néstor René Ledesma Ing Ftal Fabian Reuter Ing Ftal Amilcar Pedenovi, 2019)

### Figura 3.

*Tipos de marcos para drones*



Marco de Hexacoptero



Marco tipo Ala voladora

Nota. Tomado de [https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER\\_r.pdf](https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf)

**Batería**

Es la encargada de aportar la energía necesaria al sistema para su funcionamiento. Las baterías más usadas son las de litio (Lipo) puesto que ofrecen una excelente relación entre capacidad, peso, volumen y tensión. las baterías de Lipo están formadas por celdas de 3.7v. En radio control se suelen utilizar baterías desde 1 celda hasta 8 aunque pueden ser más, en función del modelo en el que van a ser instaladas.

**Motores y Hélices**

Son los componentes fundamentales para mantener el multirroto en el aire. El motor es la parte de la máquina capaz de hacer funcionar al sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, combustibles etc. en energía mecánica, capaz de realizar una fuerza que produce el movimiento.

**Radio receptor (mando)**

Es el responsable de recibir la señal de radio enviada por el control remoto, mediante el cual el usuario realiza el movimiento que desea y este lo transforma en una transmisión que es recibida por el radio receptor del multirroto transformándola en datos que se envían al controlador de vuelo, para que ejecute la instrucción. Una instrucción de movimiento realiza cambios coordinados en la velocidad de los rotores. De esta manera si el usuario da la orden de ir hacia delante los motores giraran a una velocidad mayor, haciendo que el aparato realice la acción.

### Sistema de Posicionamiento Global “GPS”

Es el encargado de transmitir información sobre la posición a la controladora de vuelo. La característica principal que este sistema debe tener es la precisión, puesto que es muy importante saber dónde está situado exactamente el dron con un margen de error minúsculo. Además de la posición, también es capaz de calcular la velocidad del aparato en cada instante, calculando la distancia recorrida en un tiempo establecido.

#### Figura 4.

*Sensor GPS en los drones*



Nota. Tomado de [https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER\\_r.pdf](https://fcf.unse.edu.ar/wp-content/uploads/2014/07/SD-43-Drones-y-su-aplicacion-a-la-ingenieria-REUTER_r.pdf)

**Controlador de vuelo/ placa controladora**

Componente principal de un dron. Dispositivo que registra todo lo que sucede en el dron, en él se conectan gran parte de los sensores y componentes, además de disponer de unas características propias. Por tanto, este dispositivo consigue la suficiente información del medio, para poder tomar decisiones correctas sobre los motores, que hacen posible el vuelo. Este controlador debe ser capaz de captar y realizar tareas en el menor tiempo posible, además de poder conseguir un aterrizaje seguro en caso de que el controlador principal falle. Es uno de los componentes más caros de la aeronave, puesto que un buen controlador, puede funcionar de manera autónoma sin que un piloto lo controle, a través de la planeación de un vuelo. (Néstor René Ledesma Ing Ftal Fabian Reuter Ing Ftal Amilcar Pedenovi, 2019)

## Cámara instalada en el Dron

### Marco teórico

La cámara es un elemento fundamental para el desarrollo de este trabajo es el manejo del color y la respuesta de los dispositivos con los cuales se adquiere la imagen que debe ser procesada. Además, la conversión de la imagen a los estándares que el software utilizado pueda trabajar, por lo general la cámara no viene integrada en el dron se debe realizar un estudio de la cámara que se requiere para nuestro caso es necesario desarrollar el concepto de los espacios del color como una aproximación a un espacio de color uniforme (Munsell es la referencia estándar). En 1976, la CIE propuso el espacio de color CIELAB, el cual es una transformación matemática del espacio XYZ en el cual se fija un blanco de referencia y cuyos valores de tristímulo son  $(X_n, Y_n, Z_n)$ . Ese blanco de referencia puede ser, por ejemplo, una fuente luminosa, el iluminante al que se haya adaptado el observador, un difusor perfecto o el color neutro más reflectante o transmisor de un medio de reproducción (entonces es (media-relative)).

Las cámaras multiespectrales: son un dispositivo que es capaz de generar imágenes con pocas longitudes de onda simultáneamente, las bandas pueden ser contiguas o no, dependiendo de los resultados que se deseen obtener. Tras el procesamiento de las imágenes, se pueden montar de tal forma que se obtenga una imagen en pseudo-color. Si a esto se le añade que cada material tiene una firma espectral diferente, esta cámara puede facilitar la identificación de diferentes materiales encontrados en un objeto. (Néstor René Ledesma Ing Ftal Fabian Reuter Ing Ftal Amilcar Pedenovi, 2019)

Este tema es el punto de partida del análisis de los colores que se observan en una imagen.

### **Tipo de cámara a utilizar**

El proyecto se basa en la toma y comparación de imágenes de cada planta para ser analizadas por un software y de esta manera poder identificar las diferentes plagas que pueden estar atacando nuestro cultivo para esto lo mas importante es la calidad de las imágenes por ende en nuestro análisis identificamos que el dron dispuesto para esta actividad no cuenta con esta cámara lo que nos lleva a identificar una cámara la Phantom P4 la cual es compatible y es perfecta para nuestro dron esta cámara no se encuentra en el mercado colombiano por lo cual se debe realizar el proceso de importación.

### **Figura 5.**

*Cámara espectral Dron*



*Nota. Tomado de <https://grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multiespectral>/Multiespectral e hiperespectral*

Las características de la cámara son:

### Figura 6.

#### Características cámara

Cámara	
Sensores	Seis sensores CMOS de 1/2.9", incluyendo un sensor RGB para el espectro visible y cinco sensores monocromos para imagen multiespectral.
	Cada sensor: Píxeles efectivos 2.08 MP (Píxeles totales: 2.12 MP)
Filtros	Azul (B): 450 nm ± 16 nm;
	Verde (G): 560 nm ± 16 nm;
	Rojo (R): 650 nm ± 16 nm;
	Borde rojo (RE): 730 nm ± 16 nm;
	Infrarrojo cercano (NIR): 840 nm ± 26 nm
Objetivos	Campo de visión: 62.7°
	Distancia focal: 5.74 mm (equivalente a formato 35 mm: 40 mm), enfoque automático configurado en ∞
	Apertura: f/2.2
Rango ISO del sensor RGB	200 – 800
Ganancia del sensor monocromo	1 – 8x
Obturador electrónico global	1/100 – 1/10000 s
Tamaño máx. de imagen	1600×1300 (4:3.25)
Formatos de fotografía	JPEG (imágenes del espectro visible) + TIFF (imágenes multiespectrales)
Sistemas de archivo compatibles	FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
Tarjetas SD compatibles	MicroSD con una velocidad de escritura de 15 MB/s.

*Nota. Como parte fundamental del proyecto se debe tener en cuenta las características de la cámara a utilizar, tomado de [https:// grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multispectral/](https://grupoacre.co/catalogo-productos/p4-multispectral-dron-dji-phantom-4-multispectral/)*



## Estado del arte

### Artículo 1.

**Título:** A DRONE-BASED SENSING SYSTEM TO SUPPORT SATELLITE IMAGE ANALYSIS FOR RICE FARM MAPPING

#### Resumen:

Con algoritmos supervisados de aprendizaje automático, se puede extraer información significativa de las imágenes de satélite para apoyar el mapeo de la granja de arroz. El éxito de estos algoritmos depende en gran medida de la disponibilidad y calidad de los datos de referencia de la verdad fundamental. Sin embargo, la recopilación de dichos datos a menudo es laboriosa y lleva mucho tiempo. El rápido desarrollo de la técnica de drones ha abierto una manera eficiente para la verificación del terreno. En este estudio, construimos un sistema de detección basado en drones con el propósito de recolectar de manera eficiente datos de verdad sobre el terreno. El dron lleva cámaras duales que proporcionan imágenes multiespectral con alta resolución espacial en el mismo sitio detectado. El sistema se dedica a recopilar datos de capacitación para el mapeo de granjas de arroz en Australia. Para demostrar la capacidad del sistema construido, se realizaron experimentos en vuelo real. Se obtuvieron imágenes de drones de cultivos de arroz en la región de Riverina en Australia, durante la temporada de verano 2018-2019. Los modelos tridimensionales se construyeron a partir de múltiples imágenes capturadas por el dron, donde la estructura

Se extrajo información de cultivos de arroz. Los resultados muestran que la configuración de cámaras duales y la construcción de modelos tridimensionales son

particularmente ventajosas para la formación de terreno, ya que proporcionan información valiosa para identificar el arroz de manera confiable **cultivos.**

**Aspectos relevantes:**

En este estudio se puede ver fácilmente como se ha construido un dron que se maneja con un control similar al de una consola de videojuegos, el cual se utiliza para plantar arroz y mirar el estado de los cultivos de arroz, es bastante interesante dicha idea para el caso donde no se pueda plantear un sistema totalmente autónomo, sino que requiera de un usuario que este enrutando el dron.

Cita: (Guo et al., 2019)

**Artículo 2.****Título:** Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest**Resumen:**

Los agricultores exploran las capacidades para las aplicaciones de Robotic Process Automation (RPA) con procesamiento de imágenes, reconocimiento de patrones y aprendizaje automático, por lo que es lógico preguntar dónde es mejor aplicar esta tecnología para obtener el máximo efecto. Las máquinas pueden realizar tareas automatizadas mejor, más barato y más rápido. Se puede usar la cámara desde el cielo y medir cosas en la tierra, especialmente en tierras de cultivo desde drones y satélites. Con el tiempo, los drones han aumentado en capacidades y disminuido en costos, y su uso se ha expandido enormemente, especialmente en terrenos complejos. La teledetección de alta calidad con imágenes espectrales usando drones los hace interesantes para el uso regular en Precision Agriculture (PA). Los drones a menudo se usan en la agricultura de maneras que fueron muy controvertidas hace poco tiempo, incluso si no hay una legislación unificada sobre el uso de drones en la agricultura. En este documento abordamos el problema de las tecnologías de Teledetección (RS) combinadas con plataformas de Sistema Aéreo No Tripulado (UAS) para apoyar y desarrollar operaciones agrícolas seleccionadas como la aplicación de velocidad variable basada en mapas o sensores (VRA).

**Aspectos relevantes:**

En este caso se incursiona en el uso del concepto de MACHINE LEARNING para aplicarlo en los drones, además se habla de la accesibilidad económica que se puede dar para sacar el producto al mercado y que sea utilizado por granjeros, es bastante interesante ver todos los tipos de imágenes que procesa el dron que planean sacar ya que se pueden tomar capturas donde se vea la salud de los cultivos, la cantidad de agua en el terreno, el nitrógeno contenido en los cultivos, entre otras variables.

Cita: (Kulbacki et al., 2018)

**Artículo 3.****Título:**

Truck-drone team logistics: A heuristic approach to multi-drop route planning

**Resumen:**

Recientemente se han producido desarrollos y aplicaciones importantes en el campo de la no tripulación vehículos aéreos (UAV). En unos pocos años, estas aplicaciones se integrarán completamente en nuestras vidas.

La aplicación práctica y el uso de vehículos aéreos no tripulados presenta varios problemas que son de naturaleza diferente a la tecnología específica de los componentes involucrados. Entre ellos, el problema más relevante derivado del uso de vehículos aéreos no tripulados en tareas de distribución logística es la llamada entrega de "última milla". En el presente trabajo, nos centramos en la resolución del problema logístico del equipo de camiones y drones. Los problemas de enrutamiento en tándem tienen una estructura compleja y solo se han abordado parcialmente en la literatura científica. El uso de vehículos aéreos no tripulados plantea una serie de restricciones y consideraciones que hicieron no aparece previamente en problemas de enrutamiento; en particular, aspectos como la limitada vida de poder de baterías utilizadas por los UAV y la determinación de los puntos de encuentro donde se reemplazan por baterías nuevas completamente cargadas. Estas dificultades hasta ahora han limitado la formulación matemática de los problemas de enrutamiento de camiones y drones y su resolución a casos principalmente de pequeño tamaño. Para superar estas limitaciones, proponemos una heurística codiciosa iterativa basada en el iterativo proceso de destrucción y reconstrucción de soluciones.

Este proceso está orquestado por un global esquema de optimización utilizando un algoritmo de recocido simulado (SA). Probamos nuestro enfoque en un gran conjunto de instancias de diferentes tamaños tomadas de la literatura. Los resultados obtenidos son bastante prometedores, incluso para escenarios de gran tamaño.

**Aspectos relevantes:**

Uno de los problemas que hay que enfrentar en la implementación de un dron que sea capaz de dispersar las semillas en un campo abierto y que no se pierda el dron, además de tener siempre en cuenta el nivel de batería en el dron para determinar los ciclos de uso, en el presente trabajo precisamente presentan una solución al problema logístico del enrutamiento de una patrulla de drones que se encargan de repartir en este caso, pedidos de clientes y paquetes.

Cita: (Gonzalez-R et al., 2020)

**Artículo 4.****Título:**

Optimizing drone flight planning for measuring horticultural tree crop structure

**Resumen:**

En los últimos tiempos, las imágenes de drones multiespectrales han demostrado ser una herramienta útil para medir la estructura de la copa de los árboles. En este contexto, el establecimiento de las configuraciones variables de planificación de vuelo más apropiadas es una consideración esencial debido a sus controles sobre la calidad de las imágenes y los mapas derivados de las propiedades biofísicas de los árboles y los cultivos. Durante la planificación del vuelo, las variables que incluyen altitud de vuelo, superposición de imágenes, dirección de vuelo, velocidad de vuelo y elevación solar, requieren una cuidadosa consideración para producir las imágenes de drones más adecuadas.

Estudios anteriores han evaluado la influencia de variables individuales en la calidad de imagen, pero la interacción de múltiples variables aún no se ha examinado. Este estudio evalúa la influencia de varias variables de vuelo en las medidas de calidad de los datos en cada paso del procesamiento, es decir, alineación de fotos, densificación de nubes de puntos, construcción de modelos 3D y orto-mosaico. El análisis produjo un flujo de trabajo de planificación de vuelo de drones y procesamiento de imágenes que ofrece mediciones precisas de los cultivos arbóreos, incluida la calidad del punto de enlace, la densidad de la nube de puntos densificados, y la precisión de medición de la altura y la cobertura proyectiva de la planta derivada de árboles individuales dentro de un

huerto comercial de aguacate. Los resultados mostraron que volar a lo largo del seto, a gran elevación solar y con ángulos de inclinación de imagen bajos, mejoró la calidad de los datos. Se debe establecer una velocidad de vuelo óptima para lograr la superposición hacia adelante requerida. Los impactos de cada variable de adquisición de imágenes se discuten en detalle y se sugieren protocolos para la optimización de la planificación del vuelo para tres escenarios con diferentes configuraciones de drones. El establecimiento de protocolos que brinden adquisiciones óptimas de imágenes para la recolección de datos de drones sobre cultivos de árboles hortícolas creará una mayor confianza en la precisión de los algoritmos posteriores y los mapas resultantes de propiedades biofísicas

**Aspectos relevantes:**

Este estudio identifica un número óptimo de variables que deben aportar los drones cuando miden el alto de los árboles y el PPC de los cultivos de árboles hortícolas, por lo que claramente este estudio sirve como referencia para el proyecto

Cita: (Tu et al., 2020)



**Artículo 5.****Título:**

A truck and drones' model for last-mile delivery: A mathematical model and heuristic approach

**Resumen:**

Presentamos una formulación matemática y un enfoque de solución heurística para la planificación óptima de rutas de entrega en un sistema multimodal que combina operaciones de camiones y vehículos aéreos no tripulados (UAV). En este sistema, las operaciones de camiones y UAV están sincronizadas, es decir, uno o más UAV viajan en un camión, que sirve como un depósito móvil. Las entregas pueden ser realizadas tanto por los UAV como por el camión. Mientras el camión sigue una ruta de varias paradas, cada UAV entrega un solo envío por despacho. El modelo de optimización presentado minimiza el tiempo de espera de los clientes en el sistema. El modelo determina la asignación óptima de clientes a camiones y vehículos aéreos no tripulados, la secuencia de ruta óptima del camión y las ubicaciones óptimas de lanzamiento y reunión de los vehículos aéreos no tripulados a lo largo de la ruta del camión. Formulamos el problema como un modelo de Programación lineal de enteros mixtos (MILP) y realizamos un análisis encuadrado para medir el potencial máximo del sistema propuesto para reducir el tiempo de espera del cliente en comparación con un sistema tradicional de entrega de solo camiones. Para poder resolver instancias de tamaño de problemas del mundo real, proponemos un algoritmo eficiente de enrutamiento de camiones y drones (TDRA). La calidad de la solución y el rendimiento computacional del modelo matemático y el TDRA

se comparan juntos y con el modelo de solo camión basado en una variedad de casos problemáticos. Además, aplicamos el TDRA a un estudio de caso del mundo real para la entrega de comercio electrónico en São Paulo, Brasil. Nuestros resultados numéricos sugieren reducciones significativas en el tiempo de espera del cliente que se obtendrá del modo de entrega multimodal propuesto

**Aspectos relevantes:**

En este caso se expone toda la matemática inmersa en el proceso heurístico de determinación de las rutas de entrega, en el proyecto es bien necesario aplicar los conceptos de determinación de rutas para un uso óptimo tanto de la energía del DRONE como el tiempo de dispersión de semillas, se puede resaltar que este artículo refuerza los conocimientos de determinación de rutas que se exponen en (Gonzalez-R et al., 2020)

Cita: (Moshref-Javadi et al., 2020)

## **Diseño metodológico**

### **Soluciones propuestas**

En nuestro diseño metodológico después de haber analizado la problemática planteada y con el ánimo de ofrecer la mejor solución tanto en costos como en facilidad de uso se determinó que la mejor manera de combatir las plagas de los cultivos de café es implementar un sistema semiautomático que sea capaz de captar las imágenes en diferentes puntos para después se descargadas en una computadora para después ser analizadas por un software que nos permitirá identificar el tipo de plaga y así poder tomar las medidas necesarias para encontrar la mejor solución se plantean dos propuestas:

#### **Propuesta 1:**

Se propone realizar desarrollar un software de procesamiento de imágenes con ayuda del software de ingeniería MATLAB, con el cual sea posible tomar las imágenes capturadas de los cultivos de café. Estas imágenes serán captadas con la ayuda de un dron el cual sobrevolará a baja altitud los cultivos tomando múltiples fotografías con una cámara espectral de alta definición.

El procedimiento propuesto para esta solución se divide en dos partes:

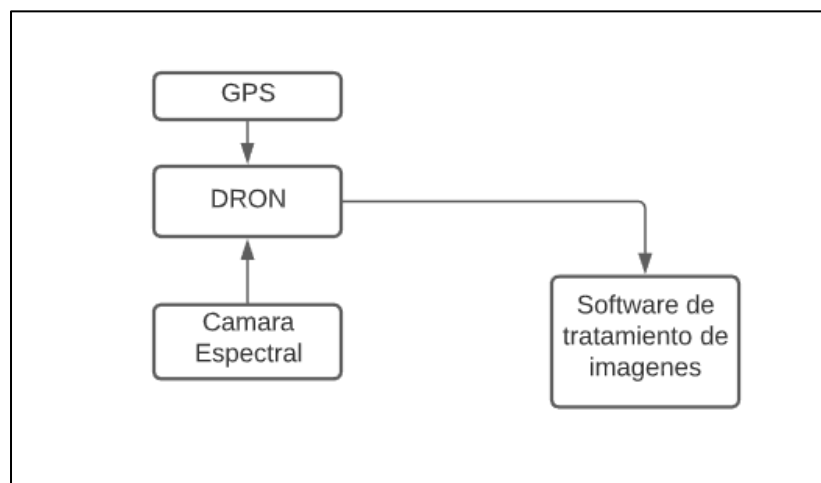
- Sistema de captura de la información:

La captura de las imágenes o información que es vital para lograr el objetivo del proyecto, se propone la implementación de un dron no tripulado de dimensiones medianas. El cual gracias a su versatilidad puede cubrir grandes distancias y cubrir gran parte del terreno en cuestión de minutos. Adicionalmente, cuenta con un sistema de navegación predeterminado, que facilita la planeación de rutas y ubicación del dron dentro del terreno del cultivo. Se le instalará una cámara espectral de alta definición, con

la cual se tomarán múltiples fotografías al terreno que el dron sobrevolará a bajas altitudes, almacenándolos en un disco duro, que posteriormente brindará al software de tratamiento de imágenes. A continuación, veremos un diagrama de bloques que representa la idea planteada.

**Figura 7.**

*Diagrama de bloques propuesta 1*



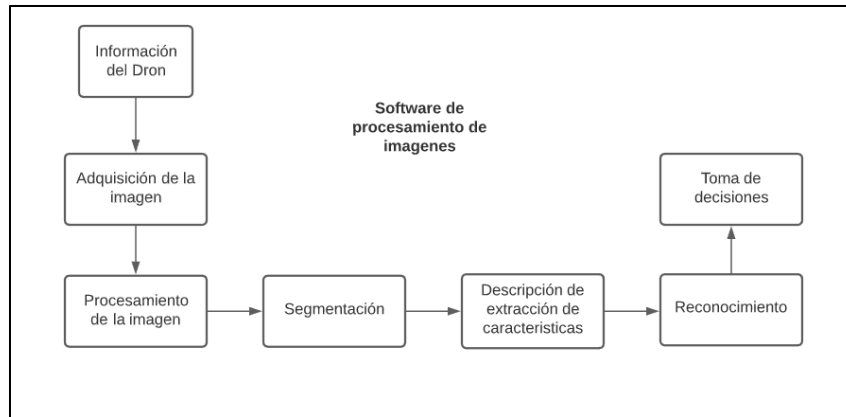
Nota. Con este diagrama se estudia y se analiza la propuesta número 1 del proyecto

*Software de tratamiento de imágenes:*

En esta sección es donde se toman una a una las fotografías que el dron toma en su recorrido y se aplica un algoritmo para identificar y comparar los resultados de las fotografías con otros previamente ingresados a en el algoritmo, de hojas de café infectadas con enfermedades como roya o la broca del fruto. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del software.

## Figura 8.

*Diagrama de bloques Software de tratamiento de imágenes*



Nota. Con este diagrama de bloques se pudo realizar el software de comparación de imágenes.

### Adquisición de la imagen

El sistema que permite la adquisición de la imagen está formado por la Cámara, el dron y el GPS. Cada una de las fotografías es guardada con la coordenada donde fue tomada en la descripción de esta.

### Procesamiento de la imagen

Consiste en transformar la imagen original en otra imagen en la cual se han eliminado los problemas de ruido granular de cuantización o de iluminación espacialmente variable. La etapa de mejoramiento consiste principalmente de las técnicas siguientes:

- Conversión a escala de grises.
- Segmentación
- Operaciones morfológicas

- Etiquetados

### **Segmentación**

El proceso de segmentación se encarga de evaluar si cada píxel de la imagen pertenece o no al objeto de interés. Esta técnica genera una imagen binaria, donde los píxeles que pertenecen al objeto se representan con un uno, mientras que los que no pertenecen al mismo se representan con un cero.

### **Descripción y extracción de características**

Esta etapa permite obtener un modelo (descriptor) que representa las características de la planta, que son relevantes para los objetivos específicos del Sistema de Tratamiento de imágenes. Para el tipo de imágenes utilizadas en robótica, la información relativa se encuentra en el contorno. Entonces los modelos utilizados para describir este tipo de imágenes representarían tan solo contornos presentes en la imagen. Entre los más usuales tenemos a los códigos de cadenas.

Los descriptores deben ser independientes del tamaño, localización u orientación de la planta, y deben ser suficientes para discriminar objetos entre sí.

### **Fase de Reconocimiento**

Se implementará una Red Neuronal Backpropagation, esta red neuronal se entrena con un conjunto de vectores característicos que se han almacenado en una base de datos, donde se almacenan características de un objeto determinado en diferentes posiciones y orientaciones. Cuando el proceso de enseñanza de la red termina aceptablemente para cada patrón deseado, se puede realizar una fase de clasificación mostrando a la red las categorías que se desea reconozca.

## Toma de Decisiones

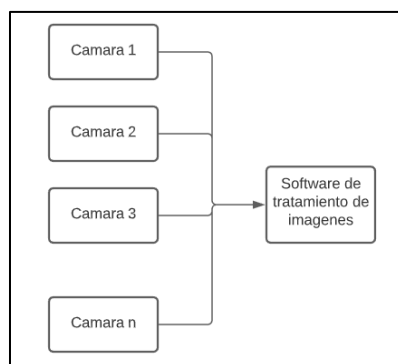
Una vez que han sido reconocidos los objetos, el sistema de tratamiento de imágenes y verifica la ubicación de donde fue tomada la imagen que entra dentro de la descripción de enferma e indica un informe de los lugares en donde existen plantas enfermas dentro del cultivo.

### Propuesta 2:

En esta opción se propone un sistema de captura de imágenes, compuestos por múltiples cámaras extendidas a lo largo de todo el cultivo. Cada cámara ocupa un poste vertical, una alimentación y un sistema IoT para transmitir las imágenes a una central que tome las imágenes y les corra el sistema de detección de enfermedades (Software de tratamiento de imágenes), que tendría la misma estructura de la opción anterior. A continuación, mostramos un diagrama sencillo que muestra la lógica de la captación de las imágenes.

*Figura 9.*

*Diagrama de bloques propuesta 2.*



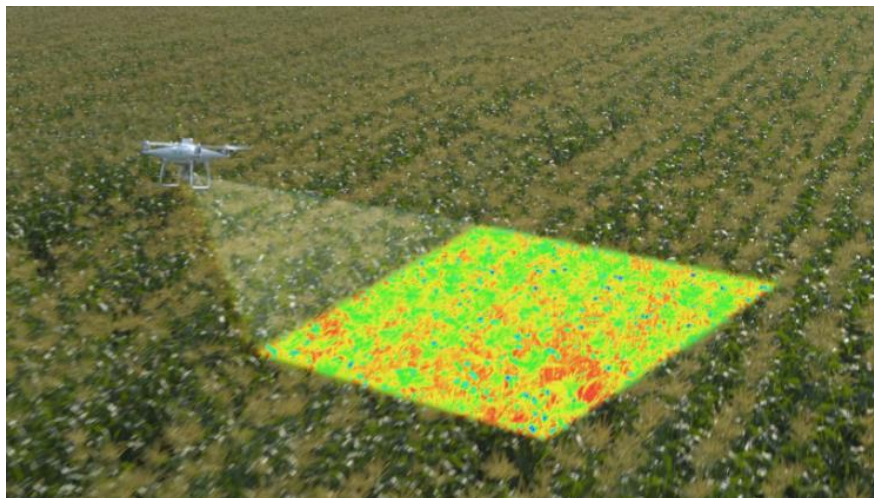
Nota. El diagrama de bloques de la segunda propuesta para estudiarla y elegir la mejor.

### Solución seleccionada

Después de analizar las dos propuestas se determinó que se seleccionará la primera propuesta, ya que, además de constar por una implementación mucho más sencilla y probablemente más eficiente, ya que el dron brinda la posibilidad de moverse a lo largo de todo el cultivo tomando una georreferenciación que nos permitirá saber de qué punto proviene la imagen y en caso de detectar alguna anomalía en alguna planta, este permite acercarse a la planta para examinar más de cerca y desde distintos ángulos para tomar una medida preventiva que nos permita evitar que la enfermedad se extienda por todo el cultivo. Cosa que con cámaras fijas no sería posible, sin mencionar que el presupuesto necesario para lograr cubrir todo el terreno se incrementa de forma exorbitante, también es mucho más invasivo.

#### Figura 10.

*Despliegue Dron en campo*



*Nota. Despliegue del dron en el cultivo de café, tomada de <https://dronity.com/drones/drone-dji-p4-multispectral/>*

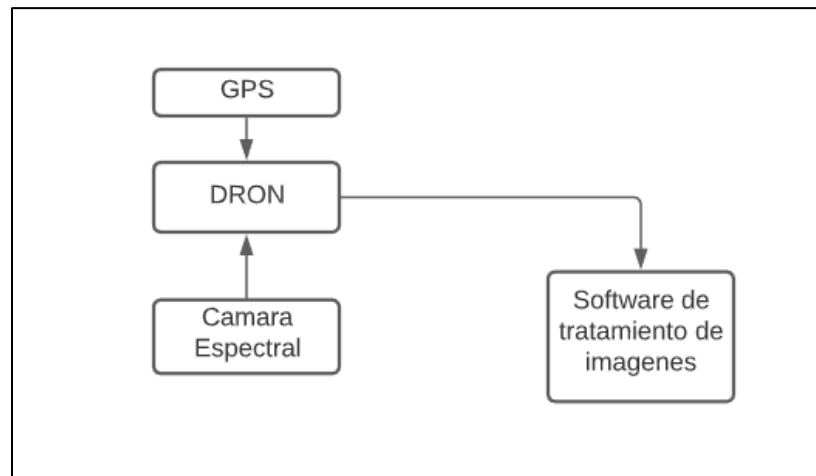


Después de tomadas las imágenes que en este caso serán tomadas por nuestro dron que cabe resaltar que en esta propuesta es la opción más económica ya que nos permite abarcar grandes extensiones de terreno en pocos minutos, descargamos las imágenes de la cámara y procedemos a identificarlas con el software diseñado en Matlab el cual hace una comparación de cada imagen permitiéndonos identificar cualquier enfermedad que en ella se presente.

Presentamos una vez más los diagramas de bloques de la solución seleccionada.

**Figura 11.**

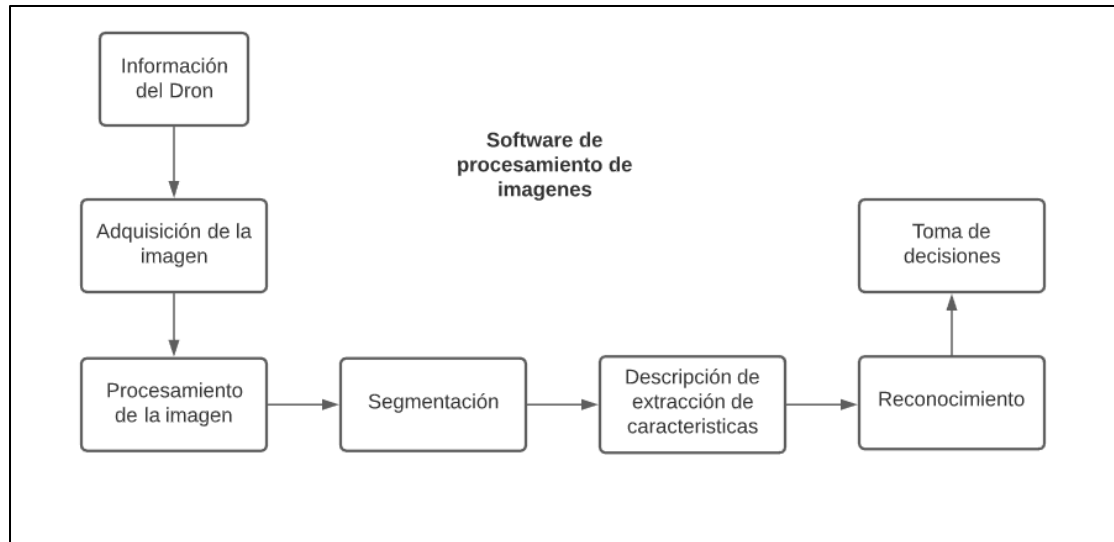
*Diagrama de bloques para capturar las imágenes de la opción seleccionada.*



Nota. La imagen muestra cómo será el proceso de toma d las imágenes en el cultivo de cafe

**Figura 12.**

*Diagrama de bloques Software de tratamiento de imágenes*



Nota. Se representa el diagrama de bloques como será el proceso de comparación de imágenes

### Cronograma de actividades

**Tabla 1.**

*Cronograma de actividades para proyecto investigativo*

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Compra de materiales					
Reconocimiento de equipos					
Reconocimiento del terreno					
Programación de rutas y protocolos de vuelo					
Desarrollo de software para el tratamiento de imágenes					
Pruebas de funcionamiento					

**Presupuesto****Tabla 2.***Tabla presupuesto proyecto*

Materiales	Costos
Walkera Scout x4. Quadcopter de alta gama, Dji Mavic.	<b>1.500.000</b>
Autopiloto Veronte	<b>4.000.000</b>
Cámara toma de imágenes dji-phantom 4	<b>1.500.000</b>
Equipo de computo	<b>2.500.000</b>
Total	<b>9.500.000</b>

## Diseño de la solución

### Especificaciones técnicas

Para llevar a cabo la solución, se implementará un mínimo de un dron, encargados del reconocimiento, mapeo y monitoreo constante de los terrenos, para esta actividad se requiere de un dron relativamente pequeño, capaz de llevar consigo una cámara espectral de alta definición y una capacidad de almacenamiento de datos adecuada (posicionamiento y fotograma).

### Figura 13.

*Vuelo de toma de imágenes*



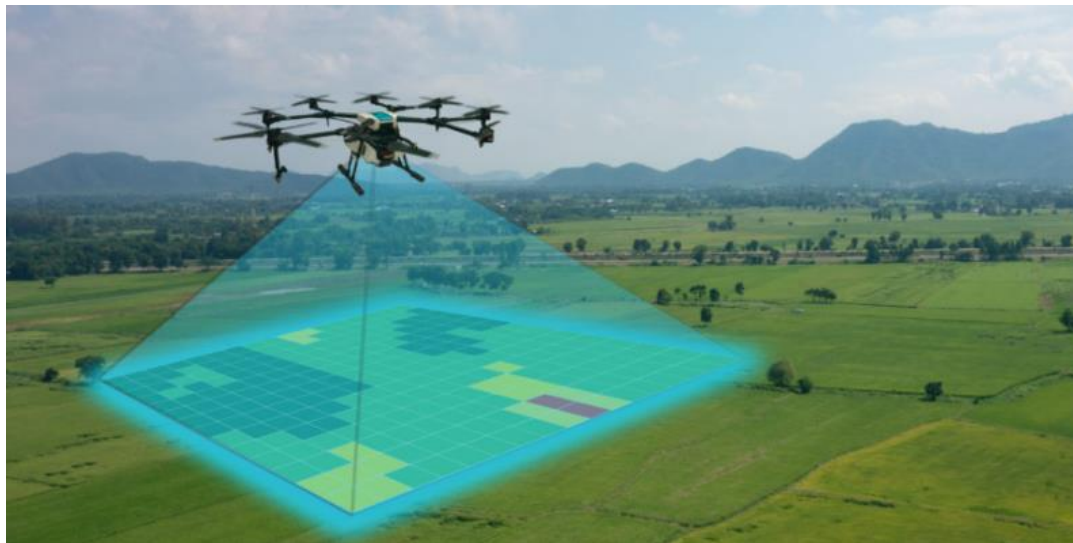
*Nota. La imagen representa un ejemplo del dron en vuelo, tomado de*

*<https://navarracapital.es/hidrogeno-para-aumentar-la-autonomia-de-vuelo-de-los-drones/>*

Inicialmente se realizará un reconocimiento del total del área afectada que posiblemente presente un tipo de enfermedad, haciendo un recorrido con el primer dron sobre todas estas zonas, almacenando todo en una base de datos que contendrá las fotografías y la ubicación donde fueron tomadas.

**Figura 14.**

*Reconocimiento del área*



*Nota. La imagen representa la zona de reconocimiento del dron, tomado de <https://www.arvensis.com/es/los-drones-para-la-agricultura/>*

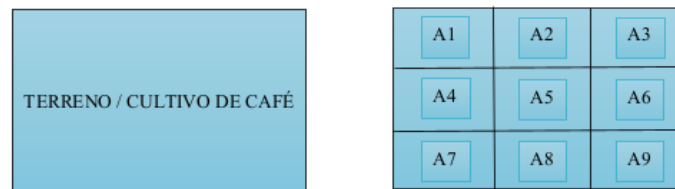
Al terminar el recorrido se comunica con la central terrestre del dron, la cual tendrá comunicación con un software de tratamiento de imágenes, que será el encargado de detectar si las plantas presentan algún tipo de enfermedad. Dependiendo de los resultados, se mostrará en una interfaz de usuario las zonas que presentan algún tipo de anomalía para su posterior intervención.

### Planos Segmentación del cultivo.

Para que los drones y el sistema en general tengan más claro como movilizarse por el terreno, se propone realizar una segmentación lógica del terreno por áreas, de la siguiente manera.

**Figura 15**

*Segmentación del cultivo*



Nota. Representación de la segmentación del cultivo a recorrer por el dron.

### Dron de reconocimiento y monitoreo.

Como se mencionó anteriormente, para realizar esta tarea, basta con un dron de dimensiones intermedias y esté equipado con una cámara multiespectral, por eso se tiene en cuenta el Dron Inspire 2 modelo T650, el cual es un modelo usado generalmente en proyectos topográficos, ya que, cuenta con una cámara Zenmuse X5S y herramientas de compresión de video de última tecnología para almacenar los fotogramas ocupando menos espacio con una mejor calidad. Puntualmente a este UAV no se le realizará ningún tipo de modificaciones, a diferencia del siguiente.

**Figura 16.**

*Dron Inspire 2 con Zenmuse X5S*



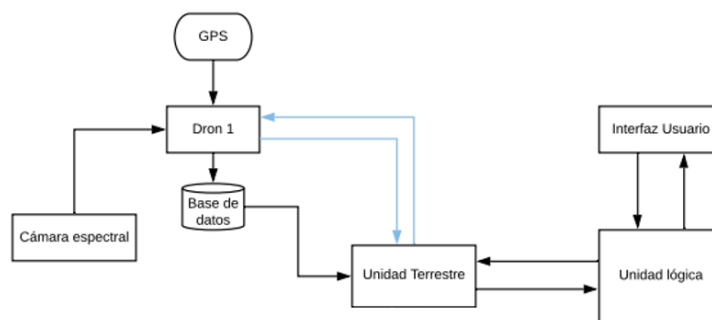
*Nota. imagen tomada de <https://grupoacre.co/catalogo-productos/dji-inspire-2-topografia-zenmuse-x4s/>*

**Algoritmos**

El Diagrama que explica la lógica de este sistema de detección de enfermedades en hojas de café es el siguiente.

**Figura 17**

*Diagrama de bloques sistema de detección de enfermedades en hojas de café con drones*



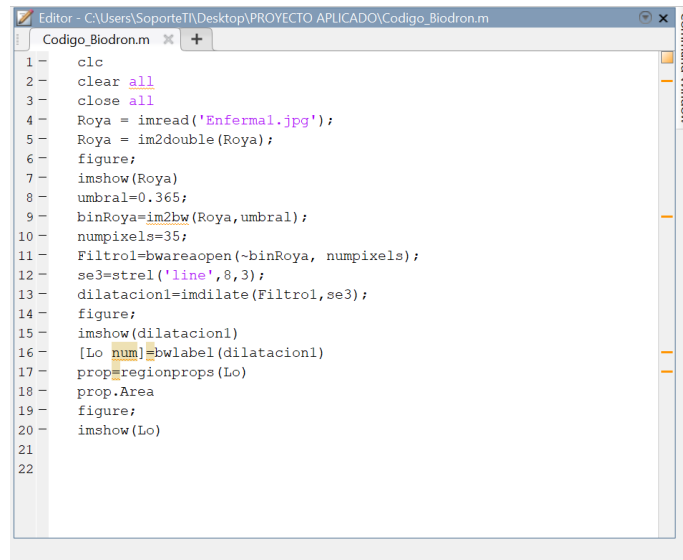
Nota. Diagrama de bloques que describe el proceso que se desarrollara para el análisis de las imágenes tomadas.



El código del software para detectar las enfermedades en el software Matlab, es el siguiente:

```
clc  
  
clear all  
  
close all  
  
Roya = imread('Enferma1.jpg');  
Roya = im2double(Roya);  
  
figure;  
  
imshow(Roya)  
  
umbral=0.365;  
  
binRoya=im2bw(Roya,umbral);  
  
numpixels=35;  
  
Filtro1=bwareaopen(~binRoya, numpixels);  
  
se3=strel('line',8,3);  
  
dilatacion1=imdilate(Filtro1,se3);  
  
figure;  
  
imshow(dilatacion1)  
  
[Lo num]=bwlabel(dilatacion1)  
  
prop=regionprops(Lo)  
  
prop.Area  
  
figure;  
  
imshow(Lo)
```

Figura 18.

*Código en Matlab Biodron*The image shows a screenshot of a MATLAB editor window titled 'Editor - C:\Users\Soporte\TI\Desktop\PROYECTO APLICADO\Codigo\_Biodron.m'. The code is as follows:

```
1 -  clc
2 -  clear all
3 -  close all
4 -  Roya = imread('Enfermal.jpg');
5 -  Roya = im2double(Roya);
6 -  figure;
7 -  imshow(Roya)
8 -  umbral=0.365;
9 -  binRoya=im2bw(Roya, umbral);
10 - numpixels=35;
11 - Filtro1=bwareaopen(~binRoya, numpixels);
12 - se3=strel('line', 8, 3);
13 - dilatacion1=imdilate(Filtro1, se3);
14 - figure;
15 - imshow(dilatacion1)
16 - [Lo num]=bwlabel(dilatacion1)
17 - prop=regionprops(Lo)
18 - prop.Area
19 - figure;
20 - imshow(Lo)
21
22
```

Nota. Algoritmo montado en Matlab con este se realizará el proceso de comparación de las imágenes

### Explicación de cada parámetro del código

`im2bw()`: Se encarga de hacer la umbralización global de toda la imagen que se le pasa, además, a esta función es importante asignarle el umbral deseado para la umbralización, precisamente se experimenta con los umbrales para resaltar la importancia de OTSU para encontrar un umbral óptimo para la imagen.

`Bwreapen()`: Este comando elimina todos los componentes (objetos) conectados que tienen menos de P píxeles de la imagen binaria BW, produciendo otra imagen binaria, BW2. La conectividad predeterminada es 8 para dos dimensiones, 26 para tres dimensiones y `conndef (ndims (BW), 'maximal')` para dimensiones superiores. Esta operación se conoce como apertura de área.

`Imread()`: Carga la imagen con el nombre que se especifica, en este caso "EnfermaX".

`Strel`: Este comando se encarga de la estructuración lineal la cual es simétrica con los píxeles vecinos. Cuenta con una longitud y un ángulo aproximado.

`Imdilate`: A partir de una imagen binaria realiza la dilatación de la misma y la devuelve.

`Figure`: Comando encargado de crear una ventana emergente donde se evidencia la imagen.

`Imshow`: Este comando muestra la imagen almacenada en una variable.

`Bwlabel`: Comando encargado de devolver una matriz de etiquetas de aquellos objetos que se evidencian en la imagen y entrega el número de estos.

Regionprops: Entrega las propiedades de los objetos encontrados y etiquetados en “Lo”. Las propiedades que entrega son: área, rectángulo más pequeño y centroide.

Con la configuración de 0.365 en el umbral y 35 en numpixels se puede detectar en las imágenes capturadas del 70% de la enfermedad y en las sanas aparece totalmente negra.

Un proceso establecido en el tratamiento de la imagen es la segmentación basada en color utilizando el espacio de color  $L^*a^*b^*$ , se desarrolla en los siguientes pasos:

Paso 1: Adquirir imagen

Paso 2: Calcular colores de muestra en  $L^*a^*b^*$  Espacio de color para cada región

Paso 3: Clasificar cada píxel usando la regla de vecino más cercano

Paso 4: Mostrar los resultados de la clasificación de vecinos más cercanos

Paso 5: Mostrar los valores 'a\*' y 'b\*' de los colores etiquetados

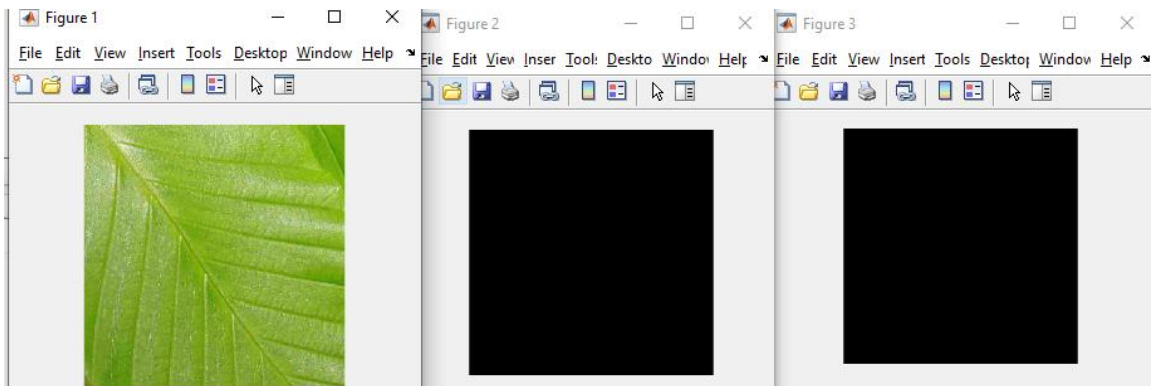
Este proceso permite obtener los colores que producen las diferentes enfermedades en el cultivo para luego poder establecer la enfermedad con mayor incidencia. Esto se logra en el proceso de la clasificación a partir del vecino más cercano (K-nn) y obtener los resultados. Diagrama de dispersión de los píxeles segmentados en el espacio de color.

### **Explicación de la simulación**

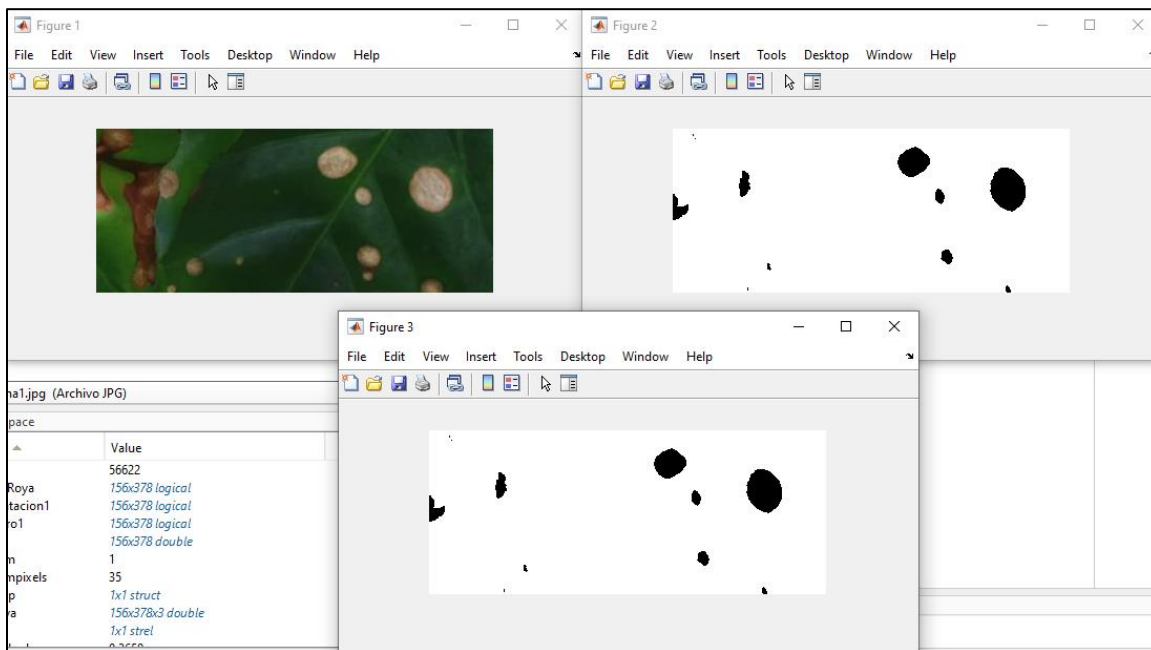
Una vez se descargan las imágenes de la memoria de la cámara se procede a parametrizar el software que está configurado solo para identificar enfermedades que atacan las hojas de la planta ya que para tomar imágenes del tallo es un poco mas complicado y riesgoso para nuestro dron. Este prototipo de software nos permite realizar la comparación de una imagen con el parámetro que demuestra si la planta esta sana o enferma el sistema, nos mostrara también la marca que presenta en la hoja y asi poder

identificar el tipo de enfermedad que la esta atacando en una breve presentación se evidencia la simulación realizada como prueba del software.

Con una planta sana:



Con una planta enferma:



De esta forma vemos como se detectan las plantas enfermas.

## **Operar la implementación**

### **Plan de mejoras a un año**

**Dron:** la adquisición de un dron más actualizado el cual disponga de más tiempo de vuelo para poder cubrir zonas más extensas, de igual forma implementar un sistema de monitoreo de temperatura y humedad en los drones por medio de sensores.

**Cámara:** obtener una cámara con mayor resolución con el fin de obtener mejores imágenes de y realizar estudios más profundos.

**Software:** desarrollar una aplicación más avanzada que nos permita disponer de un sistema de estadísticas las cuales nos muestre por temporadas del año en las cuales se presenta mayor afectación a las plantas y también nos permita obtener un sistema de respuesta de plagas automático que nos realice un estadístico tratamiento con fumigaciones para las diferentes plagas.

### **Plan de mejoras a dos años**

**Dron:** Se implementará un sistema de fumigación en los drones para realizar el control de plagas de manera automática dependiendo de las estadísticas transmitidas por el dron de identificación.


**Software:** Implementar una aplicación que nos permita por medio de telemetría tener toda la información por medio de aplicaciones en cualquier parte del mundo y también podamos controlar el sistema de alertas, también se implementara un sistema de detección de plagas no solo en la plantación cafetera sino en todas las plantaciones como la bananera, cacaotera y muchas más que son atacadas por plagas sin control.

### Plan de mantenimiento

Se elabora un cronograma de mantenimiento para todo el sistema el cual se programara de forma mensual teniendo en cuenta el tiempo de vuelo del dron y el desgaste que se pueda ir presentando este se basa en mantenimiento preventivo el cual también hará a su manera de predictivo ya que en sus casillas podemos llevar un control del estado de las piezas lo cual nos permitirá adelantarnos a posibles fallas en el equipo, para el mantenimiento correctivo lo único que podemos implementar es un stock de piezas más esenciales las cuales presenten un estadístico de daño elevado para tenerlas listas para su cambio.

Figura 19.

#### Plantilla de mantenimiento Dron

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DRON													
	Equipo	Dron Inspire 2											
	Modelo	T650											
	Serial	123456789											
	Año de fabricacion	2019											
En cada mantenimiento preventivo colocar su estado actual para controlar cambios a futuro usando el siguiente código: E= La pieza se encuentra en excelente estado. B= La pieza se encuentra deteriorada o presenta algun inconveniente que se debe tratar de corregir. M= La pieza debe ser cambiada lo antes posible para evitar algun daño.													
<b>Helicos</b>	Mensual	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Inspeccionar si hay alguna obstruccion, rotura o agrandamiento	X												
Montar helicos en el motor de prueba y comprobar que giren correctamente	X												
<b>Motores</b>	Mensual												
Compruebe los rotores para confirmar que no se hayan afilado.	X												
Quite los helicos y encienda los motores, verificar que no hayan ruidos extraños.	X												
Examine cuidadosamente el borde del rotor y confirme que el eje está perfectamente centrado en el motor	X												
Compruebe que no haya una vibracion anormal o excesiva	X												
Compruebe si los defensas confirmados que el espacio entre el motor y la base del motor es uniforme	X												
Asegurese de que los tornillos usados para asegurar la base del motor estan bien sujetos	X												
Comprobar la lubricacion de los motores si es necesario lubricar con aceite 3 en uno especial	X												
<b>Tren de aterrizaje</b>	Mensual												
Verificar que suba y baje de forma adecuada y pareja	X												
Inspeccionar si hay alguna obstruccion, rotura o agrandamiento	X												
Revisar la lubricacion de ser necesario aplicar aceite 3 en uno especial	X												
<b>Batería</b>	Mensual												
Compruebe si la batería tiene daños y deformidades	X												
Revisar las clavijas de la batería	X												
Compruebe si hay daños en los conectores de metal de alimentación de la batería	X												
Verificar voltaje de la batería se mantiene	X												
Revisar las clavijas de contacto en el compartimento de la batería	X												
Compruebe los electrodos de la batería	X												
Revisar los cables de alimentación entre los brazos y la placa central	X												
<b>Modulo Autopiloto Vertical</b>	Mensual												
Verificar que su posición sea correcta	X												
Verificar que el modulo no presente golpes	X												
Comprobar que el indicador de enlace del dron se encuentre en verde	X												
OBSERVACIONES: _____													
NOMBRE QUIEN REALIZA MANTENIMIENTO: _____						NOMBRE SUPERVISOR: _____							
CARGO: _____						CARGO: _____							

Nota. Formato de mantenimiento de todo el sistema de identificación de plagas en cultivo de café.

## **Conclusiones**

Después de realizar el análisis se pudo elegir el dron ideal para la actividad teniendo en cuenta costo y eficiencia en horas de vuelo esto permitió que este prototipo se pueda implementar de forma efectiva beneficiando a los caficultores.

Se realizo el análisis y se definió el tipo y modelo de cámara espectral a utilizar en este prototipo ya que las imágenes son las más importantes para la ejecución de la identificación de las plagas.

Se pudo diseñar el prototipo del software para el análisis de este proyecto este software realizara la comparación de imágenes permitiéndonos identificar las diferentes plagas que atacan los cultivos de café.

Se define el protocolo de comunicación a utilizar para el descargue de las imágenes a la computadora para su respectivo análisis.



### **Recomendaciones**

Este prototipo de proyecto inicialmente fue elaborado con el objetivo de apoyar a los caficultores los cuales sufren grandes pérdidas por la no detección temprana de las plagas en sus cultivos teniendo como resultado positivo a pequeña escala se tiene la proyección de elaborar una programación más completa la cual nos permita sacar estadísticas sino también poder aumentar la capacidad de detección en diferentes plantaciones como la cacaofera, platanera etc. También podríamos implementar un sistema el cual nos permita sacar un estadístico de las fechas del año en las que más se presentan las plagas para preparar un sistema de contrataque previniendo así la afectación a las diferentes plantaciones ya mencionadas.

## Referencias

- Ackerman, S. E., y Com, S. L. (2013). Metodología de la investigación. Buenos Aires, AR: Ediciones del Aula Taller. (pp. 31 - 44).  
<https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/76246?page=31>
- Córdoba, M. (2011). Formulación y evaluación de proyectos. Ciclo de vida de los proyectos. (pp. 8-16)  
<https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69169?page=23>
- Ecología verde. 2019. Causas de la deforestación. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019.  
<https://www.ecologiaverde.com/causas-de-la-deforestacion-258.html>
- Guo, Y., Jia, X., Paull, D., Zhang, J., Farooq, A., Chen, X., & Islam, M. N. (2019). A Drone-Based Sensing System to Support Satellite Image Analysis for Rice Farm Mapping. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 9376–9379.  
<https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8898638>
- Kulbacki, M., Segen, J., Knieć, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., Kulbacka, J., & Serester, A. (2018). Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. INES 2018 - IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems, Proceedings, 000353–000358.  
<https://doi.org/10.1109/INES.2018.8523943>

(n.d.). Retrieved September 8, (2020), Conclusión - Concepto y cómo hacer una conclusión.

<https://concepto.de/conclusion/>

(n.d.). Retrieved September 8, (2020), Definición de idea - Qué es, Significado y Concepto. <https://definicion.de/idea/>

(n.d.). Retrieved September 8, (2020), El diseño metodológico.

[https://es.slideshare.net/mares\\_lili/diseo-metodologico-31197079](https://es.slideshare.net/mares_lili/diseo-metodologico-31197079)

(n.d.). Retrieved September 8, (2020), El Experimento

<http://www2.uiah.fi/projects/metodi/263.htm>

(n.d.). Retrieved September 8, (2020), La idea y Planteamiento del problema (Cap. 1 y 2) - Metodología de la Investigación.

<https://sites.google.com/a/upaep.mx/metodologia-de-la-investigacion/la-idea-y-planteamiento-del-problema>

(n.d.). Retrieved March 27, (2020), Drones: tecnología a control remoto

<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/150-numero-1957/301-drones-tecnologia-a-control-remoto.html>

Semana. (2017). La crisis por deforestación de bosques en Colombia. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019. Disponible en:

<https://www.semana.com/nacion/articulo/la-crisis-por-deforestacion-de-bosques-en-colombia/537101>

Scarpa, L. J., & Piña, C. I. (2019). The use of drones for conservation: A methodological tool to survey caimans nests density. *Biological Conservation*, 238(July), 108235.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108235>

Y. H., Phinn, S., Johansen, K., Robson, A., & Wu, D. (2020). Optimising drone flight planning for measuring horticultural tree crop structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 160(November 2019), 83–96.

<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.12.006>

### Resumen analítico educativo - RAE

<b>Título del texto</b>	Diseño de un Sistema para la Identificación de Plagas - Biodron
<b>Nombres y Apellidos del Autor</b>	Gerardo Rojas Carvajal
<b>Año de la publicación</b>	<b>2021</b>
<b>Resumen del texto:</b>	
<p>Desarrollar un sistema de telemetría que sea capaz de monitorear el estado de un campo de cultivo de café, los cuales generalmente tienen una gran extensión y la planta tiene una altura considerable. La idea consiste en monitorear el estado del cultivo, midiendo constantemente variables como la humedad, temperatura y control de plagas o enfermedades en las plantas de café. Esto con el uso de sensores, drones, cámaras espectrales y comunicaciones inalámbricas.</p>	
<b>Palabras Claves</b>	Telemetría, control de plagas, cámaras espectrales
<b>Problema que aborda el texto:</b>	
<p>Hoy en día, el trabajo del monitoreo, gestión y cuidado de los cultivos de café, en general de toda área agrícola de nuestro país, sigue siendo ejecutado por la mano de obra humana. A pesar de la calidad del trabajo de las personas, cuanto mayor sea el terreno de la plantación, es más propensa a que no se detecten a tiempo posibles enfermedades que sufran las plantas, no se perciban cambios climáticos bruscos o posibles incendios no controlados que puedan llegar a presentarse. Este tipo de monitoreo se puede hacer de una forma mucho más eficiente con la aplicación de sensores ubicados en puntos estratégicos del cultivo y con la ayuda de drones, cámaras espectrales y un software de procesamiento de imágenes, se pueden hacer barridos de los cultivos mucho más efectivos y rápidos.</p>	
<b>Objetivos del texto:</b>	
<p>Diseñar un sistema autónomo que sea capaz de identificar enfermedades que puedan sufrir las plantas del cultivo de café.</p>	
<b>Hipótesis planteada por el autor:</b>	
<p>¿El uso de tecnologías de monitoreo mediante el procesamiento de imágenes será la forma más eficiente para la gestión y el cuidado de los cultivos de café?</p>	
<b>Tesis principal del autor:</b>	
<p>Las tecnologías especialmente las emergentes como el Internet de las cosas (IoT) permiten obtener datos de variables físicas y ser procesadas para determinar anomalías en los cultivos.</p>	

**Argumentos expuestos por el autor:**

Mediante una observación constantes de los datos obtenidos, contrastación con los informes de los expertos de los cultivos, se crea una base de datos que permiten de forma rápida y en tiempo real, obtener un resultado del estado de un cultivo. Esto es posible con el uso de tecnologías como las redes de sensores inalámbricos, el uso de dispositivos con autonomía de vuelo y equipados con cámaras espectrales.

El desarrollo de una solución de software, que permita el análisis y obtención de resultados para determinar, el estado del cultivo, las plagas presentes y las áreas donde se están desarrollando.

Esto permite la gestión ágil del cultivo, la disminución en el uso de los agroinsumos, al focalizar las áreas de atención y conocer las causas que están generando las enfermedades y/o plagas para la predicción en las otras áreas del cultivo.

**Conclusiones del texto:**

Después de toda la investigación que comenzó con una idea que tiene como objetivo resolver un problema que presentan los caficultores debido a las plagas que atacan sus cultivos. Partiendo de esta idea, el objetivo es proporcionar un conjunto de datos e información de forma estructurada y organizada para solucionar el problema desde nuestra perspectiva profesional.

Como resultado final pudimos obtener un software de análisis de imágenes semiautomático el cual procesa todas las imágenes obtenidas por el dron en su recorrido por la plantación determinando cuales de las plantas se encuentran enfermas con el objetivo de poder tomar medidas de fumigación temprana y poderlas combatir.

**Bibliografía citada por el autor:**

¿En qué consiste el alcance del proyecto? - Universidad Benito Juárez G. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from <https://www.ubjonline.mx/en-que-consiste-el-alcance-del-proyecto/>

Conclusión - Concepto y cómo hacer una conclusión. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from <https://concepto.de/conclusion/>

Definición de idea - Qué es, Significado y Concepto. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from <https://definicion.de/idea/>

El diseño metodológico. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from [https://es.slideshare.net/mares\\_lili/diseo-metodologico-31197079](https://es.slideshare.net/mares_lili/diseo-metodologico-31197079)

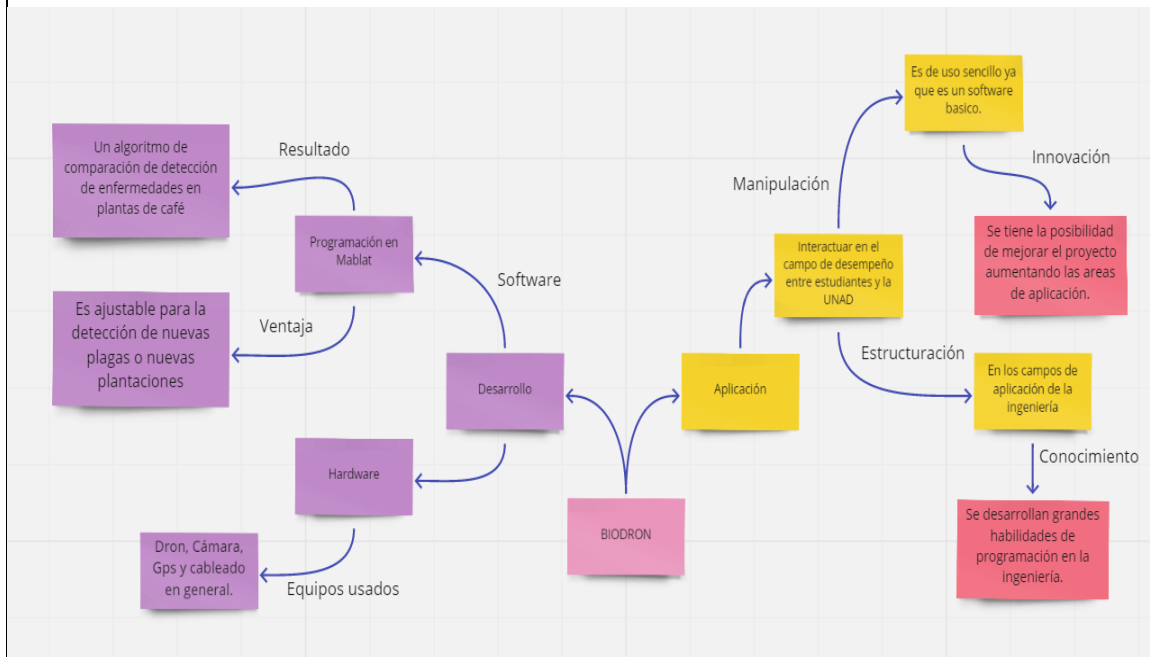
El Experimento. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/263.htm>

La idea y Planteamiento del problema (Cap. 1 y 2) - Metodología de la Investigación. (n.d.). Retrieved September 8, 2020, from <https://sites.google.com/a/upaep.mx/metodologia-de-la-investigacion/la-idea-y-planteamiento-del-problema>

- Ackerman, S. E., y Com, S. L. (2013). Metodología de la investigación. Buenos Aires, AR: Ediciones del Aula Taller. (pp. 31 - 44). <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/76246?page=31>
- Córdoba, M. (2011). Formulación y evaluación de proyectos. Ciclo de vida de los proyectos. (pp. 8-16) <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69169?page=23>
- Ecología verde. 2019. Causas de la deforestación. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/causas-de-la-deforestacion-258.html>
- Semana. 2017. La crisis por deforestación de bosques en Colombia. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.semana.com/nacion/articulo/la-crisis-por-deforestacion-de-bosques-en-colombia/537101>
- Natura. s.f. La grave deforestación en Colombia, nos afecta a todos y es el gran reto. [En línea]. Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019. Disponible en: <http://www.natura.org.co/portfolio-item/la-grave-deforestacion-colombia-nos-afecta-todos-gran-reto/>
- DRONES: TECNOLOGÍA A CONTROL REMOTO. (n.d.). Retrieved March 27, 2020, from <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/150-numero-1957/301-drones-tecnologia-a-control-remoto.html>
- Gonzalez-R, P. L., Canca, D., Andrade-Pineda, J. L., Calle, M., & Leon-Blanco, J. M. (2020). Truck-drone team logistics: A heuristic approach to multi-drop route planning. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 114(July 2019), 657–680. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.02.030>
- Guo, Y., Jia, X., Paull, D., Zhang, J., Farooq, A., Chen, X., & Islam, M. N. (2019). A Drone-Based Sensing System to Support Satellite Image Analysis for Rice Farm Mapping. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 9376–9379. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2019.8898638>
- Kulbacki, M., Segen, J., Knieć, W., Klempous, R., Kluwak, K., Nikodem, J., Kulbacka, J., & Serester, A. (2018). Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. *INES 2018 - IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems, Proceedings*, 000353–000358. <https://doi.org/10.1109/INES.2018.8523943>
- Moshref-Javadi, M., Hemmati, A., & Winkenbach, M. (2020). A truck and drones model for last-mile delivery: A mathematical model and heuristic approach. *Applied Mathematical Modelling*, 80, 290–318. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.11.020>
- Néstor René Ledesma Ing Ftal Fabian Reuter Ing Ftal Amilcar Pedenovi, I. (2019). SERIE DIDÁCTICA N° 43 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES LOS DRONES Y SUS APLICACIONES A LA INGENIERÍA.
- Scarpa, L. J., & Piña, C. I. (2019). The use of drones for conservation: A methodological tool to survey caimans nests density. *Biological Conservation*, 238(July), 108235. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108235>
- Tu, Y. H., Phinn, S., Johansen, K., Robson, A., & Wu, D. (2020). Optimising drone flight planning for measuring horticultural tree crop structure. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 160(November 2019), 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.12.006>

<b>Nombre y apellidos de quien elaboró este RAE</b>	Gerardo Rojas Carvajal
<b>Fecha en que se elaboró este RAE</b>	Mayo 25 de 2021

**Imagen (mapa conceptual) que resume e interconecta los principales conceptos encontrados en el texto:**



### Comentarios finales

Este proyecto inicialmente fue elaborado con el objetivo de apoyar a los caficultores los cuales sufren grandes pérdidas por la no detección temprana de las plagas en sus cultivos teniendo como resultado positivo a pequeña escala se tiene la proyección de elaborar una programación más completa la cual nos permita sacar estadísticas sino también poder aumentar la capacidad de detección en diferentes plantaciones como la cacaofera, platanera etc. También podríamos implementar un sistema el cual nos permita sacar un estadístico de las fechas del año en las que más se presentan las plagas para preparar un sistema de contrataque previniendo así la afectación a las diferentes plantaciones ya mencionadas.