

En Ecuador se tiene una gran capacidad de producción agrícola con grandes hectáreas de terrenos fértiles y personas que se dedican a trabajarlo. Entre todas estas producciones se destaca la fruta Pitahaya, la cual es comercializada tanto dentro como fuera del país. Sin embargo, gran porcentaje de estos cultivos en el proceso de producción de ven perjudicados por factores que incluyen principalmente el clima, terreno y por falta de conocimiento al momento de los cultivos por parte de los agricultores, lo cual afecta no solo a la fruta en sí, sino también al rendimiento productivo y por ende, a los beneficios económicos esperados. El presente libro es el resultado de varias investigaciones para la aplicación de tecnologías relacionadas con sistemas de vehículos aéreos no tripulados (drones) en el proceso agrícola de este cultivo, como parte del Proyecto de investigación, desarrollo e innovación "Drones para la agricultura de precisión, un enfoque al cultivo de la Pitahaya". Las investigaciones aportaron herramientas tecnológicas de control de vuelo para el monitoreo en terrenos específicos; aplicativos móviles de libre acceso para el análisis de imágenes, y otras tecnologías de control, que ayudarán a evaluar la salud de los cultivos y predecir futuros problemas.



Pedro Manuel García Arias. Máster en Nuevas Tecnologías para la Educación, Ingeniero en Medios Radiotécnicos. Especialista en el área de Software y Arquitectura de Computadoras. Docente Investigador y Coevaluador del área de Software en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Director de Proyecto FCI en la Universidad de Guayaquil.

E-mail: pedro.garciaa@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0002-4718-4260>



Jorge Isaac Avilés Monroy. Máster en Ingeniería de Software. Especialista en el área de software y experiencia de usuario. Docente y Coevaluador del área de Software en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil, Ecuador. Es autor de diversos artículos científicos en revistas internacionales de alto impacto.

E-mail: jorge.avilesm@ug.edu ; <https://orcid.org/0000-0001-9631-7544>



Verónica Mendoza Morán. Docente titular de la Universidad de Guayaquil en la Facultad de Ciencias, Matemáticas y Física. Máster en Software y Sistemas de la Universidad Politécnica de Madrid. Magister en Educación Superior de la Universidad Tecnológica San Antonio de Machala y es Ingeniera en Sistemas Informáticos y Computación de la Universidad Técnica Particular de Loja.

E-mail: veronica.mendozam@ug.edu.ec ; <https://orcid.org/0000-0001-7520-3505>



Jesús Rafael Hechavarría Hernández. Doctor en Ciencia Técnicas. Máster en CAD-CAM. Ingeniero Mecánico. Profesor universitario con 27 años de experiencia. Docente Titular en Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Director Proyecto Inédita Nro. PIC-18-INE-UCSG-001. Docente Contratado en Universidad de Guayaquil, Director del Programa de Maestría en Arquitectura con Mención en Planificación Territorial y Gestión Ambiental.

E-mail: jesus.hechavarria@cu.ucsg.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-9013-8665>



Luis Arturo Espín Pazmiño. Magíster en Administración de Empresas con mención en Telecomunicaciones. Ingeniero en Telecomunicaciones con mención en Gestión Empresarial de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Docente titular de la Universidad de Guayaquil en la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas en la carrera de Tecnologías de la Información. Doctorando en Ciencias Informáticas.

E-mail: luis.espinp@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0002-1663-2489>



Drones para la agricultura de precisión, un enfoque al cultivo de la Pitahaya



Drones para la agricultura de precisión, un enfoque al cultivo de la Pitahaya

Pedro Manuel García Arias
Jorge Isaac Avilés Monroy
Verónica Mendoza Morán
Jesús Rafael Hechavarría Hernández
Luis Arturo Espín Pazmiño





Drones para la agricultura de precisión, un enfoque al cultivo de la Pitahaya

Diseño: Ing. Erik Marino Santos Pérez.

Traducción: Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

Corrección de estilo: Prof. Dra. C. Kenia María Velázquez Avila.

Diagramación: Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

Director de Colección Ciencias e Innovación: Prof. Dr. C. Wilber Ortiz Aguilar.

Jefe de edición: Prof. Dra. C. Kenia María Velázquez Avila.

Dirección general: Prof. Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo.

© Pedro Manuel García Arias

Jorge Isaac Avilés Monroy

Verónica Mendoza Morán

Jesús Rafael Hechavarría Hernández

Luis Arturo Espín Pazmiño

Sobre la presente edición:

Primera edición

Esta obra ha sido evaluada por pares académicos a doble ciegos

Lectores/Pares académicos/Revisores: 0001 & 0007

Editorial Tecnocientífica Americana

Domicilio legal: calle 613nw 15th, en Amarillo, Texas. **ZIP:** 79104

Estados Unidos de América, 21 de junio de 2022

Teléfono: 7867769991

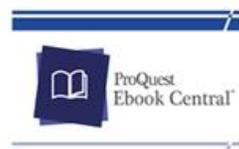
Código BIC: PDR

Código EAN: 9780311000333

Código UPC: 978031100033

ISBN: 978-0-3110-0033-3

La Editorial Tecnocientífica Americana se encuentra indizada en, referenciada en o tiene convenios con, entre otras, las siguientes bases de datos:





Contenido

Capítulo 1. La agricultura de precisión y el cultivo de la Pitahaya	1
1.1 Agricultura en Ecuador: Importancia de la agricultura en una economía dolarizada.....	2
1.2 Agricultura de precisión	4
1.3 Aplicaciones de análisis de imágenes en agricultura de precisión.....	6
1.4 Los drones: una herramienta para una agricultura eficiente, un futuro de alta tecnología.....	7
1.5 Experiencias prácticas de aplicación de drones en la agricultura.....	10
1.6 Sistemas de UAV en Ecuador.....	14
1.7 Comparación de drones especializados para la agricultura de precisión	17
1.8 Sistema de control de vuelo autónomo.....	31
1.9 Comparación de softwares libres para planificación de rutas y ejecución de vuelo para UAV en tiempo real.....	34
1.10 Uso y beneficios de aplicaciones de drones	37
1.1 El cultivo de la Pitahaya en Ecuador	38
Capítulo 2. <i>Course Drone</i>: implementación de un sistema de navegación para drones multipropósito por medio de una aplicación desarrollada con tecnologías y herramientas <i>open source</i>	51
2.1 Introducción	51
2.2 Metodología empleada	53
2.3 Antecedentes del estudio.....	56
2.4 Propuesta tecnológica	57
2.5 Metodología del proyecto.....	61
2.6 Resultados.....	68
2.7 Diagrama y descripción de caso de uso	71
2.8 Diseño de arquitectura.....	77
2.9 Dispositivos electrónicos.....	79
2.10 Plataforma de hardware de Pixhawk.....	81
2.12 Diseño de software	82
2.13 Implementación.....	83
2.12 Elaboración de pruebas y resultados	84



2.13 Conclusiones	93
Capítulo 3. Análisis de imágenes multiespectrales para índices de vegetación en aplicaciones de agricultura de precisión a partir de imágenes UAV en plantaciones de Pitahaya	94
3.1 Introducción	95
3.2 Antecedentes del estudio	96
3.3 Imágenes multiespectrales para el análisis y la visualización de la calidad de los alimentos vegetales	98
3.4 Simulador para planificación de rutas de UAV	99
3.5 Sensores remotos multiespectrales	101
3.6 Tipos de índice de vegetación	101
3.7 Comparación de softwares para análisis de imágenes multiespectrales	103
3.7 Metodologías del proyecto	113
3.8 Resultados de la encuesta	117
3.9 Metodología SCRUM	143
3.10 Beneficiarios directos e indirectos del proyecto	154
3.11 Entregables del proyecto	154
3.12 Propuesta	155
3.13 Criterios de validación de la propuesta y resultados	165
4.1 Introducción	168
4.2 Orígenes y evolución de evolución de los sistemas eléctricos	171
4.3 Conceptos eléctricos y características	174
4.4 Consideraciones físicas, Meteorológicas y Geográficas	177
4.5 Análisis de la variación solar en la República del Ecuador al 2017	182
4.6 Sistemas Fotovoltaicos	186
4.6 Eficiencia de conversión	199
4.7 Microcontroladores	200
4.8 Microcontrolador ARDUINO	204
4.9 Materiales y métodos	208
4.10 Técnica y Análisis de la Correlación de Pearson para las variables cuantitativas ...	212
4.11 Criterio de toma de decisiones	214
4.12 Resultados	216



4.13 Conclusiones	216
Capítulo 5. Sistema para la gestión de información y análisis estadístico del proceso del cultivo de Pitahaya con luz artificial	217
5.1 Introducción	218
5.2 Antecedentes del estudio	220
5.3 Evolución de la Web	221
5. 4 Lenguajes de programación	221
5.5 Framework	222
5.7 Definiciones conceptuales	224
5.8 Propuesta Tecnológica	227
5.9 Metodologías del proyecto	232
5.10 Análisis de encuestas realizadas	235
5.11 Desarrollo del proyecto	239
5.12 Fase de codificación y diseño	245
5.13 Fase de pruebas	252
5.14 Propuesta	253
5.15 Conclusiones	254
Capítulo 6. Desarrollo de un complemento de código abierto en PYQGIS para la automatización del análisis de imágenes multiespectrales aéreas destinadas a la agricultura de precisión	255
6.1 Introducción	255
6.2. Antecedentes del estudio	258
6.3 Software Libre QGIS	260
6.4 Índices de vegetación	262
6.5 Definiciones conceptuales	264
6.6 Propuesta Tecnológica	265
6.7 Etapas de la Metodología del Proyecto	269
6.8 Resultados de la encuesta	271
6.9 Metodología de desarrollo del proyecto	279
6.10 Propuesta	289
6.11 Criterios de validación de la propuesta	293
6.12 Resultados	294



6.13 Conclusiones	295
Capítulo 7. Desarrollo de una aplicación móvil para el control de zonas con riego permanente en cultivos de Pitahaya en la provincia del Guayas	296
7.1 Introducción	296
7.2 Las aplicaciones móviles y sus características	298
7.3 Definiciones conceptuales	301
7.4 Propuesta Tecnológica	304
7.5 Metodologías del proyecto	307
7.6 Resultados de las encuestas	309
7.7 Metodología de gestión del proyecto	313
7.8 Fase de codificación y diseño	325
7.9 Propuesta	342
7.10 Resultados	342
7.12 Conclusiones	348
Referencias	350

Capítulo 1. La agricultura de precisión y el cultivo de la Pitahaya

La agricultura es una de las actividades más importantes en el Ecuador, siendo un pilar para sostener la economía en el país y también fuente de alimentación. Desde muy tempranas horas del día, miles de agricultores salen a trabajar en el campo ecuatoriano y su labor aporta con el 8% de la producción total anual del país. (M.A.G., 2019).

La gestión de este proyecto abarca las necesidades que actualmente radican en el ámbito agrícola, hoy en día enfrentamos el gran reto de aplicar tecnología en la agricultura, es por esto que se busca la forma de dar a conocer alternativas útiles sin que esto afecte la economía de los agricultores, debido que este es uno de los principales factores en los que el agricultor no da paso a la tecnología, sin conocer que se puede realizar desde una ruta de vuelo con un dron virtual hasta utilizar herramientas de libre acceso para el análisis de imágenes, el cual ayudará a evaluar la salud de los cultivos y de esta manera poder predecir futuros problemas.

Actualmente la agricultura se enfrenta al enorme reto de alimentar a una población cada vez mayor, preservando la sostenibilidad del planeta y esto solo es posible incorporando las nuevas tecnologías aplicada al campo hasta llegar al punto de convertirla en una agricultura más precisa y eficiente. Como ejemplo el cultivo de la Pitahaya se puede desarrollar en sectores específicos de Ecuador debido a sus características climáticas ideales que recaen directamente en la calidad de la fruta por lo que se debe tener cuidados especiales.

Pero el problema radica en que muchos de los agricultores ecuatorianos principalmente los que se ubican en campos lejanos, utilizan métodos antiguos para sus cultivos dando a entender que la tecnología actual es muy costosa y se requiere de mucho dinero tanto para la compra, uso, contratación de expertos y mantenimiento de este, por ejemplo, algunos de los recursos o tareas que emplean nuestros agricultores para el cuidado de los cultivos son los siguientes:

- Estar pendiente de las temporadas del año para realizar los sembríos.
- Revisión manual del terreno para verificar si está apto para el cultivo.
- Orientarse por el sol o la luna para realizar el sembrío.
- Verificación física de los cultivos diarios, el cual depende de más de 3 personas.
- Contratación de personal masivo para vigilancia de los cultivos.

Estas actividades mencionadas para muchos agricultores son de gran utilidad debido que se realizan de manera tradicional manteniendo un cultivo sano, sin embargos existen casos en que se genera alteración o afectación en el proceso de sus cultivos como exceso de hidratación, sequias, hojas secas, entre otras, lo que genera pérdidas

en cuanto a la producción y creando expectativas de que las actividades tradicionales no se realizaron correctamente.

Una de las situaciones que se presentan habitualmente en la agricultura es el cuidado e interpretación de análisis de los cultivos, en el cual se debe realizar física y manualmente revisiones de cultivos por parte de los agricultores y dependiendo de sus observaciones concluir la determinación o composición del suelo, aplicación de fertilizantes o abonos, optimización o disminución de las temperaturas, hidratación de las plantas o de tierra.

1.1 Agricultura en Ecuador: Importancia de la agricultura en una economía dolarizada

El sector agropecuario y pesquero tiene una gran influencia en el crecimiento y desarrollo económico y social de Ecuador. Este sector es el motor y dinamizador de nichos productivos como la manufactura y el comercio. El sector agropecuario ecuatoriano es considerado el sector primario de la economía, siendo una de las actividades económicas más importantes, ya que maneja aspectos como: representatividad en el Producto Interno Bruto (PIB), además de ser fuente de divisas a través de las exportaciones, en productos destacados como el café, el banano, el cacao y las flores (Uribe, 2015).

Según García (2009), la agricultura ecuatoriana en los últimos años ha visto detenida la expansión de la frontera agrícola, a la vez que se ha producido un crecimiento acelerado de los pastos permanentes y una reorientación interna del uso de la tierra en términos monetarios. En términos económicos, sociales y productivos, el sector agropecuario es considerado de vital importancia para el Ecuador, ya que su participación en el PIB durante la última década fue del 8%, con un crecimiento interanual del 4% del PIB agropecuario (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2015).

La agricultura se centra en una amplia gama de actividades humanas que pueden incluir el cultivo, las técnicas de manejo y la domesticación, variable que tiene características que se vuelven relevantes al momento de identificar el tipo de agricultura (Crawford, 2011). Alston y Pardey (2014) presentaron el papel fundamental de la agricultura a nivel mundial en la economía de los pueblos. En 2012, de un total de 7.100 millones de personas en el mundo, se estima que 1.300 millones (19%) se dedicaban directamente a esta actividad. Esta actividad se refleja como la principal fuente de sustento para miles de millones de familias, lo que les permite depender de ella para la producción de capital y ganancias futuras.

El país en la última mitad del siglo XX, a través de políticas públicas, impulsó un proceso de estímulos e incentivos para aumentar la producción de la frontera agrícola. En general, el acceso a los recursos productivos para la producción agrícola no ha variado mucho a lo largo de la historia del país (Gaybor, 2009).

Para Freire y otros (2018) el sector agrícola es de gran importancia al momento de generar liquidez en una economía dolarizada y para demostrarlo se realizó un análisis a través de la aplicación de un modelo de vectores autorregresivos, lo cual mediante indicadores y unidades de medidas se permitió obtener como resultados que el sector agrícola es importante para explicar el dinamismo de la liquidez especialmente en Ecuador donde se tiene una economía dolarizada. Los subsectores que mayor influencia tuvieron en las variabilidades de tasa son exportaciones netas de cacao y derivados, frutas comestibles, hortalizas y plantas.

En este informe se puede evidenciar como la economía y la agricultura van de la mano, por ejemplo, desde la llegada del dólar a Ecuador se tuvo más oportunidades en la exportación de productos agrícolas, es decir, gracias a esto nuestros productos son comercializados en el exterior del cual se puede evidenciar actualmente que la ganancia es mayor a lo largo de los años ya que muchos de los productos están abarcando el mercado internacional. Esto también depende de los agricultores quienes aún manejan la agricultura de modo tradicional, por tal motivo se desea generar un impulso para que los agricultores rurales o urbanos conozca como implementar tecnología sin afectar la economía y generando más ingresos.

François Houtart (2018) Expresa que la agricultura campesina puede ser uno de estos lugares, en los que una transición es posible, pero no sin condiciones. No se trata, como en el caso europeo o norteamericano, de crear capitalistas o pequeños productores totalmente integrados a la cadena del capitalismo, hoy en día financiero, desde los insumos hasta la comercialización.

En la actualidad, eso significa una lucha social para defender o reconquistar espacios y territorios contra el modelo de agronegocio; organizar un acceso adecuado a la tierra y el agua; guardar el control de las semillas campesinas; resistir contra la introducción masiva de los productos químicos y los transgénicos; eliminar los intermediarios abusivos y los contratos de dependencia con empresas del capitalismo agrario; crear circuitos cortos de comercialización; reorganizar una sociedad rural multisectorial; luchar contra el vacío cultural provocado por la supresión de las escuelas comunitarias, la ausencia de equipamientos, construir alternativas a la migración de jóvenes y la feminización de la pequeña producción.

El gobierno puede crear condiciones favorables a las diversas formas de agricultura campesina, apoyar las luchas, pero puede también contribuir a su desaparición progresiva bajo el pretexto de que son un desastre productivo y que debe favorecerse una agricultura moderna.

Con este informe y la suma de noticias actuales se puede comprender que muchos de los agricultores, especialmente de áreas rurales no están debidamente capacitados o preparados para ser comparados con agricultores de otros países o continentes como es el caso de Europa, donde ellos pese a estar integrados en la cadena del capitalismo han avanzado de una manera exigente en el tema del agronegocio donde se puede apreciar que tienen el apoyo necesario para producir en gran volumen mediante la tecnología que poseen la misma que también es accesible por su gobierno, a diferencia de Ecuador donde el gobierno no da el apoyo a los agricultores, por ejemplo, existen limitaciones para adquirir préstamos e implementar nueva tecnología y poder producir de manera eficiente por parte de los agricultores y eficaz con los resultados.

1.2 Agricultura de precisión

Este tipo de agricultura permite evaluar y obtener datos de cultivos con precisión mediante el uso de tecnología el cual permitirá realizar un análisis y validar la salud de los cultivos para dar soluciones inmediatas si así se requiere.

Ocampo Melchor (2018) señala que la agricultura de precisión se caracteriza por el análisis y control de la variabilidad del terreno y del cultivo. Suministra distintas cantidades de insumos y toma en cuenta la variación en los componentes del suelo como textura, acidez, humedad, topografía o relieve, en el desarrollo vegetal y en las condiciones entre temporadas de siembra.

El análisis de este informe ayuda en el presente proyecto a detectar modalidades para poder implementar tecnología y llevar a cabo un cultivo preciso o exitoso, teniendo en cuenta las etapas, tecnologías y condiciones de un sistema agrícola.

El sistema agrícola posee tres etapas:

- Recopilación de datos
- Análisis de información
- Implementación de las técnicas más adecuadas.

Usa cinco tecnologías principales:

1. GPS
2. GIS

3. Sensores remotos
4. Maquinaria automatizada
5. Software de rendimiento

Y para que un país la adopte las técnicas mencionadas anteriormente se requieren tres condiciones fundamentales:

- Instituciones especializadas que generen conocimiento
- Recolección de información
- Manejo preciso de los recursos agronómicos

Afirma (Sociales, 2011), la agricultura de precisión utiliza una tecnología diferente a los métodos tradicionales, una de las grandes diferencias es el uso de sistemas que permiten recolectar información desde diferentes fuentes sobre los terrenos sin utilizar maquinarias.

Además, según (Sociales, 2011), facilita el manejo de la versatilidad del espacio de los suelos y cultivos, aumenta la productividad y la calidad ambiental, mediante la tecnología. Es necesario que el sistema que se esté desarrollado nos permita realizar el muestreo del suelo, la interpretación de los datos recolectados y la toma de decisiones. Del mismo modo se pueda utilizar herramientas que permiten, obtener el análisis de los datos en diferentes localidades y en épocas diferentes optimizar la aplicación de los insumos agrícolas, promoviendo la reducción de los recursos en la producción ambiental. En el siguiente cuadro comparativo (Tabla 1) se sintetizan los beneficios de la agricultura de precisión en relación con la agricultura tradicional en tres usos directos: aplicaciones de pesticidas, abonos y mapas de rendimiento.

Tabla 1. Tabla comparativa de la agricultura de precisión con la agricultura tradicional

AGRICULTURA TRADICIONAL	AGRICULTURA DE PRECISIÓN
Aplicación de pesticidas	
Presenta el campo del cultivo con una superficie uniforme a las necesidades similares.	Con la ayuda del tratamiento de imágenes aéreas, junto con las técnicas de digitalización, GPS y GIS. Pueden elaborar mapas del terreno con el fin de identificar las diferentes zonas detalladas.
Se requiere usar las banderas humanas para señalar a los aeroplanos donde usar los pesticidas.	El objetivo de usar el GPS es que me permita indicar a los aeroplanos donde descargar los pesticidas, y qué cantidad, con la ayuda de los mapas previamente elaborados.
Aplicación de Abonos	
Según la cantidad de abono que se requiere utilizar se determina a través de una composición de diferentes muestras del terreno: al concluir se	Por medio de una aplicación específica se permite a las necesidades de cada región con dos métodos: - Utilizar DGPS para compartir el terreno según una rejilla, con celdas de tamaño fijo por el usuario,



<p>obtiene una aplicación uniforme de lo que se cree una buena estimación de la cantidad apropiada.</p>	<p>facilitando el acceso preciso a un punto concreto de cada celda, recoger una muestra y aplicar el bono estimado para cada celda. Se requiere utilizar fotografías aéreas. Estas se digitalizan georreferencias, y basándose en su característica se comprueba la cantidad de abono al aplicar en cada punto exacto del terreno. DGPS se encargará posteriormente de dar coordenada al vehículo de abono y la cantidad a aplicar.</p>
<p>Mapa de Rendimiento</p>	
<p>Con un estudio detallado se puede llegar a la conclusión de que las zonas con mayor producción, requiere esfuerzo y muchas horas de trabajo.</p>	<p>En el período de la cosecha, con la utilización de DGPS y sensores de grano, se puede extraer datos precisos para elaborar un mapa preciso del rendimiento de la siembra.</p>
<p>Si una zona del terreno tiene mayor producción, pero sus costos son muy elevados, esto sería muy arriesgado.</p>	<p>Con las técnicas aplicadas según los mapas de rendimiento y los costes variables se llegan a la conclusión sobre qué zonas no se debería cultivar, ya que van a generar gastos.</p>

Fuente: “Cárdenas y García, Universidad del País Vasco, Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao, 200”, (Sociales, 2011).

1.3 Aplicaciones de análisis de imágenes en agricultura de precisión

Moreno Wilson (2018) en este artículo explica las implementaciones que se realizan mediante imágenes aéreas adquiridas con UAV dirigidas a cultivos, donde se describen tareas como: preparación del suelo; límites y áreas de tierra, monitoreo de vegetación; clasificación de la vegetación, crecimiento; fertilizantes; manejo de enfermedades, plagas y malezas. Los vehículos aéreos no tripulados se usan actualmente para ser aplicados en la agricultura, principalmente para la silvicultura. Entre las aplicaciones más comunes cabe destacar la adquisición de imágenes. En los últimos años para la adquisición de imágenes se han utilizado satélites, sin embargo, debido a los altos costos que se incurren y el bajo acceso a estas tecnologías, los UAV se han convertido en una herramienta para mayor precisión y alcance para la toma de decisiones en la agricultura.

La característica principal es la teledetección, en el que se destaca el tipo de resolución espacial y resolución espectral del cual se puede obtener información sobre un objeto, área o manifestación sin estar en contacto con él y a partir de las imágenes adquiridas poder realizar el análisis e identificar objetivos de interés a través del color como anomalías en cultivos, utilizando la temperatura como medio para obtener información y cuantificación de variables biológicas.

La preparación del terreno surge como herramienta de mapeo para describir el área de cultivo, el tamaño, la forma, y el uso. A partir de una imagen georreferenciada de buena

resolución se utilizan variaciones de tonos en luminancia entre blancos y negro donde se puede determinar el área de producción, cobertura forestal, vegetal cultivado y los usos de la tierra. Con respecto a la salud de los cultivos se estudian tres aspectos mediante fotografía aérea, la maleza, el manejo de plagas y enfermedades dependiendo de la condición patógena en la planta y la fertilización el cual se estudia en base a cambios de color que deja otros órganos debido a deficiencias nutricionales.

La detección de estrés nutricional se debe a la falta de fertilización y este se puede identificar por el color amarillento de las hojas o retraso de crecimiento de la planta, el cual también es monitoreado mediante detección y por el uso de cámaras multispectrales o cámaras comunes con filtros específicos para estimar los índices de vegetación. Actualmente, las cámaras con sensores para imágenes multispectrales son evaluado por el índice de vegetación diferencial normalizado. El NDVI ayuda a predecir y controlar la salud de los cultivos, este se calcula para generar información aplicado a la agricultura de precisión, con el fin de estimar la cantidad, calidad y salud de la vegetación.

1.4 Los drones: una herramienta para una agricultura eficiente, un futuro de alta tecnología

Es considerado un vehículo aéreo no tripulado por sus siglas en inglés (UAV *Unmanned Aerial Vehicle*), pero conocido en español como VANT, es autónomo el cual es capaz de volar sin la necesidad de un piloto. Se denominó UAV por los militares de los EE.UU. Estas aeronaves poseen sistemas que combinan información que recopilan de los sistemas de posicionamiento como GPS, navegación mediante GIS, servomecanismo, etc. La CPU que lleva a bordo se encarga de pilotar sin la necesidad de que un ser humano este a bordo de la nave.

A pesar de ser desarrollado inicialmente para uso militar, actualmente los VANT tienen aplicaciones en el campo civil, ya que puede usarse para dar seguimiento a un incendio, o para catástrofes de cualquier tipo, en la agronomía, en la seguridad y otros usos.

Gracias a los avances en telecomunicaciones, los VANT se muestran particularmente útiles en cuanto a obtener información, en el manejo y transmisión de la misma, y así conseguir comunicaciones que sean difíciles de interferir y más seguras.

Los VANT se pueden clasificar por la misión en los siguientes tipos:

- De blanco: Sirven para simular aviones o ataques enemigos en los sistemas de defensa de tierra o aire.
- Reconocimiento: Enviando información militar.



- Combate: Llevado a misiones que suelen ser peligrosas.
- Logísticas: Diseñados para llevar carga.
- Investigación y desarrollo: En ellos se prueban e investigan los sistemas en desarrollo.
- Comerciales y civiles: Son diseñados para propósitos civiles.

También se puede categorizar dependiendo por el alcance máximo y de su altura de ascensión:

- *Handheld*: 2.000 pies de altitud, unos 2 km de alcance.
- *Close*: unos 5.000 pies de altitud, hasta 10 km de alcance.
- *Nato*: unos 10.000 pies de altitud, hasta 50 km de alcance.
- *Tactical*: 18.000 pies de altitud, hasta 160 km de alcance.
- *Male*: 30.000 pies de altitud, hasta 200 km de alcance.
- *Hale*: más de 30.000 pies de altitud alcance indeterminado.
- *Hypersonic*: alta velocidad, supersónico o hipersónico, unos 50.000 pies de altitud suborbital, alcance de 200 km.
- *Orbital* en orbitas bajas terrestres.
- *Cis Lunar* viaja entre la Luna y la Tierra.

Entre las varias ventajas el uso de VANT, podemos mencionar porque son una alternativa mucho más económica y ecológica al uso de los helicópteros y aviones en determinadas tareas.

Al no llevar tripulación permite llevar a cabo misiones peligrosas sin poner en riesgo al piloto. El reducido tamaño y el peso de algunos VANT, puede volar sobre personas o propiedades sin crear molestias o ponerlos en riesgos, por lo que lo vuelve ideal para tareas policiales y de observación a la naturaleza.

Todos los días se descubren nuevas aplicaciones para los VANT, se trata de una nueva tecnología que está empezando a encontrar usos prácticos.

El pilotaje es parecido al de una aeronave convencional, el piloto se encuentra en tierra con la misma instrumentación y de los mismos sistemas de navegación empleados en estas aeronaves por medio de un control remoto.

El sistema control remoto tiene un rango de unos cuantos kilómetros alrededor del control dependiendo del tipo de aeronave que se diseñó, no debe existir ningún obstáculo que se interponga con el centro de control y el VANT, para aquello debe tomar la orografía del terreno antes de programar los vuelos.

Debido a los sistemas de navegación GPS y unas balizas luminosas portátiles que permiten el vuelo nocturno. Los VANT pueden volar con, turbulencia, visibilidad reducida y con ciertas condiciones de viento, que para otras aeronaves convencionales serían un impedimento.

Se tiene conocimiento que desde la época de los 40, en Europa se lanzan docenas de sondas meteorológicas cada día que alcanzan los 15.000 metros, a pesar de enviar centenares de miles, no se ha reportado ninguna colisión.

Además de las aplicaciones militares, los VANT pueden ser usados para otros fines, por ejemplo, para operar en ambientes de mucha peligrosidad por la contaminación radiológica, bacteriológica y química que sería riesgoso para el ser humano.

Se usan drones en eventos por su versatilidad, su usabilidad, su precisión se han usado en festivales deportivos, manifestaciones, bodas festivales musicales y eventos varios, uno de los mayores hitos fue aparición del Mundial de Brasil 2014.

También se usan para el socorro o salvavidas, ya que puede sobrevolar por zonas difíciles de acceder o aislada debido a desastres naturales, puede usarse para transportar la ayuda necesaria a heridos, hacer la evacuación del lugar del siniestro y hasta ayudar en la búsqueda de personas en bosques, playas, montañas.

Los drones en la agricultura son un medio que permiten analizar, localizar y gestionar las necesidades que presenta un cultivo para dar solución de manera inmediata como aplicación de fertilizantes o riego, ayudando a que se reduzcan costes, se optimice el rendimiento y obtener mayor beneficio económico. Se puede deducir que actualmente existen drones para analizar la agricultura y drones para aplicar el tratamiento que requieren los cultivos.

Para Gómez Maribel y otros (2013) la función de esta tecnología se basa en que cada área del campo puede gestionarse según sus características, donde las tareas agrícolas se toman conociendo la localización exacta de las zonas para identificar variables como vigor del cultivo, infestaciones de malas hierbas, aumentar determinada cantidad de fertilizante, o en las que se requiere implementar más o menos riego. Se puede considerar que la gestión localizada de un cultivo está definida por un ciclo de cuatro fases:

- Monitorización para la detección y mapeo de las variables que estén afectando el cultivo.
- Toma de decisiones y elaboración del mapa de tratamiento para planificación de qué aplicar, cómo, cuándo y dónde para mejorar el rendimiento de nuestro cultivo.

- Actuación en campo o ejecución del manejo localizado que se ha decidido.
- Evaluación de la rentabilidad económica y medioambiental de las operaciones realizadas en el cultivo, el cual permitirá conocer las mejoras que se realizan en cada planificación.

Pino Edwin (2019) define que este artículo es una revisión sobre el estado actual del uso de la tecnología de drones y los productos que se obtienen con sus vuelos programados. Se definen los tipos de drones utilizados con más frecuencia en la agricultura de precisión, los tipos de cámaras y sensores usados, las imágenes obtenidas luego del procesamiento de la información lograda con los sensores. Así mismo se especifican las aplicaciones que se pueden realizar en la actualidad en las actividades o labores agrícolas como estimación del contenido de humedad del suelo, nutrientes en los cultivos y rendimiento de los cultivos. También se establecen las ventajas y desventajas del uso de esta tecnología, desde aspectos técnicos hasta económicos, dando alternativas factibles para su utilización.

Una actividad común en temporada agrícola es la aplicación de fertilizantes y micronutrientes, conocer el contenido de humedad del suelo y rendimiento de los cultivos. El uso de drones especializados con cámaras térmicas para la agricultura permite realizar monitoreos sobre cultivos el cual emite un análisis para saber si se encuentra en un estado óptimo o estimar si el cultivo necesita ser tratado, por ejemplo, para el uso fertilizante, hidratación o uniformidad.

1.5 Experiencias prácticas de aplicación de drones en la agricultura

Afirma (Press, 2013), la agricultura de precisión es una tecnología en la cual se radican las explotaciones del sector agrícola, se gestiona dependiendo de las necesidades de los cultivos (López Granados, 2013). Esta tecnología se utiliza para ayudar al agricultor a llegar a lugares de difícil acceso y poder tomar acciones correctivas reduciendo costos, tratamientos innecesarios, mejorar el rendimiento y la disminución del impacto ambiental

Por su parte, (Díaz Celis, 2013), busca la optimizar el proceso de producción para mejorar la variabilidad agrícola del ecosistema, esto nace del poco conocimiento del proceso de producción en el manejo tradicional de la agricultura, ya que este resulta costoso y un pacto ambiental negativo.

Según (Francisco et al., 2017), utilizando drones especializados para agricultura de precisión, como se lo ha presentados y analizados dentro de este estudio, se puede realizar las siguientes aplicaciones agrícolas, según (Francisco et al., 2017):

- a) Uso de drones en arrozales: Un cultivo pierde rápidamente el rendimiento, debido al incremento de la temperatura. Este aumento de temperatura se puede monitorear por imágenes termo gráficas. Una empresa llamada *GMX Consultancy* quien realizo un servicio agrícola con drones en Nigeria, con el objetivo de mapear 7,500 hectáreas para la planificación y construcción de riego para los campos de arroz. Decidió emplear un dron de ala fija de un fabricante estadounidense, con características del vuelo autónomo.
- b) Uso de drones en viticultura: En España, el uso de nuevas herramientas de teledetección permite evaluar las imágenes del dron, así como los viñedos que detectan sus variaciones en las cosechas. El uso de drones permite que la teledetección, flexibilizando, personalizando y permitiendo obtener las imágenes de alta resolución para tener información en la plantación. Esto optimiza la toma de decisiones ya que la cámara es de hiperespectrales, infrarrojas y termo-gráficas para adquirir las imágenes del viñedo.
- c) Uso de drones para la detección de malas hierbas: Esto permitió diferencia entre malas hierbas de las plantas de cultivo y fases tempranas del crecimiento, y en donde se debe aplicar los herbicidas con el uso de los drones podemos obtener imágenes multiespectrales, adquiridas por el dron en verificar la presencia de malas hierbas y plagas de los cultivos. El sistema fue desarrollado con resolución espectral, con el uso de componentes como los sensores remotos, infrarrojos y con diferentes algoritmos de análisis de imagen.
- d) Uso de drones para inspeccionar cultivos: En Costa Rica en el 2014 la empresa “El colono Agropecuario” provee drones en los cultivos de: caña, piña azúcar, arroz, el objetivo es mejorar la rentabilidad y amenorar el impacto ambiental. La empresa Colono aplico la agricultura de precisión, en el manejo y conservación de las imágenes de los datos obtenidos. Con la implementación del sistema se tuvo acceso a los datos geoFiguras y a planificar y controlar las áreas del cultivo en el que ayudara a los agricultores. El dron para los agricultores ha sido de una gran ayuda por recolectar imágenes de los cultivos.
- e) Uso de los drones en agricultura de precisión: La agricultura es muy importante ya que por ellos dependemos de la alimentación para el ser humano y los animales. El dron en la agricultura ha venido evolucionando a través de los tiempos y por ello han mejorado la efectividad de los cultivos. Una de ellas es la agricultura precisión, que ha sido posible gracias a los drones.

La agricultura de precisión es el estudio detallado de los terrenos, además pone a su disposición información que me va a permitir ahorrar recursos y ganar eficiencia mejorando la calidad de los cultivos, ya que los tratamientos agroquímicos son dirigidos a los cultivos específicos.

Gracias al dron y sus cámaras multiespectrales (toman fotografías de las diferentes áreas, pudiendo llegar detectar los problemas que no son visibles para la vista humana) el agricultor tiene información constante, como falta de agua, detección de enfermedades constantes del cultivo y puede actuar en el momento en la zona adecuada, Adicional también es útil para la gestión, los precios de drones varían desde los \$ 4,000 a \$25,000 también se puede alquilar por tiempo. Los pesos de los drones son de 2 a 3 Kg no presentan peligro para el espacio.

Existen diferentes tipos de drones que pueden ser utilizados en el sector agrícola para diversas actividades. Por ejemplo:

AIBOX X6.- Es utilizado por la industria y las empresas de servicios, generan, evalúan datos de manera eficiente, y son fáciles de utilizar.

DRON OCTO 8.- Afirma (Punto & Diferente, n.d.), es una herramienta profesional capaz de portar una carga de 5kgf ofreciendo mejores resultados y garantizando la seguridad de la operación.

ENDURO. -Máxima calidad, se puede realizar vuelo manual o en modo inteligente.

AGRAS MG-1 Solo es utilizado para regar pesticida; puede sonar tan sencillo como un aspersor volador; pero sería más eficiente si se hiciera manualmente.

AGEAGLE. - Es un sistema diseñado para la agricultura, envía imágenes en las maquinas.

AGDRON. - Disponen un conjunto de sensores que incluyen imágenes térmicas, estereoscópica y NDVI multiespectral (*Normalized Difference Vegetation Index*).

NOMAD. - Es un espectrógrafo de alta resolución con capacidad sin precedente para medir compuestos minoritarios (hasta cien veces mayor que los dispositivos empleados actualmente).

LANCASTER 5.- Un sistema avanzado de recopilación de datos con un sistema de control de vuelo utilizado para desarrollar múltiples tareas en diferentes sectores profesionales.

EBEE. - Autónomo que captura fotos aéreas de alta resolución para convertirlas en precisos orto-mosaicos y modelos 3D.

INDAGO. - Afirma (Humano, Investigaciones, Acad, & Humano, 2015), un cambio de paradigma en los sistemas aéreos no tripulados que proporcionan robustez, versatilidad y confiabilidad.

En la siguiente tabla se clasifican según su uso y el beneficio que se necesite.

Tabla 2. Aplicaciones de los drones para agricultura

APLICACIÓN	USOS	BENEFICIOS
Monitoreo de cultivos	Consiste en el uso de cámaras de alta definición para tomar fotografías a los cultivos las cuales se sincronizan con GPS; y quedan todas las fotografías geo posicionadas para la formación de mapas y posterior análisis en un software.	Permite con cámaras de alta definición y con información georreferenciada recorrer con exactitud los cultivos. El monitoreo puede realizarse de forma manual o se puede prefijar la ruta de monitoreo a través de un software para realizarlo de manera autónoma.
Detección de estrés hídrico en cultivos	Consiste en la detección de estrés hídrico (falta de riego) en las plantas, ayudado de una cámara térmica. Permite estimar las necesidades hídricas de cada planta.	Permite utilizar de manera eficiente el agua, realizando un riego focalizado, por consiguiente, ahorro energético.
Tratamientos localizados de herbicidas	Consiste en cartografiar con precisión las malas hierbas para realizar tratamientos localizados de herbicidas en las zonas infestadas, adaptando la dosis y el tipo de herbicida.	Permite realizar tratamientos localizados de herbicidas en fases tempranas, cuando el cultivo y las malas hierbas tienen una apariencia muy similar. Pero pueden ser discriminadas por esta tecnología, atendiendo a la composición y densidad de las malas hierbas.
Detección de estrés nutricional en cultivos	Consiste en la detección de estrés nutricional en las plantas, estimando el estado vegetativo para determinar la aplicación de Fertilizantes.	Reconoce la aplicación eficiente de fertilizantes, utilizado sólo en las zonas en las que es necesaria su aplicación.
Detección temprana de enfermedades y plagas	Consiste en detectar los cambios que se producen en los cultivos, permitiendo la detección de enfermedades.	Permite la detección temprana de cambios producidos en los cultivos, a través de imágenes multispectrales, que ayudan a la detección de enfermedades, especialmente por hongos.
Conteo de plantas	Consiste en realizar el recuento de la totalidad de plantas. La forma tradicional es contar manualmente un área del campo y luego extrapolar los datos obtenidos a la totalidad de la plantación.	Permite hacer el recuento de la totalidad de las plantas en un tiempo muy corto.

Fuente: "Aplicaciones de los drones en la agricultura" (Francisco et al., 2017)

1.6 Sistemas de UAV en Ecuador

Afirma Bash, (2015), que un vehículo Aéreo no tripulado UAV, es un vehículo controlado autónomo por medio de comandos o desde la tierra con una planificación de vuelos con control remoto. Las aplicaciones con este tipo de dificultad o riesgo para vehículos convencionales tripulados por personas, como son la teledetección, incidente, las manchas de petróleos en el mar.

Del mismo modo, asegura que estos vehículos han sido manejados en bases militares para uso de reconocimiento de terreno y ataque; así mismo se utiliza para identificar riesgos naturales y ambientales.

Según Bash, (2015), se pueden adquirir a bajo costo que las aeronaves tripuladas, no afectan las vías, tienen componentes con sensores de comunicación y pueden acceder a áreas de difícil acceso. Existen diferentes tipos de UAV según su despegue, en el siguiente mapa se puede ilustrar los diferentes tipos.

Afirma Abreu, (2015) que originarios en un entorno militar, los drones o vehículos aéreos no tripulados son cada vez más comunes en la sociedad. Con el tiempo se han convertido en armas de ataques y en poco tiempo en regalos de navidad. Según Helen Pike¹ (2013) Un dron es todo lo que está en el aire, un multicorrector con una cámara profesional utilizados para el monitoreo en distintas actividades. Vehículos aéreos pueden ser dirigidos de dos formas: En control remoto o autónomo.

Se denominan Vehículo Aéreo No Tripulado (siglas VANT en español) o *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) en inglés. Técnicamente, los drones y los VANT/UAV son aeronaves no tripuladas por ningún piloto. Sin embargo, estos aparatos se denominan, según sus características o uso, en el mundo de los vehículos aéreos no tripulados se utilizan infinidad de siglas y palabras, lo cual lleva a la confusión y su incorrecto uso.

Según las investigaciones realizadas por Tremayne y Clark² (2014), estos dispositivos se denominan de las siguientes formas: *uninhabited aircraft* (UA)-avión deshabilitado su término genérico se refiere a las aeronaves no tripuladas, teniendo en cuenta si son autónomas o tripuladas por control remoto (RPA), *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) – vehículos aéreos no tripulados, ámbito militar, *Unmanned Aerial Systems* (UAS)-sistemas aéreos no tripulados en referencia al sistema de aeronaves tripuladas. A diferencia del UA se refiere exclusivamente a la propia aeronave, el sistema integra el dispositivo, el enlace de comunicaciones y la estación de tierra, *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) - aeronaves pilotadas a distancia se denomina así a las aeronaves no tripuladas que son operadas mediante control remoto. Aplicado principalmente a los dispositivos que son utilizados para la aviación comercial- *Remotely Piloted Vehicles* (RPVs)- vehículos pilotados a distancia sistema aéreo tripulado de forma remota, de ser así se incluye el aparato y el sistema de control. Este término ha sido afectado en todos los informes, sobre todo en los de la UE que se denomina así a los aparatos de uso civil.

Según la problemática tanto para expertos, periodista como para el público es difícil elegir cada tipo de aparato, ya que origina la confusión, inclusive se complica la elección del lenguaje del autor.

Hay una amplia variedad de formas, tamaños, configuraciones y características en el diseño de los VANT. Históricamente los VANT eran aviones pilotados remotamente (en inglés: drones), pero con el transcurso del tiempo se han actualizado a vuelos autónomos. Así mismo los vehículos aéreos pilotados remotamente o por radio control remoto, se conocen como radio controlado o aeronaves r/c; esto se debe a que los VANT son sistemas autónomos, que pueden operar sin control humano, es decir que pueden despegar, volar y aterrizar automáticamente. Aunque se recomienda tener el control remoto cerca en de emergencia.

Las partes básicas de un dron son:

- **MOTORES, HÉLICES Y ESCS:** Afirma (García, 2014), es un complemento importante que nos ayuda a mantener el dron en el aire. Los ESCs (*Electronic Speed Control*) regulan la potencia eléctrica suministrada a los motores, la velocidad de giro del rotor, ya que al girar a alta velocidad se suspende el dron en el aire con las hélices que se mueven mutuamente.
- **MOTORES DC:** Nos dice (Bash, 2015), los motores de corriente continua son utilizados en mini robots. El rotor es el dispositivo que gira en el centro del motor DC, está compuesto de rollos de cable y conductores de corriente. La corriente es ingresada al rotor a través de las "escobillas" que son fabricadas de carbón. La fuerza del motor que gira es proporcional a la corriente de los conductores. A mayor tensión, mayor corriente y mayor motor.
- **MOTOR BRUSHLESS:** Nos dice (Bash, 2015), actualmente se utilizan los motores *brushless*, o trifásicos. A diferencia de los motores DC, los motores *brushless* son superiores tienen dos aspectos fundamentales: en relación de potencia-peso, menor tamaño, menor peso y es eficiente. Esto implicaría que la cantidad de energía eléctrica que se transforma en energía mecánica es mayor. La palabra *brushless* se puede traducir "sin escobillas", estos motores necesitan colector y escobillas o carbones. En DC funcionan en AC, se alimenta con una señal trifásica, esta señal debería ser sinusoidal, ya que en la práctica son pulsos.

Las ventajas de los motores *Brushless* son las siguientes, nos dice (Bash, 2015):

- Mayor eficiencia (menos pérdida por calor)
- Mayor rendimiento (mayor duración de las baterías para la misma potencia).
- Menor peso para la misma potencia
- Requieren menos mantenimiento al no tener escobillas
- Relación velocidad/par motor es casi una constante
- Mayor potencia para el mismo tamaño

- Rango de velocidad elevado al no tener limitación mecánica.

Desventajas:

- Coste elevado de construcción
- El control es caro y complejo
- Siempre hace falta un control electrónico para que funcione, hay veces que se duplica el coste.

La tendencia en los sistemas cuadricóptero es recomendable utilizar los motores brushless, ofrecen mayor rendimiento en las baterías y mayor potencia.

- **Controlador de vuelo:** Afirma (García, 2014), se trata del cerebro de la máquina es un componente electrónico importante ya que van conectados al controlador de vuelo.
- **Mando o control remoto:** Afirma (García, 2014), es un dispositivo con dos joysticks (palancas multidireccionales). Son los movimientos del dron que se introduce mediante unos comandos.
- **Radio receptor:** Afirma (García, 2014), se trata del componente que recibe las órdenes del mando, transmitiéndolas al controlador de vuelo, es decir que sea ejecutada la instrucción del dron, es necesario que el control de mando se manejado por el usuario.
- **Baterías:** Afirma (García, 2014), proporcionan la energía necesaria al dron. Suelen ser de polímero de litio, de bajo y alta descarga, ideales para maniobrar, con el aparato. Para mayor beneficio es necesario instruirse de las normas de seguridad de la batería ya que tienen un químico radioactivo, que es un riesgo físico para la persona.
- **Sensores:** Nos dice (Bash, 2015), es un dispositivo, que crea una señal de salida podemos interpretar mediante parámetros en función a la variable.
- **GPS:** Afirma (Sarria, 2006), sistema de posicionamiento global es un sistema de orientación terrestre, el cual permite determinar un objeto en la tierra, este tipo de dispositivos según el modelo pueden dar aproximaciones entre centímetro a metro.
- **Microncontrolador:** Afirma (Bash, 2015), un microcontrolador es un tipo de computadora en miniatura que se pueden encontrar en los dispositivos electrónicos como radios, teléfonos, etc. Los microcontroladores son dispositivos programables importantes en los sistemas digitales, tales como el cerebro de la unidad. Más adelante plantea (Bash, 2015). No debemos confundir los microcontroladores con los microprocesadores, ya que sólo es una unidad central de procesos, de manera externa, estos hay que conectarlo a la memoria, puertos y unidades de almacenamiento, tiene la ventaja de ser más escalable que un microcontrolador, ya que tiene la capacidad de poder agregarle más componentes según sea nuestra necesidad. Asimismo, (Bash, 2015), para el

control del sistema cuadricóptero es suficiente con un microcontrolador, la utilización de los conversores A/D, los contadores y la pequeña memoria (RAM y ROM) que incorporan hacen que este dispositivo sean los más utilizados.

- **Sensores multiespectrales:** Afirma (Lira Chávez, 2012), estos sensores son de costos bajos, de gran eficiencia y de un mínimo tamaño como los CCD (Dispositivo carga acoplada) que generan imágenes multiespectrales digitales. Las imágenes proporcionadas por estos sensores en formato digital son almacenadas y procesadas en una computadora de un sistema especializado.

Algunos UAV que operan en el Ecuador que serán mencionadas los siguientes:

Heron y Searcher

- Procedencia Israelí.
- Sistema de mando remoto operado por 5 personas, Manta-Ecuador, 2009, Aeronave Radio controlada.

Gavilán-2

- Fue fabricado y diseñado por el Centro de CID-FAE, han sido creadas modelos: UAV-0 Gavilán- (aeronave de prueba y demostración), Fénix y el prototipo final UAV-2 Gavilán. Actualmente operativo para vigilancia de la frontera Norte.
- Desarrollo Universitario: ESPOL, EPN, Universidad de las fuerzas Armadas ESPE.
- En Ecuador, además del desarrollo de drones diferentes instituciones tanto públicas como privados actualmente están utilizando drones de uso comercial para solventar necesidades especiales, por ejemplo: Cuerpo de bomberos de Quito Gama TV, Policía Nacional, entre otros.

1.7 Comparación de drones especializados para la agricultura de precisión

El uso de los drones permite planificación y elaboración de estrategias previo un análisis de la salud de los cultivos. Actualmente existen dos tipos de drones aplicados a la agricultura de precisión los cuales pueden ser equipados con cámaras especiales:

Drones de ala rotatoria o multirotores: Presentan una menor autonomía entorno a los 30 minutos de vuelo y distancias por debajo de los 10 km. Estos drones presentan entre 4 y 8 hélices con longitudes de ala que superan el metro. Pueden soportar una carga de pago de más de dos kilos y a diferencia de los drones de ala fija, pueden girar sobre sí mismos en distancias muy cortas, lo que los hace especialmente versátiles para trabajos verticales. En función del estudio a realizar, topográfico, geofísico o geológico, cada dron puede aportar diferentes recursos y capacidades que deben ser planificadas con anterioridad a los vuelos para asegurar los mejores resultados. Lozano y Gutiérrez (2016, p. 91).

Figura 1. Modelo de un dron mutlirotor



Nota: Modelo de *dron* multirrotor perteneciente a la marca Heliceo, fabricante de drones para geomática, Francia. Tomado de: <http://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/fox4-dron-multirrotor/>

Según (Michelena, 2016) y (Pardo-ibarra, n.d.), son aquellas que se sostiene en el aire gracias a las hélices, a estas se las llama multirrotoros o helicópteros

Sus características más importantes, según (Michelena, 2016) y (Pardo-ibarra, n.d.) (Pardo-ibarra, n.d.):

- Despegue y aterrizaje vertical.
- Posibilidad de volar a puntos fijos o a muy baja velocidad.
- Mayor maniobrabilidad y precisión de vuelo.
- Permiten manejar mayores cargas útiles.

Figura 2. RPA de ala rotatoria



Fuente: Implementación de un sistema de comunicación inalámbrico entre un UAV/RPA con su estación terrena para la transmisión de imágenes térmicas en tiempo real y su utilización en el control de incendios. (Michelena, 2016).

Drones de ala fija: El modelo de este dron es semejante al modelo de un avión. Se caracterizan por alcanzar grandes distancias de vuelo con autonomías de hasta 60 km y una hora de vuelo. Estos modelos pueden superar los 500 metros de altura y velocidades comprendidas entre 50 y 70 km/h. Debido a las características del aparato, los despegues se realizan desde una plataforma metálica inclinada un cierto ángulo, mientras que los aterrizajes son por impacto directo contra el suelo. A diferencia de los drones de ala rotatoria, presentan la cámara en posición fija, pueden incorporar hasta 2.5 kg de peso como carga extra de material, sin incluir la estructura básica que permita volar al dron, esto es, baterías y motores. Estas características los hacen especialmente versátiles para la elaboración de cartografías y toma de ortoimágenes de superficies extensas. Lozano y Gutiérrez (2016, p. 91)

Figura 3. Modelos de dron de ala fija



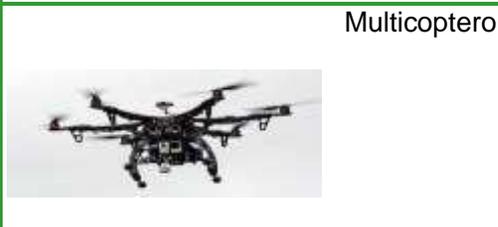
Nota: Modelo de dron con ala fija perteneciente a la marca Heliceo, fabricante de drones para geomática, Francia. Tomado de: <http://www.heliceo.com/es/produits-pour-geometres/fusion-dron-avion-vtol/>

Según (Díaz García-Cervigón, 2015) (Pardo-Ibarra, n.d.), son aquellas aeronaves que se asemejan a los aviones, sus características más importantes según (Díaz García-Cervigón, 2015) (Pardo-Ibarra, n.d.) Son:

- Mayor autonomía es más eficiente que los de ala rotatoria.
- Mayor velocidad ya que al tener mayor autonomía tienen una mayor área de cobertura.
- Menor huella sonora (para aplicaciones de vigilancia).
- Mayor rango climático en términos de temperatura, viento y lluvia.

Tabla 3. Tipo plataforma de aeronave

NOMBRE	DEFINICIÓN
 <p>Tricóptero</p>	<p>La velocidad de estos motores se puede controlar de manera independiente. Uno de estos motores trabaja como cola, y a su vez puede ser rotado de izquierda a derecha. Esta plataforma tiene sensores como giroscopio y acelerómetros, para medir la velocidad angular y la aceleración de la plataforma respectivamente.</p>

	<p>Cuadricóptero</p> <p>Tienen un tiempo de vuelo mayor debido a que pueden llevar baterías mucho más grandes, pero el peso es compensado por el empuje realizado por los motores.</p>
	<p>Hexacóptero</p> <p>Estas plataformas pueden ser configuradas estándar como los motores y hélices que están distribuidos en circular. Son dos configuraciones una estándar que es utilizada para grabar videos, es usada para tomar imágenes y transporta objetos debido a su potencial.</p>
	<p>Octocóptero</p> <p>Estas plataformas son usadas donde se requiere más seguridad como transporte de equipos de fotografías su precio es muy elevado. También son utilizadas para los cultivos, pero se suele perder sus motores, la construcción es compleja, aunque si pueden volar.</p>
	<p>Multicóptero</p> <p>Poseen una mayor capacidad de carga sin implementar motores tan potentes o hélices más grandes, cuentan con redundancia para aumentarla estabilidad de la plataforma debido a esto, es necesario cambiar la velocidad de los motores y hélices lo más rápido posible.</p>

Fuente: Diseño de un sistema de robótica móvil aéreo no tripulado equipado con sensores de percepción remota para estimar descriptores de un cultivo de caña de azúcar en el valle del Cauca (Gaitán García, 2017).

Debido a la variedad de modelos que existen en el mercado no se puede generalizar, es necesario tener presente que dependiendo del hardware y el software podrán ser utilizados, Al momento de establecer una clasificación de tipos de aeronaves no tripuladas es posible atender diferentes criterios.

Tabla 4. Comparativa de tipo plataforma en hardware

CARACTERISTICAS	NUMERO DE ROTORES				
	TRICOPTERO	CUADRICOPTERO	HEXACOPTERO	OCTOCÓPTERO	MULTICOPTERO
IMAGEN					

Peso [kg]	1,32	1,4	1,56	1,56	1,0
Fuerza generada por cada rotor en [N]	4,4	3,5	5,2	5,2	2
Fuerza de empuje de cada rotor en [N]	0,88	0,7	1,04	1,04	1,6
Velocidad del rotor de cada rotor [N]	5,97	5,33	5,1	5,1	6,2
Potencia de un solo motor [W], en vuelo estacionario	40,30	32,5	29,4	29,4	29,4
Tiempo de vuelo estacionario en [min]	27,00	25,1	18,5	18,5	18,5
Tiempo de vuelo estacionario en [min] con 1 [KG] de carga	35,70	35,2	28,9	28,9	28,9
Potencia de 1 motor en [w] en vuelo horizontal	41,20	33,2	30,00	30,00	30,00
Velocidad del rotor de cada rotor [RPM], en vuelo horizontal	6,02	5,39	5,14	5,14	5,14
Tiempo de vuelo horizontal [min]	26,4	24,5	18,1	18,1	18,1
Tiempo de vuelo horizontal [min] con 1 [kg] de carga.	34,9	34,4	28,2	28,2	28,2
Tamaño de la hélice [cm]	-	37,5	25,00	25,00	25,00
Revoluciones de la Hélice [RPM]	-	10000	11000	11000	11000

La tabla 4, en la que se muestra los tipos de la plataforma de aeronave, se concluyó que la aeronave tricóptero presenta mayor eficiencia en la utilización de energía; aunque, la aeronave cuadricóptero provee una mejor y superior operación en comparación del tricóptero, con la diferencia que la energía que es de 1.5%, por lo que se garantiza un fácil manejo y equilibrio en sus vuelos.

Existen varios modelos de drones que cuentan con una aplicación pretendida de estos dispositivos en materia de seguridad laboral puede parecer claro en un encuadre del ámbito civil, ya que garantiza la seguridad del piloto al no estar presente en el combate,



9 780311 000333

dependiendo del uso, en el siguiente cuadro se detallan características principales según el modelo.



Tabla 5. Varios modelos de uso civil

FINALIDAD	MDOELO	IMAGEN	VUELO (H)	PRECIO (\$)	ALCAN CE (KM)	FOTOGRAFIA Y GRABACIÓN	TELEMA TRIA	GPS	VELOCIDAD MAXIMA (KM/H)	PESO (KG)	CARGA UTIL (KG)	ALTURA MAXIMA (M)
Reconoci- miento	RQ-11 Raven		1-1,5	34.000	10	Si	Si	Si	81	1,9	-	4256
	Scan Eagle		15	-	-	Si	Si	Si	129,6	12	6	5000
	MQ-1 Predator		24	-	740	Si	Si	Si	218	407,1	204	7620
Armados	Hermes 450		17-20	2.000.000	300	Si	Si	Si	176	550	180	5486
	Hermes 900		30-36	2.000.000	300	Si	Si	Si	220	1180	350	9144
	MQ-9 Reader		27	64.200.000	3022	Si	Si	Si	370,4	2223	1701	15240
Fotografía y Grabación	Yuneec Tornado H920		24	5.000,00	2	Si	Si	Si	40	4,99	-	-



Recepción: 12-03-2022

Aprobación: 10-06-2022

	DJI inspire 1 PRO / RAW		15	6.199,00	5	Si	Si	Si	64,8	3,4	-	-
	DJI Phantom 4		28	1.360,00	5	Si	Si	Si	72	1,38	-	-
Transporte de mercancías	Allied drones HL48		10-20	20.000,00	20	No	Si	Si	48	1,4	6,8	-
	DHL Parcell-kopter 2.0		30	-	24	No	No	Si	43	1,5	1,2	-
	Amazon Prime air		30	-	32	No	No	Si	-	3	2,5	-
Agricultura	Sense-Fly e Bee Ag		55	25.000,00	-	Si	No	Si	110	1,1	-	-
	Precisión Hawk Lancaster		45	-	2	Si	No	Si	57,6	2,4	3,55	-



Recepción: 12-03-2022

Aprobación: 10-06-2022

	Trimble UX5 Multi-spectral		-	-	5	Si	Si	Si	80	2,5	-	-
	AGCO solo		-	-	-	Si	No	Si	-	-	-	-
	DJI Farmer		-	-	-	Si	No	Si	-	-	-	-
Fotografía y grabación	AR Dron 2.0		12	300	50	Si	Si	No	Si	18	420	
	Bedop 2		25	550	300	Si	Si	No	Si	57,6	500	
	Karma Dron		20	870	1000	Si	Si	No	Si	56	1006	Cámara GoPro
	DJI Mavic		27	1000	7000	Si	Si	No	Si	65	743	
Competición	Walkera Runner 250		8-12	206	1000	Si	Si	No	No	40	530	



Recepción: 12-03-2022

Aprobación: 10-06-2022

Sciece/Coro Collection

	Eachine Falcon 250 Pro		10	238	300	Si	Si	No	No	-	553	
	Nighthawk pro 280		-	235	-	Si	Si	No	No	-	440 (sin batería)	
Juguete	Hubs AN H107 C		7	40	100	Si	Si	No	No	-	50	
	Blade 180 QX HD		5-10	174	-	Si	Si	No	No	-	95	
	Eachine E010 Mini		5	15	60	No	No	No	No	-	22	
Vigilancia contra incendios y extinción	FT-Altea		4	2.700.000	-	Si	Si	Si	150	80	-	-
	Nitrofirex		-	-	-	Si	Si	Si	-	-	-	-



Recepción: 12-03-2022

Aprobación: 10-06-2022

Sciece/Coro Collection

Tareas de rescate	Inda ALACRÁ NRW 10		2	-	30	Si	Si	Si	65	15	10	-
-------------------	--------------------	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	---

Fuente: "Estudio y Diseño del control de una aeronave no tripulado" (Grado & Navarro, 2017)



Según (Francisco et al., 2017), el 90% de los drones estudiados posee la capacidad de montar una cámara termo gráfica para capturar imágenes luego, apoyado por un software, construye un mapa con la termografía del cultivo y así realizar un análisis de estrés hídrico que permita realizar focalizado. Solo el 20% de los drones analizados tiene la capacidad para montar localizados de herbicidas en cultivos. Estos son drones con mayor tamaño y capacidad para cargar peso, ya que su precio es bien elevado. El 100% de los drones posee la capacidad de cámaras o sensores multiespectrales y térmicos para capturas imágenes, construir mapas, detectar enfermedades y plagas en el cultivo.

El 40% de los drones pueden capturar imágenes para construir mapas que permiten realizar conteos de plantas, pero solo el 40% de ellos pueden ser utilizados para otras aplicaciones como: análisis de suelo y otros tipos de monitoreo específicos.

Además (Francisco et al., 2017), en la siguiente tabla se presentan los principales drones con sus características de los drones seleccionados y que son utilizados para la agricultura de precisión según, (Francisco et al., 2017). En la siguiente tabla se presentan los principales drones con sus características de los drones seleccionados y que son utilizados para la agricultura de precisión.



Tabla 6. Características de algunos de los drones de agricultura

DRON	AIBOT X6	DRON OCTO 8	ENDURO	AGRAS MG-1	AGEAGLE RX 60	AGDRON
IMAGEN						
CONTROL MANUAL Y	X			X	X	X
CAMARA	X	X	X	X	X	X
MAPA DE GEOREFERENCIAS	X					
MAPEO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	X	X		X		X
GPS	X	X	X	X	X	X
SOFTWARE DE MISIONES	X				X	X
VOLVER A CASA	X	X	X	X	X	X
PRECIOS	\$72,000.00	\$1,499.00	\$300.00	\$10,990.00	\$5,070.00	\$10,000.00



DRON	NOMAD	LANCASTER 5	EBEE AG	INDAGO	DJI PHANTOM V2	DJI F450 PIXHAWK
CONTROL MANUAL Y		X	X	X		X
CAMARA	X	X	X	X	X	X
MAPA DE GEOREFERENCIAS			X			X
MAPEO Y PROCESAMIENTO DE DATOS	X	X	X			X
GPS	X	X	X	X	X	X
SOFTWARE DE MISIONES		X	X			X
VOLVER A CASA	X	X	X	X	X	X
PRECIOS	\$ 120.00	\$ 25,000.00	\$ 29,990.00	\$ 16,990.00	\$ 120.99	\$ 400.00

Fuente: “Aplicaciones de los drones en la agricultura”, (Francisco et al., 2017)

Después de realizar un estudio de la variedad de drones para el sector agrícola, se ha llegado a la conclusión que el dron, se ajusta a las necesidades del DJF450, unas de las expectativas es que sea de bajo costo, entre otras características las cámaras, tiene software de misiones, GPS y tiene piloto automático es decir vuelve a casa.

Tabla 7. Sensores utilizados para la agricultura

TIPO	DESCRIPCIÓN	APLICACIONES
SENSOR RGB	Las imágenes de luz visible son ideales para una amplia gama de aplicaciones en agricultura.	-Medición de alturas de cultivo -Estimación de volumen de cultivo -Monitorización del crecimiento diferencial - Inventarios -Inspección de infraestructuras - Otros.
SENSOR MULTIESPECTRAL	Las imágenes multiespectrales permiten monitorizar la vegetación en longitudes de ondas no visibles al ojo humano.	- Zonificación de cultivos -Detección de estrés nutricional -Detección temprana de plagas y enfermedades -Otros.
SENSOR TÉRMICO	Las imágenes del cultivo en el espectro térmico, con sensores de gran precisión y resolución, permiten alcanzar la temperatura de píxeles puros de vegetación y su correlación con diferentes aspectos de la planta.	-Monitorización de estrés hídrico. -Análisis de eficacia y homogeneidad en sectores de riego. -Detección de fugas en sistemas de riego. -Detección temprana de plagas y enfermedades. - Otros.

Fuente: “Aplicaciones de los drones en la agricultura”, (Francisco et al., 2017)

Existen diferentes tipos de drones que pueden ser utilizados en el sector agrícola para diversas actividades, en el siguiente cuadro se clasifican según su uso y el beneficio que se necesite.

1.8 Sistema de control de vuelo autónomo

Nos explica (Raffo, 2007), el objetivo de un sistema de control de vuelo puede clasificarse en tres fases, en función de la autonomía que alcance el sistema, según (Raffo, 2007):

- Sistema para incrementar la estabilidad (del inglés: *Stability Augmentation Systems*): Este tipo de sistemas ayuda al pilotaje del vehículo, estabilizando el sistema para control de bajo nivel.



- Sistemas para incrementar el comportamiento (del inglés cas: *Control Augmentation Systems*): Estos sistemas están en un nivel jerárquico superior, estabilizar al vehículo, su objetivo es proporcionar una respuesta con ciertas prestaciones a referencias como el seguimiento.
- Sistemas de pilotaje automático (del inglés Autopilots): Constituyen el nivel de control jerárquicamente superior. Son sistemas de control autónomo que son capacitados para maniobrar por si solos el aterrizaje y despegue.

Según (Medina García & Niño López, 2017), el principal requerimiento de un UAV es el Sistema de Control de Vuelo Autónomo (FCS), conocido como piloto automático. En años pasados los UAV se los piloteaba con control remoto, actualmente es utilizado con piloto automático.

Hasta años de los 90 los pilotos eran grandes, caros, pesados, para poder mantener estable el avión (horizonte artificial), según (Medina García & Niño López, 2017):

- Giroscopios mecánicos
- Medidores de velocidad

El mercado de sistemas de control se caracteriza por:

- Se beneficia del crecimiento exponencial del mercado de UAV's, los fabricantes de UAV's no suelen diseñar sistemas de control de vuelo.
- Hay pocos competidores, y con poca experiencia.
- Los compradores de FCS, hacen modificaciones para adaptar sus aplicaciones y necesidades.

Afirma (Universidad de Sevilla Escuela Técnica Superior de Ingeniería Tesis Doctoral Sistemas de Control y Guiado para Vehículos Aéreos No Tripulados: Diseño de Algoritmos y Sistemas Embarcados, 2012), el sistema de control y guiado se encarga de generar señales de control que gobiernan mandos de vuelo del avión para poder mantener un vuelo estable y seguir la trayectoria calculada por el generador. Estos elementos se detallan a continuación.

Control de trayectoria (guiado): Es un controlador de alto nivel, el cual no genera señales (no actúa sobre los mandos del avión), genera las referencias que debe seguir el sistema de control de actitud (en un nivel inferior). Tales como: velocidad, ángulos o ángulos de balance.

Control de actitud: Comprende el controlador de más bajo nivel, el cual genera órdenes adecuadas a los mandos de vuelo, con el fin de mantener la aeronave estable y con la referencia aplicada por el control de trayectoria.

Existe gran variedad de tarjetas controladoras adecuadas para utilizarlas en un dron con diferentes características mínimas como se muestra en el siguiente cuadro.



Tabla 8. Comparativa plataforma de piloto automático

Controlador	APM 2.6	PX4	Pixhawk	ALTIMIU-10	RAZOR IMU 9DOF	NAZE32	DJI NAZA V2	OPENDPILO TCC3D
Procesador	ATMega2560 16MHz / 8KB RAM / 256KG Flash	STM32 Cortex- F4 168MHz / 192KG RAM/1MB Flash	STM32 Cortex- F4 168MHz / 256KG RAM / 2MB Flash	-	-	Cortez m3 (72mhz, 3,3b)	Multi-rotor: quad.rotor I,X,Hexacopte roIV,Y,I,Y	STM32 de 332 bit funcionando a90 mpis memoria128 kb flash 2o kb ram
Sensores	Gyro, Acc, Mag,Alt Adicional: Gyro+Acc (6 ejes)	Gyro, Acc, Mag,Alt	Gyro, Acc, Mag, Alt Adicional: Gyro+Acc (6 ejes)	-	-	MPU6500 3- AXISGYO(R EB6)	S-BUS RECEPTO R	3 ejes giroscopioy3 acelerador: mu.6000
PWM Out	14	4	14	-	-	-	4	-
Interfaces	12C, UART, micro USB, PPM-Sum	3x URAT, PPM-Sum, 12C, SPI. Expandibles.	5x UART, 2x CAN, 12C, SPI, micro USB, Spek. DSM, PPM-Sum	Alimentr o (lsm330 3) giroscopi o (lps25h)	Bluetooth xplorador XBEE (chip de comunicació ni nalambrica) entrada de 3.5- 16 vdc	USB TOUART 2.CP 2104	PMU,CAM,BU S,I OSD Bluetootk	Tamaño reducido 36mmx36m m
Precios	\$ 93.00	\$ 44.65	\$ 100.00	\$ 27.49	\$ 44.90	\$ 11.99	\$ 79.90	\$ 43.90

Fuente: Implementación de un Sistema de Control de Vuelo Automático para un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) Diseño de un dron programable de bajo coste (Rica, En, & Proyectos, 2015)

1.9 Comparación de softwares libres para planificación de rutas y ejecución de vuelo para UAV en tiempo real

A continuación, se detallan algunas características de softwares libres para planificación de rutas de vuelo realizadas con un dron físico, entre los softwares más utilizados se encuentran: PIX4Dcapture, DJI GO 4, DJI *Ground Station Pro*, UGCS, *Mission Planner*, *DroneDeploy*.

Las características serán analizadas según las necesidades que tenga el usuario, del cual algunas de ellas se evaluarán de la siguiente manera:

Compatibilidad con marcas de dron: No todos los softwares permiten elegir marcas específicas de drones, aquí se detallarán algunas marcas para conocer a cuáles se pueden acceder.

Planificar modo de vuelo: Existen softwares que permiten elegir el tipo de misión de ruta autónoma del dron según la necesidad el usuario, por ejemplo: forma circular, forma de polígono, forma cuadrangular o doble cuadrícula. En esta característica se conocerá si el software tiene la opción de elegir o no una opción de manejo para su ruta de vuelo.

Ajuste de tamaño de misión: Permitirá conocer si el usuario puede definir los ajustes de ruta de vuelo del dron antes de su salida como la superposición de imágenes, ángulo de cámara y altitud de vuelo.

Tabla 9. Comparación de softwares libres para planificación de ruta para vuelo de drones.

	PIX4D capture	DJI GO 4	DJI Ground Station Pro	Mission Planner
Compatibilidad con marcas de dron:				<input type="checkbox"/>
- Windows	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
- IOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- Android				
Compatibilidad con marcas de dron:				
- DJI	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Parrot	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- Elidroid				<input type="checkbox"/>



- Ubsan				<input type="checkbox"/>
- Yuneec	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>
- Walkera				
Planificar modo de vuelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ajuste de tamaño de misión.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personalización de:				
- Superposición de imágenes	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Ángulo de cámara	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Altitud de vuelo	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Visualización de vuelo en tiempo real	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Visualización de imágenes desde la aplicación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Carga automática de fotos a hacia una aplicación de análisis de imágenes.	<input type="checkbox"/>			

Nota: En esta tabla se realiza la comparación de algunos softwares gratuitos más utilizados del mercado que permiten la planificación de rutas para vuelo para drones según sus características.

Los simuladores facilitan significativamente el aprendizaje del operador de misiones ya que la interfaz es amigable para el usuario y en el transcurso la simulación es el mismo que se emplea en un vuelo real. Teniendo a su disposición todos los controles necesarios como: creación de rutas en *way points*, gestión de acciones automáticas, cambio de las fases de vuelo, etc.

Tabla 10. Comparativa plataforma de software de simulación de rutas de vuelo

CARACTERISTICAS	Mission Planner	QGroundControl	UgCS	APMPLANNER	MAAVP ROXY	DROIDPLANNER
Vuelo Autónomo	x	x	x	X	X	X
Datos en tiempo real	x	x	x	X	X	X



Videos streaming	x	x	x	X	X	X
Mapas 2D	x	x		X	X	X
Mapas 3D			x	X	X	X
Arquitectura multivehículo		x	x	X	X	X
Interfaz para pilotos principiantes	x	x		X	X	X
Mapas Offline	x	x				
Zonas de vuelo no permitido			x			
Código fuentes	C#	Python/QT	C#	C#	PYTHO	C#
Documentación	Extensiva	Limitada	Limitada	Extensiva	Extensiva	Limitada
Sistemas Operativos	Windows	Windows, Linux, OSX, Android	Windows, OS X, Ubuntu	Windows, Linux		Windows
Licencias	Código abierto	Código abierto	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	Código abierto	Código abierto

CARACTERISTICAS	ARGIS	PIX4D & PIX4UAV	GEODISC OVER	LITCHI	DRON TOOLS	DJI GO4
Vuelo Autónomo	X	X	X	X	X	X
Datos en tiempo real	X	X	X	X	X	X
Videos streaming	X	X	X	X	X	X
Mapas 2D	X	X	X	X	X	X
Mapas 3D	X	X		X		X
Arquitectura multivehículo	X	X		X		X
Interfaz para pilotos principiantes	X	X	X	X	X	X
Mapas Offline						
Zonas de vuelo no permitido			X			
Código fuentes	C#	C#	C#	Android	C#	C#
Documentación	Limitada	Limitada	Limitada	Extensiva	Limitada	Limitada
Sistemas Operativos	Windows, osx(beta), Linux	Windows		sistema de android	Windows	Windows

Licencias	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	Código abierto
CARACTERISTICAS	AGVAULSE NTERA	DRON CODE	DJI FLIGHH UB	DJIGSPR O	EDR GCP	STIL	DRON DEPLOY
Vuelo Autónomo	X	X	X	X	X	X	X
Datos en tiempo real	X	X	X	X	X	X	X
Videos <i>streaming</i>	X	X	X	X	X	X	X
Mapas 2D	X	X	X	X	X	X	X
Mapas 3D	X	X	X	X	X	X	X
Arquitectura multivehículo	X	X	X	X	X	X	X
Interfaz para pilotos principiantes	X	X	X	X	X	X	X
Mapas Offline							X
Zonas de vuelo no permitido							
Código fuentes	C#	C#	C#	C#	C#	C++	C#
Documentación	Limitada	Limitada	Limitada	Limitada	Limitada	Extensiva	Limitada
Sistemas Operativos	Windows, IOS	Windows	Windows, Android	Windows, Android	Windows, Linux	Windows, Linux	Android, IOS
Licencias	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	SDK/ Privativa	Código abierto	SDK/ Privativa	Código abierto	SDK/ Privativa

Fuente: Implementación de un Sistema de Control de Vuelo Automático para un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV) Diseño de un dron programable de bajo coste (Rica y otros, 2015).

Realizando el análisis de las plataformas de simulación para rutas de vuelo, se verifica que la plataforma SITL tiene una documentación extensa que permitirá tener una simulación adecuada, además de que se provee una licencia abierta, no es privada y según estudios realizados es una de las mejores para simular rutas de vuelos autónomos.

1.10 Uso y beneficios de aplicaciones de drones

Nos dice (Francisco et al., 2017), en la actualidad existen drones de distintas formas y tamaños, estos aparatos tecnológicos se pueden utilizar en la función que sea



necesario. Podemos observar que existen drones pequeños como insectos y aviones de carga.

A diferencia de los drones civiles, en su mayoría no presentan gran tamaño, pero si más ligero, desmontable y se puede trasladar cargas.

La autonomía varía dependiendo de la cantidad de combustible, aunque existen modelos pequeños, las baterías tienen una duración 30 y 60 minutos.

Además, cuentan con GPS y giróscopos y algunos modelos pueden detectar problemas cuando pierden la señal con el operador, regresan automáticamente a la base. Cuando sucede un problema con el Dron inmediatamente se activa el control home.

El piloto maneja la nave a través de rutas y coordenadas que definen el trayecto, aunque en modelos sencillos, se pueden llegar a realizar esta labor a través de un joystick (es una palanca de control manual) de radiocontrol.

Estos dispositivos tienen la habilidad de desplazarse en zonas de riesgos o difícil acceso, superan los obstáculos para la toma de imágenes y recolectan información con diferentes datos.

Los drones se utilizan para la búsqueda y capacitación de imágenes como fuente de información periódica se utilizan los de tamaños pequeños, fáciles para controlarlos y ya están equipados con cámaras de alta resolución.

En la actualidad las aplicaciones con dispositivos nos permiten visualizar las imágenes en tiempo real con dispositivos móviles ya que se los puede controlar el dron.

Para las tareas agrícolas, se requiere aplicaciones de gran impacto para la producción de cultivos.

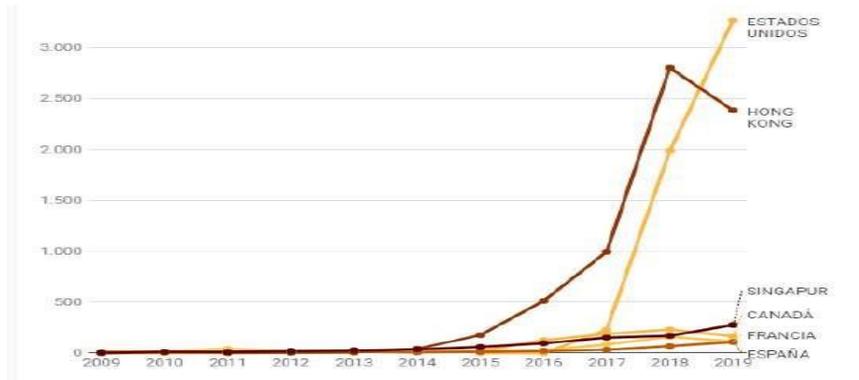
1.1 El cultivo de la Pitahaya en Ecuador

A nivel mundial la Pitahaya no es solo reconocida por su exuberante aspecto, ni por su dulce y agradable sabor sino también por las distintas propiedades que contiene, es rica en Vitamina C y B, abarca también minerales como calcio, fósforo, hierro y posee un alto contenido en agua. Las semillas son comestibles y contienen Omega -3 que ayuda para las enfermedades cardiovasculares (Lavanguardia, 2018). Cabe destacar también que debido a su alto contenido en agua y al ser bajo en carbohidratos es ideal para aquellas personas que realizan dietas.

Desde el año 2005 la Pitahaya ha ido integrándose al mercado internacional con gran aceptación por parte de los países extranjeros. En el año 2019 Estados Unidos importó 3.267,83 Toneladas métricas (Tm) de la Pitahaya convirtiéndose así en el principal importador de la fruta y superando a Hong Kong, quien hasta el año 2018 era el principal comprador. Los grandes países como son Asia, Estados Unidos y Europa son los principales consumidores de la exótica fruta dragón con 42%, 50,6% y 4,1% de importaciones, mientras que en la región son Perú, Chile y Colombia, pero se

espera que se pueda expandir a más países con mayor fuerza como lo son China y Rusia. (Lucero, 2020).

Figura 4. Consumo de Pitahaya en el mundo



Nota: Gráfico tomado de BCE,2019E

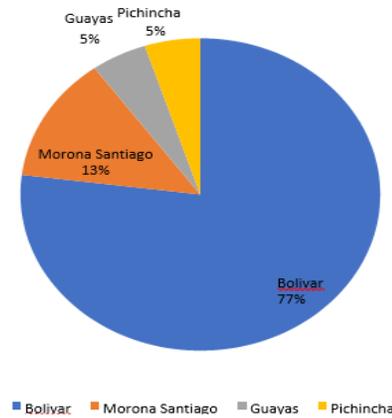
La producción Nacional de nuestro país, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en su último censo del año 2000 nos dice que el total de la superficie sembrada únicamente con Pitahaya fue de 165,5 hectáreas, mientras que la superficie cosechada de fue 110 hectáreas. En el siguiente grafico se especificará como está distribuida geográficamente los cultivos por provincias. López López, Erika Andrea (2014). Propuesta de una empresa distribuidora de Pitahaya amarilla en el cantón Echeandía, provincia de Bolívar [Tesis de Grado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. Repositorio Institucional-Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

La Pitahaya prefiere climas cálidos subhúmedos. No obstante, también se desarrolla adecuadamente en climas secos. La temperatura óptima para el desarrollo de la planta oscila en torno a 16 – 25 °C, no tolerando las bajas temperaturas. Por otro lado, temperaturas superiores a los 38 °C pueden originar daños por quemaduras. (Dávila Kevin, 2018)

Así, diferentes tipos de cultivos como cereales, leguminosas, oleaginosas, hortalizas, frutales, ornamentales, pastos, cultivos tropicales, raíces y tubérculos, entre otras, necesitan de muchos cuidados por parte del agricultor desde el primer punto de preparación del suelo hasta el final de su cosecha el cual incluye la recolección del producto. Entre las etapas básicas del ciclo de vida de un cultivo se encuentran:

- Preparación del suelo
- Siembra
- Fertilización
- Riego
- Control de malezas
- Maduración
- Cosecha

Figura 5. Área cultivada de Pitahaya en Ecuador



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

El modo de propagación de la Pitahaya puede ser mediante la propagación por semillas o por la propagación vegetativa por estacas o esquejes. La propagación por semillas no es muy recomendable ya que es un proceso muy lento, y podría tardar hasta 7 años para empezar a dar frutos. Por otro lado, la propagación vegetativa por esquejes consiste en cortar tallos de a los de 25-30 cm de longitud que provengan de plantas madre.

Figura 6. Propagación vegetativa



Nota: La propagación vegetativa o asexual es el principal método de propagación de importantes cultivos florícolas ya que es un proceso bastante sencillo que permite multiplicar y obtener en un tiempo corto, plantas homogéneas. Tomado de (Damian Sisaro, 2016)

Los tallos que son seleccionados deben ser de al menos 2 años. Posteriormente se debe dejar cicatrizar de 3 a 7 días en la sombra. Seguido de eso se debe proceder a la siembra en bolsas de vivero de 20x30cm, pero antes de esa labor se recomienda desinfectar las vainas con fungicidas, bactericidas y el sustrato que se utilice debe tener una muy buena capacidad de drenaje y ser rico en materia orgánica.

Las estacas se deben colocar en la misma orientación que tenían en la planta madre, cortando el extremo apical para interrumpir el estado de reposo del crecimiento de una planta y que el pronunciamiento de brotes sea mucho rápido. Los riegos deben ser de manera periódica, así mismo la eliminación de las mala hierbas. Y en estas condiciones el material vegetal debe permanecer unos 3 a 4 meses antes del trasplante permanente. (Infoagro, s.f.)

Figura 7. Propagación sexual



Nota: La propagación sexual o por semilla implica la unión de células germinales especiales, los gametos, que poseen variabilidad genética debido a la meiosis. Tomado de (Propagaciondelasplantas, 2016)

Características de la Pitahaya

La Pitaya, Pitahaya o fruta del dragón, es una fruta de la familia Cactaceae que se ha popularizado mucho en los últimos años para consumo alimentario. (Agriculturers, 2019). El origen de esta fruta se sitúa en Latinoamérica principalmente en México, y se ha hecho muy conocida mundialmente en otros países como son: Colombia, Nicaragua y Perú e incluso las regiones de China y Vietnam.

La Pitahaya proviene de la familia Cactaceae, es perenne, de carácter terrestre y de abundante ramificación, pueden llegar a medir de 0,5 a 2 metros de largo. Es una fruta exótica con forma ovalada, con espinas por fuera muy llamativas y por ello se lo conoce también como “Fruta del dragón” se la caracteriza por ser una fruta muy carnosa y por su dulce y aromático aroma, su medida suele ser de 9cm de alto x 7 cm de ancho.

Figura 8. Raíces de la Pitahaya



Nota: Foto Tomada de (Bergamo, 2020)

Raíces: La Pitahaya tiene 2 tipos de raíces: las raíces primarias que son las que se encuentran en el suelo y pueden medir 5 a 25 cm de profundidad y de diámetro de expansión de 30 cm y las raíces secundarias que son las que se desarrollan en la parte aérea de la planta, es decir que se desarrollan fuera del suelo.

Tallo: El tallo o vainas de la fruta son muy ramificadas y de color verde, además que tienen 3 aristas y están articulados por 3 secciones rectas. Los bordes de los tallos están conformados por areolas, de las cuales se encuentran grupos de espinas de 2 a 4 mm, consideradas hojas modificadas. De la parte superior de las areolas nacen las flores y las ramificaciones. El tallo además trabaja como regulador hídrico y participa en la fotosíntesis. (Infoagro, s.f.)

Figura 9. Tallo de la Pitahaya



Nota: Foto Tomada de (Infoagro, s.f.)

Flores: Son hermafroditas, pueden llegar a medir de 15 a 30 cm de largo, son tubulares y pueden ser de color blanco amarillo o rosado, se insertan directamente en los tallos. (Infoagro, s.f.).

Figura 10. Flor de la Pitahaya



Nota: Foto Tomada de (Bergamo, 2020)

Otra particularidad que tiene la flor es que abren solo unas horas de la noche, teniendo como duración entre una hora a una hora y media después de ocultarse el sol y se cierran 6 horas después del amanecer (Weiss et al., 1994), por lo cual es muy conocida como “reina de la noche” (Bergamo, 2020). Los murciélagos son los encargados de la polinización en la noche, y en el día las encargadas de la polinización son las abejas que son atraídas por el dulce néctar.

Propiedades de la Pitahaya

La fruta del dragón no solo se destaca por su aspecto exótico o por su sabor dulce sino también por su valor nutricional.

Contiene Vitaminas C y B, minerales como el calcio, fósforo y el hierro, es una fruta que tiene alto contenido de agua y eso nos ayuda a hidratarnos y atacar la retención de líquidos, además de abarcar la proteína vegetal y fibra.

A pesar de tener alto contenido de agua y minerales, es baja en calorías. Cabe destacar también que las semillas son comestibles, contienen ácidos grasos beneficiosos (como Omega 3), también contiene acción anti humoral, cardio protector, antiinflamatoria y alto contenido de antioxidantes que combaten el envejecimiento de nuestras celdas.

Tipos de Sistema de Riegos en el cultivo de la Pitahaya

El riego es el procedimiento que permite la repartición eficiente del agua. Hoy en día existen diferentes tipos de sistemas de riegos usados por los agricultores, pero de esos tipos solo 2 son usados exclusivamente para el cultivo de la Pitahaya.

Figura 11. Sistema de Riego Microaspersión



Nota: Foto Tomada de (Santos, 2018)

El riego de microaspersión es un sistema que utiliza dispositivos llamados Micro aspersores que se encargan de aplicar el agua de forma de lluvia fina y la distribuyen en un radio no superior a los 3 metros. Los micro aspersores son perfectos para aquellos riegos de bajo volumen en los cultivos de fruticultura, flores, invernaderos, viveros, etc. (Santos, 2018).

El agua se aplica directamente a las zonas de las raíces en un intervalo corto de tiempo, acorde con las necesidades hídricas de los sembríos y con la capacidad de retención de humedad en el suelo. (hidráulica y construcciones, s.f.)

Figura 12. Sistema de Riego por Goteo





Nota: El riego por goteo se basa en la aplicación del agua de forma lenta y localizada a la planta, por lo que solo regamos aquello que nos interesa. Tomado de (Gardeneas, 2016).

Este sistema es muy utilizado en las zonas donde escasea el agua, optimizando el recurso de una manera considerable. Aquí la distribución del agua es a través de unos goteros donde se encargan de humedecer las zonas de las raíces de las plantas. Existen dos maneras de poder instalar este sistema de distribución de agua, por un lado, tenemos la tubería para riego por goteo para distribuirla a lo largo de todos los sembríos que hay que regar. Luego a la tubería se le hace un gotero, que será el encargado de administrar el agua de una manera controlada. (agroware, 2016)

Y por otro lado tenemos que se pueden adquirir tuberías que ya se encuentren con el gotero incorporado, esto puede llegar a ser muy útil a comparado con otros tipos de riegos ya que no se necesita manipular la manguera para instalarle el gotero. Este tipo de sistema es muy útil en los cultivos que se encuentren tanto al cielo abierto como bajo invernadero, también es recomendado para cultivos que hayan sido sembrados en forma de hilera y que sean de ciclo anual o perenne.

Este tipo de sistema de riego se lo recomienda mucho para el riego en los cultivos de Pitahaya ya que evita el crecimiento de malezas, debido a que el distanciamiento de siembra es de 3x3 metros teniendo así un amplio control de las malas hierbas (tecnoriego, 2020), además permite ejecutar otras labores de cultivo como por ejemplo podar, el entutorado y la aplicación de agroquímicos, que al contrario del sistema de riego por microaspersión interfiere al momento de llevar a cabo estas labores.

Requerimientos Edafoclimáticos

Temperatura: La Pitahaya es una fruta que se puede desarrollar en climas cálidos subhúmedos o climas secos. La temperatura perfecta para el desarrollo de la planta oscila entre los 16-25°C, no soportando las temperaturas bajas, por otro lado, temperaturas mayores a 38°C puede ocasionar quemaduras en la planta. Posteriormente, la fruta debe ser almacenada en una temperatura entre los 10°-12°C y una humedad relativa entre los 80-85%.

Luz: La alta luminosidad es un factor que influye en el cultivo de la fruta ya que ayuda en el desarrollo de los diferentes procesos fisiológicos, Sin embargo, una exposición directa de radiación solar podría ocasionar daños graves, por ello se recomienda que su exposición sea parcial es decir un 30% en sombra.

Sustrato: Debido a su rusticidad, la planta tiene la capacidad de adaptarse a los suelos secos, pobres y pedregosos. Sin embargo, prefieren, suelos que sean franco-

arenosos, húmedos, con un excelente drenaje por su sensibilidad al encharcamiento, que sean ricos en materia orgánica y pH.

Riego: Como sabemos la planta proviene de la familia Cactaceae por lo cual no requiere de abundante agua, el riego debe ser moderado, se aconseja que en los dos primeros años se debe dar riegos de apoyo justo antes de la plantación, con el objetivo de estimular un buen crecimiento vegetativo. En los siguientes años solamente se riega durante la floración, aportar agua en la época de sequía, ocasionaría una disminución en la floración, provocando que se obtenga una menor cantidad de frutos. (Infoagro, n.d.)

Humedad: La humedad relativa adecuada para la etapa de reproducción de la Pitahaya oscila entre los 60 a 80%. (Osuna-Enciso, 2016)

Tipos de plagas y enfermedades

Plagas

- **Chinche Patón:** Es una plaga que afecta a la Pitahaya durante los meses secos. Las larvas ocasionan daño en las vainas, debido a que succionan la savia contenida en ellas provocándoles clorosis. Aparte, también provoca daños en los botones florales cuyos síntomas se hacen presentes mediante un color rojizo, ocasionan daños indirectos ya que las heridas provocadas se transforman en una puerta de entrada para hongos y bacterias.

Figuras 13. Chinche Patón



Nota: Foto Tomado de (Guayasamin, n.d.)

- **Mosca del botón floral:** Es un insecto que ocasiona daños al alimentarse de la estructura interna del botón floral provocando de formaciones y posteriormente la caída de este. La mosca del botón floral ocasiona pérdidas en la floración entre el 40 y el 80%. (Restrepo, 2012).

Figura 14. Mosca del botón floral



Nota: Foto Tomada de (Restrepo, 2012)

- **Hormiga:** Afecta a las vainas, botones florales y a los frutos ocasionando deterioros que reducen la calidad de la fruta.

Figura 15. Hormiga



Nota: Foto Tomada de (Guayasamin, n.d.)

- **Picudo negro:** Es una plaga, cuyos daños son ocasionados por las larvas que atacan o perforan el interior de los tallos. Las adultas ocasionan daños en las hojas de las vainas como consecuencia de la oviposición. También afecta a los botones florales y a los frutos, ocasionando deformaciones y pudriciones en el mismo.

Figura 16. Picudo negro



Nota: Foto Tomada de (PitahayaPeru, n.d.)

- **Barrenador del tallo:** Asimismo esta plaga ocasiona daños mediante las larvas que penetran el interior de las vainas, causando cavidades en su interior. Como resultado del daño el tejido vegetal comienza a pudrirse.

Figura 17. Barrenador del tallo



Nota: Foto Tomada de (Guayasamin, n.d.)

Figura 18. Barrenador del tallo



Nota: Foto Tomada de (PitahayaPeru, n.d.)

Enfermedades

- **Pudrición del tallo:** Esta es una de las enfermedades más letal de la Pitahaya, ya que provoca manchas cloróticas, que puede llegar a cubrir toda la vaina, y provocar una pudrición acuosa. Esta enfermedad es provocada por la bacteria *Erwinia carotovora* pv.

Figura 19. Pudrición del Tallo



Nota: Foto Tomada de (Pitahaya, Perú, n.d.)

- **Ojo de pescado:** Esta enfermedad es provocada por el hongo *Dothiorella* sp, lo que provoca que se presente manchas circulares de color café con puntos anaranjados en todo el tallo de la planta. Si no se trata a tiempo puede causar la disminución de la capacidad fotosintética de la planta, lo que con llevaría a que la cantidad y el tamaño de los frutos sea menor.

Figura 20. Ojo de Pescado



Nota: Foto Tomada de (Pitahaya, Perú, n.d.)

- **Antranosis:** Esta enfermedad es provocada por el hongo llamado *Colletotrichum* sp, ataca principalmente a los tallos y frutos provocando que aparezcan manchas secas negras y hundidas, existen casos extremos donde se pudre completamente la fruta y presenten manchas hundidas y de color pardo. Los indicios para reconocer dicha enfermedad son la marchitez y el colapso de las plantas.

Figura 21. Antranosis



Nota: Foto Tomada de (PitahayaPeru, n.d.)

Los cultivos destinados para la producción Pitahaya (*Hylocereusspp*) en el Ecuador se aproximan a las 850 hectáreas, repartidas en las provincias de Morona Santiago, Manabí, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro y Guayas, siendo esta última nuestro objeto de estudio con más de 15 hectáreas repartidas entre las fincas y zonas productoras.

En la provincia del Guayas el deficiente control en las zonas de cultivo de Pitahaya provoca que la producción se deteriore o disminuya en porcentaje, afectando la economía del sector agrícola que se dedica a la siembra de la fruta.



La deficiencia de control en las zonas de cultivo causa un exceso de humedad, o carencia de esta, teniendo como consecuencia no solo que la planta se enferme y se deteriore, sino que a largo plazo llegue a afectar en la exportación y economía del país.

Capítulo 2. *Course Drone*: implementación de un sistema de navegación para drones multipropósito por medio de una aplicación desarrollada con tecnologías y herramientas *open source*

El presente proyecto está dirigido a los agricultores que requieren de una herramienta tecnológica de control vuelo para monitoreo en un terreno específico; implementado a un aplicativo móvil Android de código abierto conectado a un simulador control de vuelo de una máquina virtual Linux en los programas Max Proxy y Sift del cual son *open source*, a su vez el aplicativo es compatible con cualquier dispositivo móvil Android, de igual manera los simuladores es compatible con los sistema operativo Windows y Linux, el aplicativo tiene uso sencillo y el interfaz amigable para el usuario. El costo del proyecto tiene un valor de \$2842. Además, se realizó una encuesta si estuvieran dispuestos implementar un aplicativo control de vuelo y el resultado de los encuestados fue un sí del 74%

2.1 Introducción

La gestión de alcance de este proyecto radica en el estudio y análisis control de vuelo en los vehículos aéreos no tripulados (UAV), también son conocidos como drones, que son aeronaves sin piloto a bordo. Generalmente hay dos maneras de operar este tipo de drones, controlados por una base terrestre con comandos operados por un humano o controlados por la computadora de a bordo con un código predefinido de forma autónoma, lo que les permite realizar maniobras y desplazamientos mientras se mantienen en el aire. Debido a esta característica de fácil manipulación, los UAV se pueden usar en aplicaciones diferentes como militar, entretenimiento, ciencia y tecnología. Los UAV fueron diseñados específicamente para los militares, pero se ha elevado considerablemente el uso civil. Pero a pesar de los tiempos las aeronaves se han modificado en el tamaño y en los costos.

Con el transcurso del tiempo la tecnología ha avanzado en el uso de equipos modernos especializados para el sector agrícola. De esto surge un interés muy notorio para los agricultores en ahorrar recursos e incrementar su producción.

Normalmente los vehículos aéreos no tripulados son dirigidos por control remoto, en la agricultura se usan los drones para diversos objetivos, pero las adquisiciones de estos tienen costos elevados muy por encima de presupuestos de los pequeños y medianos

agricultores; adicional no cuentan con un sistema para cargar misiones de vuelo de manera efectiva y si lo tienen implica mayor costo.

Los agricultores han venido utilizando herramientas de información de la manera tradicional con respecto a la salud de los cultivos, verificando, la cosecha, las condiciones del terreno y el clima ambiental. El monitoreo de esta manera aumenta el tiempo, recursos, conllevando al bajo rendimiento de producción y en obtener una información incompleta de sus cultivos en todas las hectáreas.

Como dato adicional los vehículos aéreos no tripulados del Ecuador han obtenido efectos positivos o negativos; su utilización genera debate en el país y a nivel mundial.

El uso de estos dispositivos está regulado en Ecuador, pero expertos consideran que la normativa debe ampliarse para sancionar delitos. Debido a la dificultad de llevar un control de vuelo en áreas delimitadas por la falta de tecnologías y recursos, los agricultores realizan sus actividades manualmente, en áreas de difícil acceso la mayoría de las veces no cumplen lo requerido por lo rústico de los terrenos además corren el riesgo exponiendo su integridad, he ahí donde entra el uso de drones como herramienta necesaria y eficaz con un sistema de rutas de control de vuelo autónoma, obteniendo datos o cumpliendo misiones con mayor precisión y rapidez que la observación personal.

El problema radica en que al tratar de monitorear áreas específicas no se puede cubrir toda la superficie con exactitud y eficiencia; esto agregado a los altos costos de un equipo dron especializado, da lugar a que los interesados no puedan adquirir esta tecnología.

El objetivo de la presente investigación es implementar un control de vuelo no tripulado desde una aplicación móvil Android con herramientas *open source*.

El uso del dron para el sector agrícola es de gran aporte para las actividades de reconocimiento en las áreas de difícil acceso.

Contar con un sistema del control de vuelo autónomo ayuda al sector agrícola a estar informado en un tiempo real de manera más eficiente.

En este proyecto se realiza un estudio de rutas de vuelo para drones aplicados a la agricultura; beneficiaría a los interesados en el ámbito del monitoreo de la plantación, previniendo la contaminación de las plagas, enfermedades evitando el riesgo de perder la producción.

El estudio se basa en la utilización de herramientas *open source* y la recomendación de equipos de bajo costo en contraste con las grandes fábricas de drones, siendo

asequible, para los agricultores obtendrían una gran ventaja para estimular un cambio en la manera de llevar las actividades que han venido desarrollando con las metodologías tradicionales que tienen riesgos y limitantes.

La aplicación de esta tecnología provee de una solución innovadora a dificultades habituales como el tiempo comprendido en la observación directa, los altos costos que conlleva y el esfuerzo físico.

2.2 Metodología empleada

El presente proyecto se utilizará la metodología de investigación de tipo descriptiva. Según (Ramírez R, Arcila, Buritica, & Castrillón, 1992). “La investigación descriptiva se vale de técnicas estadísticas descriptivas para observar, organizar, concentrar, visualizar, comparar y presentar los datos. Los estudios descriptivos más comunes se hacen por observación y por encuesta. Actualmente la estadística es una de las herramientas más útiles para el trabajo investigativo”

La investigación descriptiva destaca los criterios sistemáticos que permiten poner de manifiesto el programa, la práctica y el comportamiento de los fenómenos en estudio que utiliza el modelo de la estadística descriptiva.

Tiene como objetivo en la toma de información por técnicas específicas de recolección de datos, como la observación, las entrevistas y las encuestas.

En este proyecto se tomó como técnica la encuesta mediante los cálculos de la población y la muestra para la recolección de datos, la cual es sometida por un análisis estadístico de datos obtenidos de las encuestas realizadas por vía online. Concluye con un análisis de información de los resultados de las gráficas.

Según (Mario & Tamayo, n.d.) este estudio busca describir situaciones o acontecimientos; esencialmente no está interesado en comprobar explicaciones, ni en probar determinadas hipótesis, ni en hacer predicciones. Con frecuencia las descripciones se hacen por encuestas (estudios por encuestas), aunque éstas pueden servir para probar hipótesis específicas y poner a prueba explicaciones.

La metodología que vamos a utilizar en el proyecto de titulación es la metodología cascada que se considera como el método más utilizado en la ingeniería, se puede decir que es un método que nos permite analizar cada etapa del proyecto.

Nos dice (Reinoso, 2014) este modelo de ciclo de vida fue propuesto por Winston Royce en 1970. Es un modelo que admite iteraciones, aunque sólo de una etapa a su



inmediata anterior, por más que se represente como un simple modelo en forma de cascada al igual que un ciclo de vida secuencial como el lineal.

También (Cap, 2005) los resultados no los podremos observar hasta que nos encontremos en la etapa final del ciclo, por lo que evitamos tener errores para no retrasarnos y poder conseguir bajar los costos del desarrollo en función del tiempo.

Tiene por objetivo ordenar las fases del ciclo de vida de software, de manera que el inicio de cada fase debe de espera la finalización del anterior. Cuando la revisión establece que el proyecto no es capaz de pasar a la siguiente fase, permanece en la fase actual hasta que esté listo, debido a esto el proceso esta plantado, es más factible de determinar los costos y los plazos.

Según (Reinoso, 2014) en cada fase se realiza uno o varias revisiones para comprobar si es factible seguir con las demás fases.

Afirma (Reinoso, 2014) los proyectos en los que se dispone de todos los requerimientos al principio, para el desarrollo de un producto con funcionalidades conocidas o para proyectos, que, aun siendo muy complejos, se entienden perfectamente desde el principio.

También afirma (Hernández Ortiz, 2007), los modelos por una parte proporcionan una guía para el desarrollador, con el fin de ordenar las diversas actividades técnicas en el proyecto, por otra parte, proveen un marco para la administración del desarrollo y el mantenimiento, en el sentido en que permiten estimar recursos, definir puntos de control intermedios, observar y documentar el avance, etc.

Definición de las etapas

1. Análisis de Requisitos

En esta etapa se analiza la selección de los componentes de hardware y software. El cual contiene la especificación de lo que hace el sistema.

2. Diseño del Sistema

En esta etapa se establece el diseño del aplicativo. Se identifican y se describen las relaciones de los componentes.

3. Implementación

En esta etapa se realiza configuraciones en el programa de simulación STIL Y MAVPROXY en un sistema operativo Linux, se descarga del repositorio del aplicativo TOWER.



4. Pruebas

En esta etapa se realizan pruebas para verificar que el aplicativo funcione correctamente y que cumpla con los requisitos antes mencionados.

5. Mantenimiento

En esta etapa se requiere mantener actualizaciones del repositorio ArduPilot.

El proyecto tiene la necesidad de que el programa sea sometido a varias pruebas, que certifiquen su calidad, así pueda verificar su trabajo al máximo sin tener mayor problemas ni inconvenientes por parte de los usuarios.

Además, los errores suelen presentarse desde el inicio del proyecto o también desde de los objetivos, a su vez hay inconveniente de comunicación en el trabajo con las personas, el desarrollo del programa debe ir enlazado en actividades que certifique la calidad.

Por esta razón la aplicación móvil control de vuelo autónomo debe ser sujeto a pruebas de software, analizando la metodología que se va a utilizar notamos claramente que las pruebas que se van a usar es de un chequeo de lista de verificación y validación. Las mismas que sea solicitado por el usuario.

Con el objetivo de que el programa debe ser eficiente, confiable, escalable, comparativo, competitivo, y obviamente cumpliendo con todos sus requerimientos.

El uso de esta solución de control de vuelos autónomos está focalizado para lugares de difícil acceso y/o desplazamiento, llevando un control de las rutas parametrizadas.

El proyecto usa tecnología GPS, la solución que se está implementando puede ser aplicada en cualquier tipo de terreno, en casi todos los ambientes, a excepción de donde el equipo tecnológico este expuesto a ciertos factores climáticos como, lluvia, granizo y fuertes viento.

Realizando el análisis de varias tarjetas controladoras para pilotos automáticos, se identificó que la tarjeta *Pixhawk* cumple con las interfaces necesarias para ajustarlas a las necesidades del cual es el sistema de vehículos autónomos no tripulados en *open source*, adicional se puede incorporar sensores con un kit de telemetría que nos permitirá conectarnos al *dron*.

La placa *Pixhawk* no debe estar contacto con elementos metálico, la batería debe de estar con la carga adecuada, en un ambiente fresco, para evitar posibles riesgos de sobrecalentamiento y posibles explosiones.



Para el estudio se implementó una simulación del *dron* con SITL Y MAVPROXY en un sistema operativo virtualizado Linux, montado sobre Windows, permitiendo realizar pruebas seguras de códigos y configuraciones experimentales sin necesidad de salir a campo abierto, las características del equipo de prueba son Toshiba Intel Core I5 de quinta generación, memoria RAM DE 8GB, disco duro de 1TB.

Se simuló la placa *Pixhawk*, implementada con el firmware de Ardupilot que es el principal sistema de piloto automático que permite la creación y el uso de sistemas de vehículos autónomos no tripulados junto con el software de control de tierra, en este proyecto será la aplicación móvil *COURSEDRONE*.

La aplicación móvil de control de vuelo está basada en *Droidplanner TOWER*, disponible solo para dispositivos Android a partir de la versión Android 4.0.0 *Ice Cream Sandwich*, compilada en IDE Android Studio 3.0.1.

2.3 Antecedentes del estudio

El siguiente proyecto se planteó en base a otras investigaciones relacionadas con el estudio de sistemas de control de vuelos en vehículos no tripulados.

Revisando dichos estudios se ha observado un considerable aumento de dispositivos en monitoreo y vigilancia área en todo el mundo en un intento de aplicar nuevas tecnologías inalámbricas.

Hace varios años atrás el interés por los dispositivos de reconocimiento aéreo se hizo más notorio, pues al no ser necesario la intervención de un piloto en cabina, hace viable aeronaves pequeñas y potentes. Todo esto viabiliza realizar misiones peligrosas, en entornos hostiles, bajo condiciones climatológicas adversas, superando límites físicos como volar a gran altura, largas jornadas de vuelo y grandes velocidades que un piloto convencional no soportaría dentro de la aeronave, proporcionando eficacia en los vuelos.

Según (Aguilar-Duarte, Gijón-Yescas, & Martínez-Herrera, 2017), las investigaciones en sistema de monitoreo y control de vuelos arrojan buenos resultados en términos eficientes, certeros dicho por los mismos agricultores y a la vez los investigadores del área.

Los drones pueden ser utilizados para distintas actividades, en el medio local se puede observar que existen pocas investigaciones del uso de controles de vuelo autónomos, debido al escaso conocimiento de estos, los altos costos o también a los posibles riesgos de violentar la privacidad. Algunas personas y empresas poseen

estos dispositivos mas no los utilizan adecuadamente solo los ponen a prueba con mando a distancia (control remoto) y la finalidad que le dan es para entretenimiento.

Afirma (OLIVERA, 2015), en tierra firme, un software controla la toma aérea y convierte en un mapa de alta resolución, vigilando el cultivo en tiempo real. Si el dron se lo combina para crear animaciones estas imágenes pueden revelar los problemas de las áreas que se está cubriendo dando la oportunidad de mejorar el cultivo. La agricultura de precisión consiste en el empleo de nuevas tecnologías para un estudio detallado en el terreno, así puede aplicarse el tratamiento en forma localizada.

El uso de un control de rutas de vuelos autónomas puede ser varios desde una simple inspección de campo, mediciones de terrenos, estudios topo Figuras hasta modelos de terrenos en 3D, con la ventaja de ejecutar acciones a largas distancias sin la necesidad de utilizar un mando.

2.4 Propuesta tecnológica

La propuesta viene desde la problemática, la falta de monitoreo de áreas y control de rutas autónomas de vuelo, se planteó el desarrollo de una aplicación móvil de control de vuelo en vehículos no tripulados, la cual está basada en la app Tower, esta permite crear y editar puntos de referencia formando rutas de vuelo para misiones independientes, proporcionando información específica de áreas de difícil acceso, agilizando el trabajo al cubrir superficies con total eficiencia y eficacia.

La información recabada es muy importante para la toma de alguna decisión en cuanto a la situación del área cubierta. Con el respectivo desarrollo y la tecnología existente, por medio de un análisis de factibilidad, recolectando información, tenemos una idea clara de los beneficios que generara para los usuarios.

El proyecto propuesto se basa en cumplir los objetivos de investigación planteados, Simular el *dron* del firmware *Pixhawk* con la herramienta SITL; permitiendo realizar pruebas de vuelo sin necesidad de salir al campo abierto, la aplicación de control de vuelos *COURSEDRONE*, se conectará a la simulación en mención, todo esto haciendo uso de herramientas de open *source*.

La finalidad es mejorar el monitoreo y vigilancia de superficies delimitadas, innovando tecnológicamente proveyendo una solución práctica de bajo costo en nuestro medio.

Análisis de factibilidad

El proyecto tendría aprobación por parte de los interesados, esta propuesta será sometida a varias pruebas de funcionamiento del software en los cuales se ha desarrollado el proyecto.

El éxito del proyecto está en el uso que le dará el interesado y la información que obtendrá del simulador mediante el aplicativo móvil de control de vuelo, el cual busca mejorar el trabajo reduciendo tiempos con eficiencia y posibilidades de tomar decisiones a tiempo.

Al no existir esta tecnología en el medio y las exigencias de mejorar la producción, el proyecto resulta viable para el agricultor, de igual manera el uso de las herramientas *open source* y a su vez en recomendación del hardware en bajo costo que será asequible.

El proyecto está enmarcado en las leyes del Ecuador, corroborando que es lo suficientemente viable, ya que existe disponibilidad de los recursos necesarios en llevar a cabo los objetivos planteados, la factibilidad se apoya en tres aspectos básicos:

- a) Operativo.
- b) Técnico.
- c) Económico.

Factibilidad Operacional

En el medio existe información sobre sistemas de control de vuelo autónomos. Sin embargo, por falta de conocimiento completo y por falta de recursos económicos no son adquiridos, actualmente este tipo de recolección de datos se lo realiza de forma tradicional en campo, la solución planteada será práctica; de fácil manejo.

Afortunadamente los interesados, podrán crear misiones trazando rutas, en las áreas que desean controlar, siendo una herramienta de apoyo que no representa ningún riesgo en sus actividades; también la posibilidad al cambio de tecnología.

La solución planteada será de apoyo en las actividades de monitoreo de áreas de difícil acceso mejorando tiempos y recursos gracias a esta tecnología.

Factibilidad técnica

Se puede decir que el proyecto es factible por la capacidad técnica dada por los conocimientos adquiridos como estudiantes de la Universidad de Guayaquil y la utilización de herramientas tecnológicas de código abierto dándonos la oportunidad de aportar con implementación de la solución.

La solución planteada comprende una aplicación para el control de vuelos autónomos, implementada en Android, y para casos de demostración un ambiente de simulación de dron con SITL en un entorno Linux alojado en una máquina virtual VMware.

Como resultado se realizará un cuadro de especificaciones, para poner en marcha el dron que se ha evaluado en dos aspectos *hardware* y *software*:

Tabla 11. Recursos de *hardware* y *software*

RECURSOS	CARACTERISTICAS MINIMAS	TIPO
Computadora	<ul style="list-style-type: none"> - Procesador Intel core I5- 2430M (2.40GHZ) - Memoria de 4GB - Tarjeta inalámbrica - Video Intel HD Graphics3000 	Hardware
Smartphone	<ul style="list-style-type: none"> - Almacenamiento: 3gb -RAM: 3.GB -Cámara: 6 megapíxeles - Sensores: GPS - Conectividad: 3 G, 4G oWi-fi 	Hardware
Programa simulación	-STIL Y MAVPROXY de 64 bit descargado de la página oficial GITHUB <i>ArduPilot</i>	Software
Sistema operativo de la computadora	-Windows 10	Software
Sistema operativo virtual	-Linux	Software
Aplicación TOWER	- versión de Android 4.0	Software

Factibilidad Legal

En el ámbito legal, este proyecto no tiene restricciones ni impedimentos legales en cuanto al uso y modificación de código.

Cada uno de los componentes que conforman el proyecto y aplicativo cuenta con esta característica, su factibilidad legal se da a que no necesitamos recurrir a licencias para el desarrollo de la solución.

El sistema desarrollado tiene como finalidad de trabajar en un ambiente controlado, en el cual la exploración será basada en áreas donde se permita recorrer zonas que han sido definidas por el operador.

Obtener imágenes o video no es un delito, pero si esto llega a difundirse en un término de hacer daño, aplicaría un artículo 178 del Código Orgánico Integral Penal más conocida como (COIP).

Todo el proyecto se encuentra en lineamiento con el artículo 13 de los principios de Educación Superior ya que promueve el desarrollo tecnológico, ofrece soluciones para instituciones públicas educativas y busca mejorar la excelencia académica.

Se considera también el “Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación”.

Factibilidad Económica

La implementación de la solución al ser desarrollada con herramientas de *open source* no implica ningún costo.

La aplicación móvil se desarrollará en el IDE Android Studio el cual lo provee Google sin licencia, no implica ningún coste.

El ambiente de simulación del *Drone Pixhawk* utiliza el firmware Ardupilot que es un proyecto de código abierto y esta accesible desde su repositorio de Github.

Se han evaluado los costos de adquisición de los componentes necesarios para el desarrollo de la solución, dado son de fácil adquisición y con algo de anticipación, Nos permite integrar los diferentes módulos y operaciones en un solo sistema a bajos costo.

Se presenta los costos de los suministros usados para el desarrollo del *dron* :

Tabla 12. Presupuesto de los recursos utilizados

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO	CANTIDAD	PRECIO	T-PRECIO
RECURSOS DE OFICINA	Recursos de suministros	10	20	\$ 200,00
	Servicios Básicos	3 meses	60	\$ 180,00
	Impresiones	350 hojas	0,02	\$ 7,00
	Alimentación	2 veces al día	2,5	\$ 450,00



	Presentación de proyecto	2	30	\$ 60,00
	Recursos de movilización	15	3	\$ 45,00
RECURSOS HUMANOS	Desarrolladores	2	400	\$ 800,00
	Dpto. Investigación	1	350	\$ 350,00
RECURSOS SOFTWARE	Android Studio	1	0	\$ -
	<i>MavProxy</i>	1	0	\$ -
	<i>Sitl</i>	1	0	\$ -
RECURSOS HARDWARE	Laptop	1	650	\$ 650,00
	Plataforma <i>Pixhawk kit</i> completo	1	100	\$ 100,00
			TOTAL	\$ 2.842,00

En cuanto los costos de recursos de oficina, Humanos y Hardware que se realizó en este proyecto, estarán cubiertos por lo integrantes que desarrollan el trabajo de titulación.

Además, los recursos de software fueron código abierto en el cual no generaron ningún costo.

2.5 Metodología del proyecto

Para el tema de levantamiento de información se realizó la investigación de las nuevas tecnologías que existe y el costo que esto implicaría.

Las elaboraciones del presente proyecto se emplearán, la investigación descriptiva y el modelo de cascada, una de las ventajas es el levantamiento del análisis de datos y cumplir cada una de las etapas que serán detalladas y analizadas a continuación.

Población y muestra

Es sustancial conocer las definiciones estadísticas de población y muestra para tener en claro cómo obtener los datos para el análisis de esta investigación.

Población: Afirma (Riesco, 2004), es el conjunto de todos los valores de un fenómeno o propiedad que se quiere observar. También se usa el nombre de variable para designar a este conjunto. Por ejemplo, las edades de los escolares de enseñanza media del país, las preferencias de marca de jabón manifestadas por un conjunto de consumidores, los diámetros de los ejemplares de un objeto producido por una máquina, etc.

¿Cuál es la Población?

Para este proyecto se escogieron a personas con conocimiento en el campo de la agricultura y/o manejo de drones, con el objetivo de realizar esta encuesta que tan factible sería implementar un aplicativo control de vuelo.

Muestra: Afirma (Riesco, 2004), Es la parte de la población que efectivamente se mide, con el objeto de obtener información acerca de toda la población. La selección de la muestra se hace por un procedimiento que asegure un alta grado y que sea representativa para la población. Los métodos de selección de las muestras se describen más adelante.

La importancia de selección es parte de la investigación, no es recomendable tener contacto y observar a todos los individuos de análisis posibles, por lo que es necesario la selección de un conjunto y subconjunto de personas para la recolección de datos que es conocida como población y muestra.

Instrumento de recolección de datos

Una fuente se puntualiza como un término en donde surge o se encuentra información, estas fuentes de información son inmediatas en la manera de adquirir datos; más aligerada, sencilla y no se agranda demasiado.

Según (Lebet, 2016), la recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos.

Las técnicas que se implementó en este proyecto de titulación es la encuesta, para esto se logró obtener la aceptación que tuvo el proyecto, por el juicio experto, adicional se realizó una encuesta para las personas que tienen conocimiento en el campo de la agricultura y/o manejan drones con preguntas cerradas dicotómicas es decir que responda sí o no.

En la recolección de datos se realizó una encuesta a personas con conocimiento en el campo de la agricultura y/o manejo de drones para conocer un análisis estadístico de la necesidad y en implementar un aplicativo control de vuelo. Las encuestas se componen de preguntas cerradas dicotómicas que se encuentran en una página de web en google de encuestas.

Las preguntas son importantes para obtener las respuestas de los encuestados. Según, (Sabino & Humanitas, 2012), se clasifican de la siguiente manera:

Cerradas dicotómicas: Se responde sí o no

Cerradas múltiples: se responden en varias opciones (ya sea seleccionado una de cinco, o varias a la vez) por ejemplo: ¿Cómo considera la atención del local X? Muy buena / Buena / Regular / Mala. ¿Qué vehículos posee? (marcar con una X los que correspondan) Bicicleta / Moto / Auto / Camioneta / No poseo.

Abiertas: No se estipulan respuestas posibles, si no que el entrevistado las genera. Su desventaja radica en la impracticidad para tabular estas y su ventaja es que pueden servir para considerar otras respuestas posibles, cuando no se está seguro de que opciones cerradas poner; luego puede generarse otras ya cerradas, gracias a estas que fueron realizadas en primer lugar.

Procesamiento y análisis

Para determinar el cálculo recurrimos a la fórmula de muestra infinita ya que desconocemos la población y esto será representado por medio de Figuras y datos estadísticos

El resultado de la muestra infinita dio $n=111$, es el resultado de la encuesta que se va a realizar de la siguiente tabla con las preguntas planteadas.

Tabla 13. Preguntas de encuesta

1	¿Sabe usted lo que es un dron o vehículo aéreo no tripulado?
2	¿Ha utilizado usted un dron?
3	¿Si tuviera la oportunidad de utilizar un dron, para que fin lo haría?
4	¿Indique cuál es su sector de actividad o de interés?
5	¿Los precios de los drones que tal los considera?
6	¿Si tuviera la oportunidad de adquirir un dron completamente personalizado según sus necesidades estaría dispuesto a comprarlo?
7	¿Posee usted algún tipo de sistema de vigilancia para el control de vuelo autónomo?
8	¿Qué factibilidad sería implementar un aplicativo de control de vuelo en un dron?
9	¿Estaría usted dispuesto a implementar el uso de un aplicativo del control devuelo?

Tabla 14. Género

ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
HOMBRE	63	57%	63	0,5676
MUJER	48	43%	111	1,0000
PREFIERO NO DECIRLO	0			
TOTAL	111	100%	174	
MEDIA	1,567567568			



MEDIANA	48			
----------------	----	--	--	--

Tabla 15. Edad

INTERVALO	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
18 - 22	17	15%	17	0,1532
23 - 32	36	32%	53	0,4775
33 -43	39	35%	92	0,8288
44 -54	8	7%	100	0,9009
55 -74	11	10%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	373	
MEDIA	3,36036036			
MEDIANA	17			

Tabla 16. Profesiones

ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
INGENIERO	47	42%	47	0,4234
DOCTOR	3	3%	50	0,4505
MAGISTER	3	3%	53	0,0270
LICENCIADO	16	14%	69	0,1712
TECNICO	5	5%	74	0,0450
ARQUITECTO	11	10%	85	0,1441
ECONOMISTA	3	3%	88	0,0270
NINGUNA	23	21%	111	0,2342
TOTAL	111	100%	577	
MEDIA	5,198198198			
MEDIANA	8			

Tabla 17. Resultados pregunta 1

1.- ¿Sabe usted lo que es un <i>dron</i> o Vehículo aéreo no tripulado?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	72	65%	72	0,6486
NO	39	35%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	183	
MEDIA	1,648648649			
MEDIANA	55,5			

En la encuesta se verifica que el mayor porcentaje de las personas tienen conocimiento de lo que es un dron, es decir saben para qué sirve un dron y las diferentes áreas en la que puede ser utilizado, está claro que existe un pequeño porcentaje que desconoce que es un *dron*, por falta de información.

Tabla 18. Resultados pregunta 2

2.- ¿Ha utilizado usted un <i>dron</i>?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	69	62%	69	0,6216
NO	42	38%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	180	
MEDIA	1,621621622			
MEDIANA	55,5			

En la encuesta se contestó un 62% si, son personas capacitadas en drones tienen experiencia en cambio el otro resultado dio un 38% no han tenido la posibilidad de utilizar un dron debido a lo difícil adquirirlo y por no tener experiencia.

Tabla 19. Resultados pregunta 3

3.- ¿Si tuviera la oportunidad de utilizar un dron, para que fin lo haría?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
PROFESIONAL	66	59%	66	0,5946
HOBBY	45	41%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	177	
MEDIA	1,594594595			
MEDIANA	55,5			

Los encuestadores contestaron de la siguiente manera 59% Profesional por personas que tienen la amplia experiencia y 41% Hobby debido a la contestación por que han tenido la oportunidad de volar uno, les llamó la atención de tomar foto o grabar videos. Tabulación y análisis de pregunta N° 4



Tabla 20. Resultados pregunta 4

4.- ¿Indique cuál es su sector de actividad o de interés?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
VIDEO	33	30%	33	0,2973
FOTOGRAFÍA	39	35%	72	0,6486
PERIODISMO	18	16%	90	0,1622
AGRICULTURA	8	7%	98	0,2342
VIGILANCIA / SEGURIDAD	13	12%	111	0,1171
TOTAL	111	100%	404	
MEDIA	3,63963964			
MEDIANA	18			

La encuesta realizada dio como resultado de las personas que contestaron en las distintas opciones de interés fueron las siguientes: un 30% video, 35% Fotografía, 16% Periodismo, 8% Agricultura, 13% Vigilancia/Seguridad, de cualquiera manera el resultado obtenido del uso de dron es de gran interés.

Tabla 21. Resultados pregunta 5

5.- ¿Los precios de los drones que tal los considera?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
ALTO	96	86%	96	0,8649
BAJO	6	5%	102	0,9189
MEDIO	9	8%	111	0,0811
TOTAL	111	100%	309	

Los resultados obtenidos de la encuesta realizada en los precios de drones lo consideran entre alto, medio y bajo; el mayor porcentaje que se obtuvo fue un 86% alto, radica de algunas situaciones, falta conocimiento, no sean asequibles en el país y falta de soporte.

Tabla 22. Resultados pregunta 6

6.- ¿Si tuviera la oportunidad de adquirir un dron completamente personalizado según sus necesidades estaría dispuesto a comprarlo?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	79	71%	79	0,7117
NO	32	29%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	190	

Los encuestados respondieron un 71,2% que si tuvieran como adquirirlo ellos podrían ser que lo compre, pero acorde a sus necesidades y su otra contestación fue un 28,8% que no les llama la atención o por riesgo a lastimarse con las hélices del dron.

Tabla 23. Resultados pregunta 7

7.- ¿Posee usted algún tipo de sistema de vigilancia para el control de vuelo autónomos?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	59	53%	59	0,5315
NO	52	47%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	170	

Los encuestadores respondieron un 52.3% si, una contestación más alta que el no de 47.7% por decimas la diferencia, debido que deben tener un sistema de vigilancia y otros por su experiencia de pilotaje.

Tabla 24. Resultados pregunta 8

8.- ¿Que factibilidad seria implementar un aplicativo de control de vuelo en un dron?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
BUENO	23	21%	23	0,2072
EXCELENTE	66	59%	89	0,8018
MALA	3	3%	92	0,0270
NINGUNA	19	17%	111	0,1712
TOTAL	111	100%	315	

Los encuestadores respondieron a las distintas opciones del cual mayor fue, 59.5% de excelencia, ya que la factibilidad de controlar un terreno específico ahorraría en recursos y optimizaría tiempo de monitoreo manual.

Tabla 25. Resultados pregunta 9

9.- ¿Estaría usted dispuesto a implementar el uso de un aplicativo del control de vuelo?				
ETIQUETA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA ACUMULADA	FRECUENCIA ABSOLUTA ACUM.	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
SI	82	74%	82	0,7387
NO	29	26%	111	1,0000
TOTAL	111	100%	193	

La pregunta de esta encuesta se indica por los encuestadores con mayor porcentaje de 73,9% si estuvieran dispuestos a implementar un control de vuelo por las diversidades actividades o procesos que se podrían realizar en un tiempo real.

2.6 Resultados

Para el análisis el proyecto realizó una reunión con un experto en manejo de drones, el cual nos ayudaba con la información necesaria gracias a la experiencia que tiene en vuelos de drones, debido a la experiencia comentaba que el realizaba pruebas de vuelo en un área extensa, para que el dron no tenga inconveniente si en algún momento el dron pierde la señal del GPS. Teniendo en cuenta los conocimientos obtenidos fue de gran ayuda sobre el control de vuelo en drones.

Además, se estableció los roles, con su respectiva reunión y también su requerimiento de la metodología tradicional o cascada que se aplicara en el actual proyecto de titulación.

Roles y Personas

Los roles e integrantes del equipo del actual proyecto se presentan a continuación.

Dueño del Producto: María de los Ángeles Franco Solórzano

Equipo de desarrollo: María de los Ángeles Franco Solórzano – Andrea Lissette Martillo Rosales

Las reuniones con los integrantes de trabajo y el tutor se estableció un horario específico de un día de la semana de una hora, esta reunión tiene como la finalidad de conocer lo que sea ha realizado, exponiendo los avances del proyecto y las correcciones que se planteaban la semana anterior.

Figura 22. Reunión del proyecto



Requerimientos

Una vez que se estableció los roles y las reuniones se proceden a determinar los requerimientos mencionados anteriormente de la propuesta tecnológica.

Con respecto a las descripciones de los requerimientos de los usuarios del aplicativo se detallarán; mediante necesidades de usuarios de forma ordenada y detallada como se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 26. Requerimiento # 1 diseño de la arquitectura del aplicativo móvil

NECESIDADES DEL USUARIO	
Version: 1	Usuario: Administrador
Nombre: Diseño de la arquitectura del aplicativo móvil	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: Se diseñará el aplicativo acorde con las necesidades del usuario	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	



Tabla 27. Requerimiento # 2 realizar misiones de vuelo

NECESIDADES DEL USUARIO	
Versión: 2	Usuario: Administrador
Nombre: Realizar Misiones de vuelo	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: Se realizan puntos de vuelo para ingresar coordenadas endistintas misiones	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	

Tabla 28. Requerimiento # 3 configurar rutas de vuelo

NECESIDADES DEL USUARIO	
Versión: 3	Usuario: Administrador
Nombre: Configurar rutas de vuelo	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: Se realizará la configuración para los puntos de vuelo	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	

Tabla 29. Requerimiento # 4 realizar conexión del dispositivo móvil con la simulación

NECESIDADES DEL USUARIO	
Versión: 4	Usuario: Administrador
Nombre: Realizar conexión del dispositivo móvil con la simulación	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: Al móvil se debe de instalar el aplicativo y realizar conexión por medio de comando en el sistema operativo Linux virtualizado	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	

Tabla 30. Requerimiento # 5 verificar las misiones



NECESIDADES DEL USUARIO	
Versión: 5	Usuario: Administrador
Nombre: Verificar las misiones	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: El administrador puede verificar sus misiones de las que harealizado	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	

Tabla 31. Requerimiento # 6 levantar el simulador en un sistema operativo LINUX virtualizado

NECESIDADES DEL USUARIO	
Versión: 6	Usuario: Administrador
Nombre: Levantar el simulador en un sistema operativo Linux virtualizado	
Prioridad: Alta	Importancia: Alta
Datos Específicos: Por medio de comandos se instalará los simuladores y luego inicializarlos	
Desarrollador: María de los Ángeles Franco Solórzano	
Estado: Aprobado	

2.7 Diagrama y descripción de caso de uso

Otro Cuadro se detalla de quien es y cuál es su función que realiza el acto en el que interviene el aplicativo móvil

Actor: Beneficiario

Descripción: Es la persona que se beneficia del aplicativo móvil con sus debidos requerimientos.

Figura 23. Diagrama caso de uso instalar el aplicativo móvil

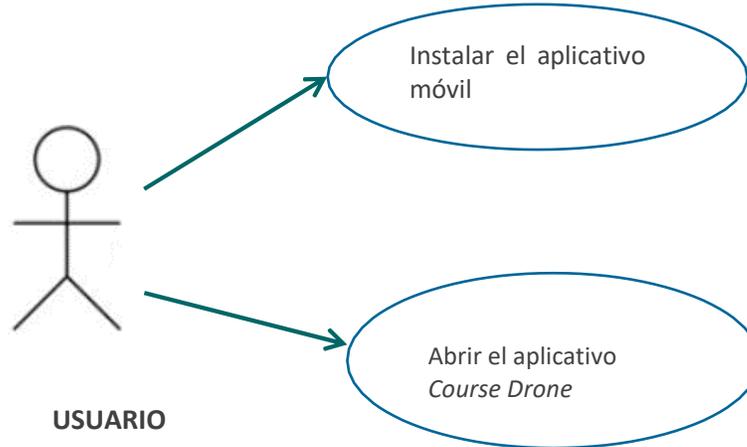


Tabla 32. Descripción caso de uso instalar el aplicativo

CASO DE USO:	Instalar el aplicativo
ACTORES:	usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Permite a los usuarios a instalar en su dispositivo el CourseDron
REFERENCIA:	El usuario podrá instalar el aplicativo en su móvil
PRE-CONDICIONES:	Instalar el aplicativo
EVENTO:	1. El usuario descarga el aplicativo 2. El usuario instala el aplicativo
Excepción:	

Tabla 33. Descripción caso de uso abrir el aplicativo

CASO DE USO:	Abrir el aplicativo
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Secundario
PROPOSITO:	Abrir el aplicativo móvil para verificar sus

	funcionalidades omas
REFERENCIA:	El usuario una vez descargado e instalado puede abrir la aplicación y hacer uso
PRE-CONDICIONES:	Ingresar al aplicativo móvil
EVENTO:	1. El usuario Instala el aplicativo móvil 2. El usuario abre el aplicativo móvil
Excepción:	

Figura 24. Diagrama de caso de uso seleccionar la ruta

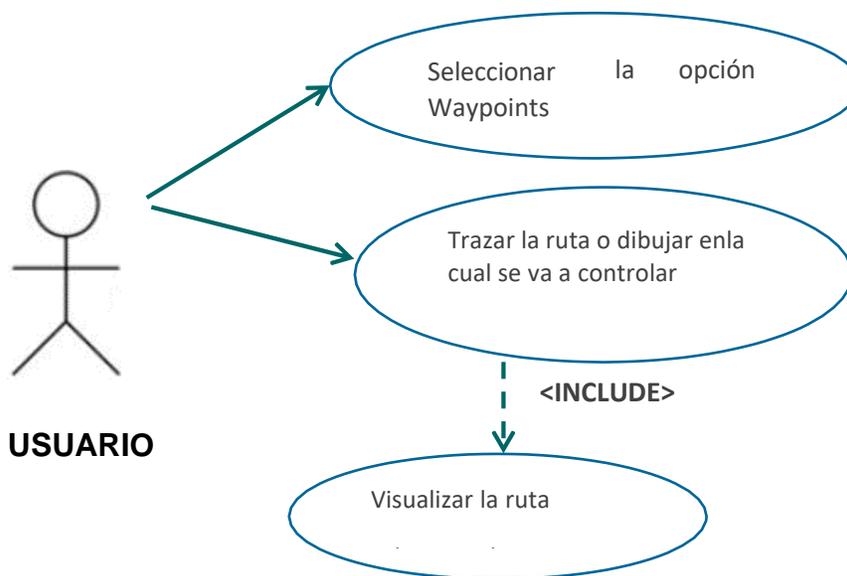


Tabla 34. Descripción caso de uso seleccionar caso de uso

CASO DE USO:	Seleccionar la opción Waypoints
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Permite al usuario ingresar rutas de vuelo
REFERENCIA:	El actor puede ingresar distintas misiones de vuelo dependiendo la actividad a realizar

PRE-CONDICIONES:	Ingresa en el aplicativo las rutas de vuelo
EVENTO:	1. El usuario selecciona en misiones 2. El usuario raza las rutas de vuelo de las distintas que se encuentra en <i>waypoints</i>
Excepción:	

Tabla 34. Descripción caso de uso trazar la ruta o dibujar en la cual se va a controlar

CASO DE USO:	Trazar la ruta o dibujar en la cual se va a controlar
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Permite al usuario trazar rutas de vuelo
REFERENCIA:	El usuario puede ingresar distintas misiones de vuelo en la actividad específica
PRE-CONDICIONES:	Ingresar en el aplicativo las rutas de vuelo
EVENTO:	1. El usuario selecciona las misiones de vuelo 2. El usuario visualiza las rutas de vuelo trazadas
Excepción:	

Figura 25. Diagrama caso de uso iniciar la ruta de vuelo

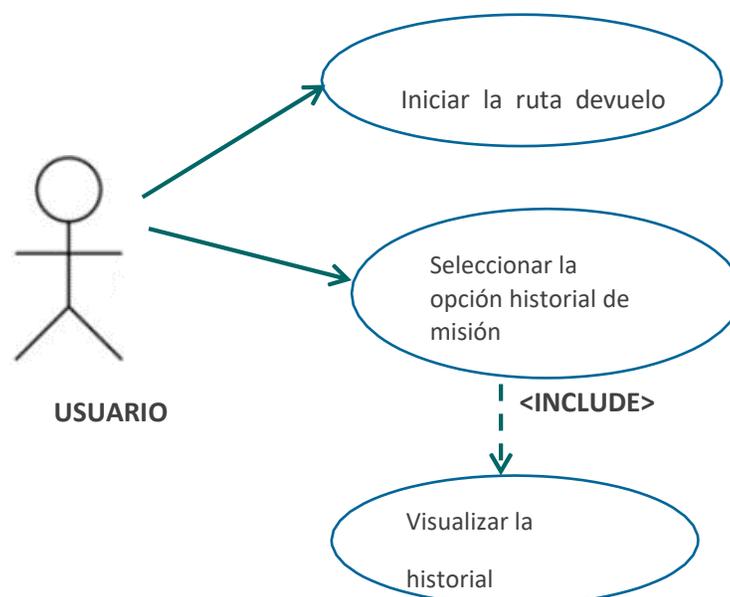




Tabla 35. Descripción caso de uso iniciar ruta de vuelo

CASO DE USO:	Iniciar la ruta de vuelo
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Permite al usuario iniciar la ruta de vuelo
REFERENCIA:	El usuario una vez que ingresa la misión que desee, empieza el control de vuelo
PRE-CONDICIONES:	Ingresar las misiones de vuelo
EVENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingreso las rutas de vuelo 2. El usuario iniciar el vuelo automático
Excepción:	

Tabla 36. Descripción caso de uso iniciar ruta de vuelo

CASO DE USO:	Seleccionar la opción historial de misión
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Permite al usuario verificar las misiones de vuelo
REFERENCIA:	El usuario una vez que ingresa la misión que desee, empieza el control de vuelo
PRE-CONDICIONES:	Ingresar las misiones de vuelo
EVENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa las misiones de vuelo 2. El usuario visualiza en las historias de misiones de menú principal
Excepción:	

Figura 26. Diagrama caso de uso finalizar la ruta de vuelo

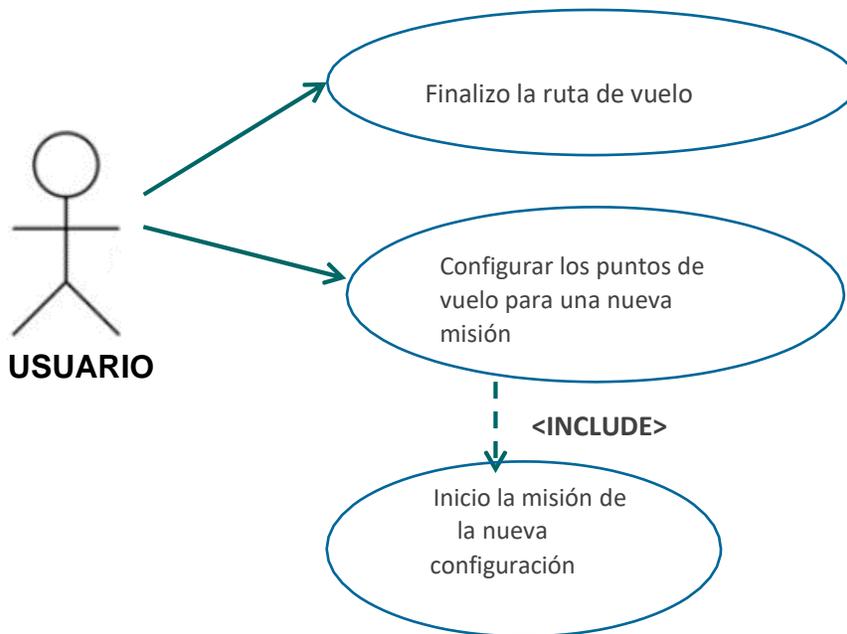


Tabla 37. Descripción caso de uso finalizar ruta de vuelo

CASO DE USO:	Finalizo la ruta de vuelo
ACTORES:	Beneficiario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	La misión de vuelo finalizo su ruta
REFERENCIA:	La misión de vuelo finaliza por la ruta trazada por el mismo usuario
PRE-CONDICIONES:	Ingresa las misiones e inicializarla
EVENTO:	1. El usuario ingresa la misión 2. El usuario espera la misión trazada y finalizarla
Excepción:	

Tabla 38. Descripción caso de uso configurar ruta de vuelo

CASO DE USO:	Configurara los puntos de vuelo para una nueva ruta
ACTORES:	Usuario
TIPO:	Básico
PROPOSITO:	Ingresar las misiones
REFERENCIA:	Una vez ingresada la misión se puede configurar cada puntotrazado
PRE-CONDICIONES:	Ingresas las misiones y trazarlas
EVENTO:	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa la misión 2. El usuario espera la misión trazada 3. El usuario configura cada punto del trazo de la ruta
Excepción:	

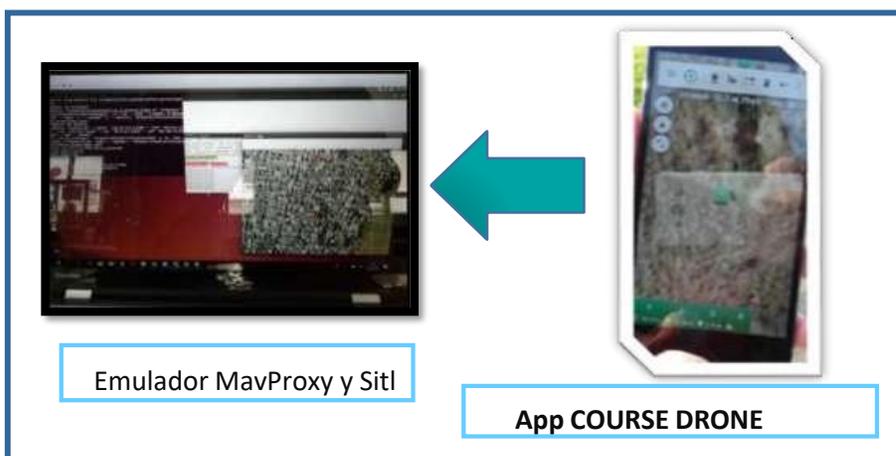
2.8 Diseño de arquitectura

Se seleccionó los componentes del software presentada en base a las comparativas

Arquitectura usada con el emulador

Se ha realizado el diseño de la implementación en una laptop para instalar el emulador de los programas MavProxy y Siftl, conectado en un dispositivo móvil de la aplicación *Course Drone* en *open source*.

Figura 27. Diseño de arquitectura de simulación y APP





Simulador

Según (Bash, 2015); se contemplan dos alternativas para el uso de un simulador:

La implementación de un simulador propio de la tarjeta pixhawk.

El uso de un simulador que sea compatible con el sistema operativo Windows y Linux.

Es importante cumplir las alternativas ya que con lleva a la instalación y configuración de los simuladores, para entender los simuladores la definición serán lo siguiente:

MAVPROXY

Según (Daniel Plaza Rey, junio 2017), se permite reenviar mensajes provenientes del UAV hacia diferentes GCS ubicados en los diversos componentes electrónicos, como ordenadores, tabletas o teléfonos móviles. De la misma manera, se puede enviar comandos en tiempo real al UAV desde el GCS.

SITL

Según (Daniel Plaza Rey, junio 2017), permite ejecutar programas destinados a ser ejecutados sobre distintos vehículos sin necesidad del hardware. Esta construido a partir del código de Arduillo.

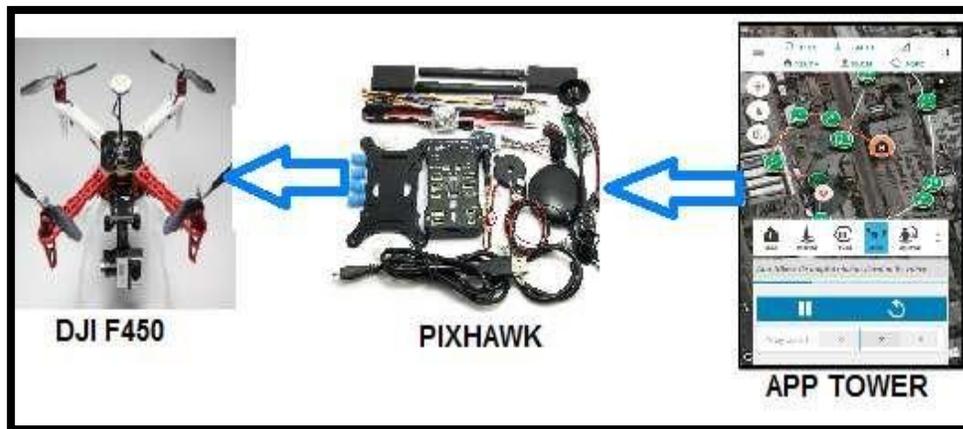
Permite ejecutar Ardupilot desde una PC directamente. Ardupilot es un software de piloto automático que puede ejecutar en cualquier pc.

Course Drone

Es una aplicación móvil que permite controlar y configurar rutas de una forma sencilla, con un interfaz amigable para el usuario. Se instala en dispositivos Android versión 4.0.0; en ningún otro sistema móvil.

Adicional como referencia, se ha diseñado la arquitectura física en él cual se recomienda la implementación en el equipo de hardware de *dron*, con la tarjeta de *pixhawk* para un futuro proyecto de los análisis obtenidos de los cuadros comparativos.

Figura 27. Diseño de arquitectura control de vuelo



2.9 Dispositivos electrónicos

Para realizar el control de vuelo, se debe implementar los componentes del hardware que serían mencionados de la siguiente manera:

Plataforma de tipos de aeronave

Se realizó un estudio de los tipos de aeronave las cuales se eligió el cuadricopteros, ya que cuenta con disposición simétrica de los rotores, tiene con 4 hélices dos giran en el sentido del reloj y los dos restantes en sentido contrario. Las cuatro hélices trabajan al mismo tiempo para crear una fuerza de empuje hacia arriba es la disposición simétrica de los rotores con respecto al control de gravedad, para su funcionamiento se usan cuatro motores con hélices, dos giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras dos en sentido contrario. El peso se divide entre cada uno de los motores, es posible controlar el vuelo ya que sus hélices son de una materia resistente.

Cuadricoptero (quad-rotors)

Según (Bash, 2015) un cuadricóptero se puede definir como una aeronave que se eleva y se desplaza por el movimiento de cuatro motores colocados en los extremos de una estructura de forma de cruz. Se utiliza el nombre inglés quad-rotors, aunque también existe la traducción cuadricóptero. Tal como se presenta en la figura, el vehículo dispone de cuatro motores con sus alas respectivas, se utiliza la velocidad de los motores para controlar la estabilidad y movimientos del vehículo aéreo.

La dinámica de un cuadricóptero se puede explicar a partir de la inercia de cada rotor. Cada rotor cuenta con un motor, mecanismo de engranaje y un rotor de ángulo fijo.

Una de las características más importantes del cuadricóptero es que el motor delantero y el motor trasero rotan en sentido contrario de las manecillas de reloj, los otros dos motores rotan en sentido del reloj.

DJI F450

Según (Modelos & Rpa, n.d.) este tipo de dron a diferencia de las demás es de bajo costo que los anteriores y más resistentes para las pruebas de vuelo, esto quiere decir que cuando se realice la prueba de vuelo, este podría fallar si se llega a topar con algún obstáculo. Además, DJI F450 viene de fábrica con la estructura principal como un KIT completo.

Adicional, el dron DJI F450 tiene los siguientes elementos con la estructura principal nos dice (Modelos & Rpa, n.d.), son:

- Un tren de aterrizaje completo, compuesto por cuatro patas de material plástico resistente.
- Cuatro brazos de la aeronave, encargadas de dar soporte a los rotores hélices y
- reguladores de velocidad, que también se incluyen en el paquete.
- Las placas principales, que unidas al tren de aterrizaje y a los brazos conforman principal del dron. Una de ellas contiene además pistas eléctricas, con una disposición tal permite alimentar por igual a todos los rotores del vehículo.
- El controlador principal, que dota a la aeronave de sistemas de manejo semiautomáticos, junto con un regulador de tensión para controlar la alimentación del sistema.

Como punto adicional el DJI F450 posee otros criterios que serían importantes para el estudio del dron.

Según (Michelena, 2016), los diferentes criterios existentes en el mercado se consideran los siguientes para la selección del dron:

Seguridad: Se busca un dron que cuente con un sistema de aterrizaje automático, para cuando exista un fallo de pérdida de señal este active un control de regreso a casa, para evitar incidentes en el transcurso de vuelo.

Carga útil: Se debe comparar las características de los drones, la más importante es el peso que pueda cargar estos equipos, como, una cámara térmica que tiene un peso aproximado de 100 gramos.

Estabilidad: Es importante que el dron pueda volar sin hacer uso del control remoto, aunque en ocasiones es necesario tener un plan de contingencia en caso de alguna emergencia, ya que puede ser necesario que se active el control remoto. Además, debe de captar imágenes de video en tiempo real con buena resolución.

Sencillez de ensamblaje y manejo: Se prioriza los drones listos para volar (*ready to fly-RTF*) considerando que no se contaba con experiencia de pilotaje. Para mejores resultados lo recomendable es capacitarse para cualquier inconveniente.

Autonomía: Es en el cual se implementa un sistema control de vuelo automático. En este caso los drones de ala rotatoria actualmente poseen alrededor de 25 minutos de autonomía.

Precio: Es la implementación del equipo, el precio puede variar por la diversidad de drones, el cual tiene costos muy variantes, dependiendo la actividad que se requiera realizar, el dron puede ser utilizado para: las industrias, comercial o para alguna tarea específica.

2.10 Plataforma de hardware de Pixhawk

Afirma (Raúl Arturo Samaniego Tello, 2018), *Pixhawk* es un proyecto independiente, su objetivo es proporcionar un dispositivo de hardware para piloto automático de gama alta, con bajo costo y de alta disponibilidad. *Pixhawk* es uno de los proyectos que constituyen la Fundación *Dron Code* de Linux. Es apoyado por el Proyecto *Pixhawk* de *Computer Vision and Geometry Lab* de ETH Zúrich (Instituto Federal Suizo de Tecnología), por el Laboratorio de Sistemas Autónomos y el Laboratorio de Control Automático, y también de *3D Robotics*.

Según (Sergio Lopez Milan, 2017), para poner en funcionamiento un cuadricóptero basado en *Pixhawk* son necesarios ciertos componentes adicionales, a continuación, son los más imprescindibles:

- Un receptor radiocontrol para actuar sobre el cuadricóptero.
- Un módulo de potencia para alimentar la controladora mediante la batería.
- Variadores de velocidad electrónicos (también conocidos como ESCs debido a su denominación en inglés – *Electronic Speed Controller*) para modificar las revoluciones de giro de los motores. Evidentemente será necesario la aeronave tenga los motores. También los motores *brushless* son los más conocidos para ese tipo de aeronave.

Opcionalmente, es recomendable equipar al sistema con un GPS con brújula y un módulo de telemetría para poder tener datos en tiempo real del cuadricóptero en la estación base.

Un dato adicional es preferible que el Kit sea completo para que al momento que sea configurada la plataforma no tenga ningún inconveniente y así la instalación de los drivers de sus componentes sea exitosa para el control automático.

Afirma (Raúl Arturo Samaniego Tello, 2018), *Pixhawk* es un piloto automático de código abierto para modelos de radio control, sean multirrotores, aviones o vehículos terrestres.

Dentro de sus características fundamentales cuenta con, menciona:

- Tiene un procesador de 32 bits ARM Cortex con un S.O. NuttX RTOS.
- 14 salidas PWM/servo.
- Puertos de conexión UART, I2C, CAN.
- Sistema de copia de seguridad integrado para la recuperación en vuelo y control manual.
- Entradas de alimentación redundantes y conmutación automática ante error.
- Botón externo de seguridad para la activación del motor.
- Indicador LED multicolor.

Figura 28. Implementación del dron DJI F450



2.12 Diseño de software

Se ha realizado un ambiente de simulación de SITL de Ardupilot con MAVproxy como estación de tierra el cual nos provee una consola de comandos para dirigir al dron, como también un mapa en 2D de la ubicación, el cual sirve para observar el recorrido de la aeronave.

Se ha diseñado la arquitectura de la simulación de SITL Y MAVPROXY en el cual se encuentran los instaladores de la página oficial github ardupilot, son programas *open source*, para ser instalados y ejecutados en una máquina virtual del sistema operativo *Linux* o *Windows*.

Figura 29. Diseño de software simulado



2.13 Implementación

La aplicación móvil es una versión modificada de Tower, compilada en Android Studio 2.3, compatible con equipos Android a partir de la versión 4.0 en adelante.

Se realizó pruebas de conexión por medio de puerto UDP hacia el dron simulado en SITL, para que esto funcione los dos equipos tiene que estar conectados a la misma red y conocer su dirección IP, tanto de la máquina que contiene el ambiente simulado como del dispositivo Android.

Figura 30. Implementación de la máquina virtual

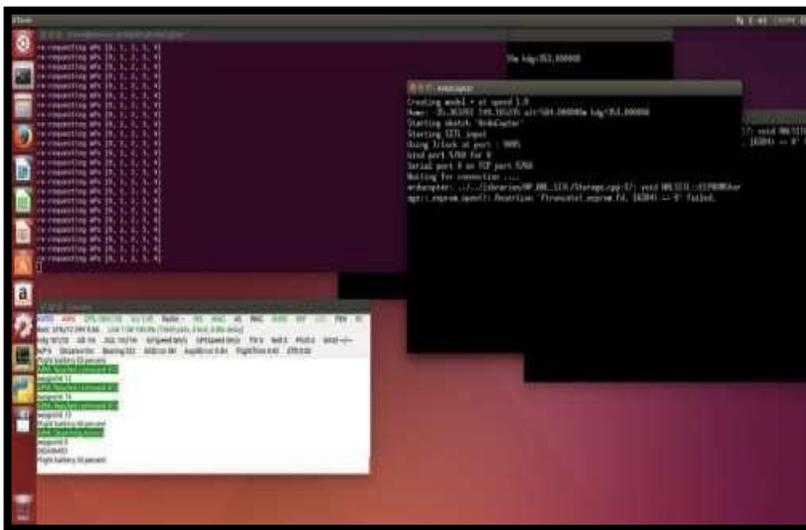


Figura 31. Ejecución de la aplicación



Figura 32. Presentación de la aplicación



2.12 Elaboración de pruebas y resultados

Para todas las pruebas que se realizaron en campo, se surgiere unos procedimientos de conexión y configuración previos al vuelo, de tal manera que se pudieran analizar con mayor claridad los resultados.



Se realizó el siguiente procedimiento en todas las pruebas de campo:

1. Ingresar las misiones de vuelo: Se debe ingresar en las opciones de misiones que desea realizar
2. Evaluar parámetros el vuelo: Se debe establecer el lugar del vuelo y verificar que el clima sea adecuado para el vuelo.
3. Verificar conexión entre equipos: Se conecta el dispositivo móvil con la app de *Course Drone* al simulador de la máquina virtual Linux.
4. Verificar la conexión de internet: Se verifica que ahí conexión de internet tanto en el dispositivo móvil y el ordenador.
5. Iniciar el vuelo: Una vez ejecutados los 3 primeros puntos se puede iniciar el vuelo.
6. Verificar la historial de vuelo: Se verifica en el menú de las misiones de vuelo que han ingresado.

En el momento de realizar las pruebas, se tuvieron en cuenta diferente factores de acuerdo a las recomendaciones del juicio experto. Estas consisten principalmente en tener conexión con un enlace de internet tanto como el dispositivo móvil y el ordenador, Además tener cargados ambos dispositivos electrónicos.

La primera prueba que se realizo fue en la universidad de Guayaquil de la facultad físico matemático. En esta ocasión, el enlace de dato se realizó por los datos móviles conectado a la máquina virtual, ya que se tenía problemas de conectividad del internet de la facultad.

En el cuadro # 26 se muestra, a pesar de la deficiencia en la conexión, apenas el dispositivo móvil lograba conectarse así fuera por poco tiempo.

Tabla 39. Prueba # 1

Prueba #	1
Fecha de prueba	15-08.2018
Lugar de prueba	Centro
App Tower	-
Simulador SITL MavProxy.	-



Comentarios	No tenía buena conexión de internet
Condiciones climáticas	Soleado
Horario	Mañana
Lugar	Facultad Físico Matemático

En la tabla 39, se realizó en el sur en el parque que está ubicado en la *portete*. Una vez iniciado las pruebas de control de vuelo, se tuvo problemas con la carga de la misión, se tuvo inconveniente en ambos dispositivos y no se pudo lograr el control de vuelo en la app ni en el simulador.

Tabla 40. Prueba # 2

Prueba #	2
Fecha de prueba	17-08.2018
Lugar de prueba	Sur
App Tower	-
Simulador SITL MavProxy.	-
Comentarios	Falta de carga dispositivos móvil
Condiciones climáticas	Oscuro
Horario	Noche
Lugar	Parque de la portete

En el cuadro # 28, se realizó en el sur. No se pudo realizar las pruebas del control de vuelo por inconveniente con el clima que estaba brisando en la mañana.

Tabla 41. Prueba # 3

Prueba #	3
Fecha de prueba	20-08.2018
Lugar de prueba	Sur
App Tower	-
Simulador SITL MavProxy.	-



Comentarios	Clima nublado y lluvioso
Condiciones climáticas	Lluvioso
Horario	Mañana
Lugar	Terreno vacío

En la última prueba que se realizó en el lugar del centro de la facultad físico matemático y en general salió todo satisfactoriamente, sin problema alguna.

Tabla 42. Prueba # 4

Prueba #	4
Fecha de prueba	20-08.2018
Lugar de prueba	Centro
App Tower	Satisfactoriamente se realizó el control de vuelo
Simulador SITL <i>MavProxy.</i>	Exitosamente se levantó la simulación conectando al dispositivo
Comentarios	Buena conexión sin ningún problema de carga, ni declina
Condiciones climáticas	Soleado
Horario	Mañana
Lugar	Facultad Físico Matemático

Adicional se realizó una lista de verificaciones del cumplimiento de la aplicación y simulación.

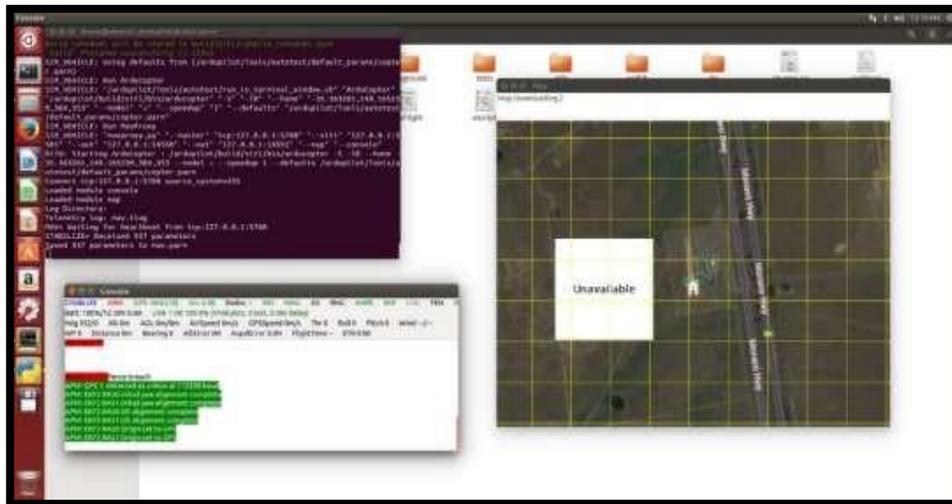
Evaluación de la existencia, establecimiento y uso de los estándares de sistemas

Tabla 43. Lista de verificación del aplicativo

Opción	Calificar el grado de cumplimiento de:	SI CUMPLE	NO CUMPLE
1	Cumple con los requerimientos del usuario	X	
2	El aplicativo control de vuelo se puede instalar para todos los dispositivos móviles		X
3	Instalación y ejecución los simuladores de control de vuelo en la máquina virtual Linux	X	
4	La instalación del aplicativo control de vuelo de manera autónoma	X	
5	La documentación de la debida investigación del aplicativo y simulación	X	

Se realizó una *check list* del cual se verifico los resultados obtenidos en el cumplimiento del aplicativo y simuladores, con el que se obtuvo resultado de las opciones mencionadas, pero solo la opción 2 no cumple con la verificación debido a que solo se debe instalar dispositivos móviles Android con la versión 4.0 y no otro sistema de dispositivo móvil.

Figura 33. Prueba exitosa del dron



En el caso que se desean a un futuro realizar las modificaciones del proyecto y no estén dentro del alcance, esto será aceptado como un proyecto nuevo.

Entregables del proyecto

Manual técnico de instalación: Este manual contendrá la instalación de herramientas necesarias para el desarrollo y pruebas del proyecto del dron, así como la configuración correcta de los programas para la modificación del software e implementación.

Manual de usuario: Este manual contendrá una descripción de las pantallas y sus respectivas funciones especificado el flujo paso a paso para llevar a cabo cada opción del menú.

Código fuente de aplicación Android: Se presentará de forma digital el código fuente y el instalador más conocido como APK.

Plataforma hardware Pixhawk: Se entregará la plataforma el cual es necesario para la ejecución del aplicativo del control de vuelo en el equipo dron.

Matriz de validación y aprobación del producto

En el proceso de realización de pruebas por el juicio experto, mostraron la aceptación en cuanto al proyecto para el control de vuelo, cumpliendo con los requerimientos del cliente ver anexo 4

Juicio Experto: Se realizó preguntas referentes al aplicativo móvil, que fueron dirigidas al Ing. Pedro Manuel García Arias, experto en drones , también al Ing. Reinaldo Zeli y al Ing. Gustavo Casquette que tienen conocimientos en el área de producción y calidad de alimentos, en las cuales contestaron acorde a su nivel de conocimiento, que se pueden verificar en el Anexo 4.

También se muestra en la tabla 44 de la matriz de los resultados obtenidos:

Tabla 44. Matriz de validación y aprobación del producto

Escenario de Prueba	Resultados Esperados	Resultados Obtenidos	Comentarios
Verificación del diseño en aplicativo es amigable para el usuario	El usuario puede abrir el aplicativo sin ningún problema	Correcto	Para ver el diseño debe de instalar y abrir el aplicativo
Cumple con las	El usuario puede	Correcto	Para realizar las

expectativas para el usuario	verificar las funcionalidades del aplicativo		funciones debe estar instalado el aplicativo y tener conexión wifi o datos
El código de programación está el alcance para los desarrolladores	El programador tendrá la posibilidad de descargar en el repositorio el código	Correcto	Para obtener el código también debe de conocer la pagina
El aplicativo se puede conectar cualquier red de enlace	El usuario tendrá la posibilidad conectarse a cualquier red	Correcto	Para conectarse debe verificar que las señales de internet no sean privadas
El aplicativo móvil puede controlar y revisar parámetro en la simulación de vuelo	El usuario tendrá la posibilidad editar los controles de vuelo	Correcto	Para configurar debe de para la misión y ahí si puede editar las rutas de vuelo
Los simuladores de vuelo se pueden instalar en el sistema operativo Windows y Linux	El usuario tendrá que instalar e inicializar los simuladores en la máquina virtual Linux	Correcto	Para instalar los simuladores debe de crear la máquina virtual Linux
El aplicativo móvil puede trazar varios	El usuario ingresa las misiones y los	Correcto	Para iniciar debe de abrir el aplicativo
Puntos de georreferencias	ejecuta		
El aplicativo móvil es <i>open source</i>	El usuario descarga la aplicación sin necesidad de pagar licencia	Correcto	Para descargar el aplicativo debe tener la versión de Android 4.0
Los simuladores de vuelo de <i>MavProxy</i> y <i>Sitl</i> es de <i>open source</i>	El usuario puede Descargar simuladores Los sin pagar licencia	Correcto	Para descargar los simuladores debe de conocer la página oficial



Criterios de aceptación del producto o Servicio

El proyecto desarrollado de titulación es implementado en un emulador que se asemeja a un dron conectado en un aplicativo móvil Android, el aplicativo se modificó acorde a los requerimientos del cliente.

El proyecto en sí es de recolectar información sobre las rutas de vuelo, en tiempo real, de la cual serán parametrizadas por el mismo agricultor.

La verificación de que el proyecto cumple con los requerimientos planteados, es realizada por el juicio experto y personas que tengan conocimientos de agricultura.

Adicional, para asegurar el cumplimiento de la calidad de la herramienta del aplicativo se toman en consideración varios aspectos importantes que se describen a continuación

Tabla 45. Criterios de aceptación del software

REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN DE SERVICIO
FUNCIONALIDAD	Verifica si el aplicativo, cumple con los requerimientos específicos para los usuarios
EFICIENCIA	Permite reducir los tiempos y optimiza recursos en el momento de realizar una actividad o procesos
USABILIDAD	El aplicativo es fiable y el interfaz es amigable para el usuario
PORTABILIDAD	Permite determinar si el aplicativo se puede instalar en cualquier dispositivo móvil con sistema Android versión 4.0.0

Tabla 46. Criterio de funcionalidad

REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN DE SERVICIO
ADECUACIÓN	El aplicativo cumple con los requerimientos por el cliente



Tabla 47. Requisitos del criterio de eficiencia

REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN DE SERVICIO
RECURSO	El aplicativo es de código abierto
TIEMPO	El aplicativo realiza misiones de vuelo en tiempo real conectado a Wifi o datos

Tabla 48. Requisitos del criterio de usabilidad

REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN DE SERVICIO
OPERATIVA	El aplicativo cumple con las funciones solicitadas por el cliente.
APRENDIZAJE	El aplicativo cuenta con una interfaz amigable, para el cliente

Tabla 49. Requisitos del criterio de portabilidad

REQUERIMIENTOS	DESCRIPCIÓN DE SERVICIO
FACIL DE ACCESO	Se puede instalar en algunos dispositivos móvil con sistema Android en una versión de 4.0.0

Se mostrará el cuadro n° 40 la satisfacción del aplicativo por el juicio experto.

Tabla 50. Criterios de nivel de aceptación

ALCANCES	NIVEL DE SATISFACCION
El usuario puede ingresar puntos de vuelo	100%
El usuario puede configurar las rutas de vuelo	100%
El usuario puede cambiar las velocidades de los puntos de vuelo	100%



El usuario puede posesionarse en la plataforma en el campo que se encuentra en el Google Map	100%
El usuario puede hacer chequeo de lista antes de empezar el despegue	100%
El usuario puede realizar distintas misiones de vuelo	100%

En la tabla 50 se indica un nivel de satisfacción con el 100 %, en cada uno de los criterios muestran buenos resultados, pero hay excepciones como en el de un dispositivo móvil con sistema IOS que no puede ser instalado en el aplicativo *Course Drone* y tampoco con el sistema operativo Mac para instalar la simulación, de igual manera puede haber casos que el móvil sea Android, pero no cumpla con los requisitos del hardware.

2.13 Conclusiones

Con el estudio y análisis de los controles de vuelos autónomos, se concluye:

La selección adecuada de los componentes y del equipo Aéreo, Pixhawk como tarjeta controladora que nos proporciona el estándar para diseños de hardware de piloto automático de alta calidad y bajo costo brindándonos un sin número de usos y soporte.

La selección adecuada de los componentes y del equipo aéreo es de suma importancia para el desarrollo del proyecto.

Se comprobó que se obtuvieron trayectorias estables mediante las simulaciones de vuelo en trayectorias rectas.

Los resultados obtenidos para verificar su funcionalidad y cumplimiento del aplicativo control de vuelo fueron los esperados, obteniendo una correcta descripción de las rutas de vuelo.

Las misiones de vuelos del equipo mediante la simulación en SITL fueron diseñadas para soportar las exigencias de vuelo.

Implementar la aplicación de control de vuelo en un móvil Android se destaca por el uso de software libre para el diseño de la misma.

El uso de la aplicación móvil para el control de vuelo beneficiara a los agricultores en el monitoreo de áreas de cultivos basándonos en las pruebas realizadas y en las de aceptación del proyecto.

Capítulo 3. Análisis de imágenes multiespectrales para índices de vegetación en aplicaciones de agricultura de precisión a partir de imágenes UAV en plantaciones de Pitahaya

La presente investigación como objetivo analizar imágenes multiespectrales e índices de vegetación de plantaciones mediante un UAV, integrando como herramienta un software libre. Las imágenes multiespectrales son fotografías tomadas por una cámara multiespectral montada en un UAV (dron), las cuales son analizadas mediante una aplicación para determinar los índices de vegetación que permitirá indicar si los cultivos se encuentran dentro de los parámetros óptimos, entre los cuales se tienen: niveles hídricos, temperatura, uso correcto de fertilizantes, entre otros, los cuales ayudará a bajar costos y mejorar la productividad.

La metodología de investigación en la que se basó este proyecto es descriptiva, la cual busca medir información recolectada para que sea identificada e interpretada y así determinar un fenómeno estudiado y como metodología de desarrollo se utilizó SCRUM la cual facilita el trabajo en equipo ayudando a prevenir riesgos durante la ejecución del proyecto.

Para validación de la propuesta se detalla el procedimiento de obtención de imágenes multiespectrales y análisis por medio de software de código libre previamente analizado y estudiado que permite definir, visualizar y realizar diferentes tipos de cálculo para obtener los índices de vegetación propuestos como NDVI, SAVI, CIG y NDWI, realizando ecuaciones con las bandas multiespectrales Green, Red, Red Edge y NIR que contienen las fotografías adquiridas desde una cámara multiespectral, ayudando con este análisis a validar e interpretar el tratamiento que tiene nuestro cultivo, como detalle de vegetación, análisis de suelo, clorofila de la hoja y humedad en el terreno.

Se realizaron análisis de trabajos relacionados y se determinó la importancia de la agricultura de precisión. Se compararon herramientas de software libre y de pago para realizar el análisis de vegetación, mostrando los beneficios y características que cada uno posee. Se seleccionó QGIS como mejor herramienta de código libre, el cual permite interpretar imágenes multiespectrales y lograr determinar índices de vegetación.

3.1 Introducción

Con los avances tecnológicos como cámaras multiespectrales montadas en vehículos aéreos no tripulados se pueden calcular diferentes índices de vegetación, los drones son artefactos creados por el ser humano del que se cree, podrían aplicarse a la agricultura para colaborar en su tarea de análisis y mejora en producción, de esta manera se realiza el ahorro de tiempo de los agricultores debido que existe una forma autónoma de observar los cultivos y se generan fotografías para validar e interpretar cuales son las necesidades de los cultivos.

Una nueva forma de combinar tecnología con naturaleza para generar mayor productividad en materia alimenticia, principalmente es el ahorro de costos, dando a conocer herramientas que ayuden al agricultor a dar un mejor cuidado y una solución inmediata a un posible problema que se esté generando en su cultivo, como ejemplo se podría mencionar que, en los países desarrollados está cada vez más extendido el uso de soluciones tecnológicas para lograr una agricultura sostenible que lleve a la máxima eficiencia en el uso de este recurso, adicionando que la empresa tenga menos gastos, un mejor análisis de cultivos y más ingresos debido que los cuidados se realizarían con los vehículos aéreos no tripulados los cuales pueden ser aplicados por una persona no experta en el tema.

Para la agricultura el suelo es una estructura viva que está en equilibrio con los elementos que la acondicionan, se forman gracias a una serie de cambios físicos y químicos de la masa rocosa que está en contacto con el aire y sufre la acción de los fenómenos meteorológicos a lo largo del tiempo; pero el suelo también se forma y se modifica por la acción de los seres vivos que habitan en él, en un suelo vivo vive una enorme población de seres de diferente tamaños, así, en un gramo de suelo puede haber diez mil millones de bacterias microscópicas que descomponen los restos de animales y plantas muertas el cual fijan en el suelo sustancias que pueden ser vitales o no en las plantaciones.

Por estas razones, se toma la idea de implementar el uso de drones que permitan llevar un control sobre el análisis de agricultura de precisión a partir de imágenes multiespectrales, las mismas que serán interpretadas mediante dos softwares libres, uno que permitirá realizar el control de vuelo de forma autónoma para la obtención de datos y otro que permitirá analizar y evaluar las imágenes capturadas por el dron.

El objetivo de la investigación es por tanto, Integrar herramientas de software que permita interpretar las imágenes multiespectrales e índices de vegetación obtenidas desde el UAV mediante el uso de software libre.

En este proyecto se busca que el agricultor conozca y se interese más por el uso de un sistema que permita analizar la salud de los cultivos, de manera que se permita optimizar los procesos en el campo y de esta manera mejorar la calidad del producto y vida de los agricultores. El principal beneficio de este sistema hacia los agricultores se da en el proceso de monitoreo, gracias a la utilización de un control de vuelo autónomo y el análisis de la información recolectada se podrá detectar los índices de vegetación que permitirá conocer la situación de diferentes elementos vegetales de los cultivos y de esta manera poder prevenir plagas, enfermedades, mal uso de productos químicos, riegos, sequíos, entre otras anomalías.

La ventaja de implementar estas herramientas se basa en que son de acceso gratuito y de código libre siendo accesible para cualquier agricultor que desee integrarse en el mundo de la agricultura moderna, permitiendo además la participación de las personas encargadas en el proceso de cultivo de Pitahaya teniendo una visión clara y dinámica de lo que se está trabajando en cada momento y así garantizar el éxito del producto.

La aplicación de estas tecnologías conlleva a generar soluciones innovadoras caracterizándose por incorporar ciencia y tecnología para ser más eficiente, ahorrando recursos como tiempo y dinero, logrando una mayor calidad en la producción.

3.2 Antecedentes del estudio

El siguiente proyecto se planteó en base a investigaciones relacionadas con el análisis de imágenes multispectrales obtenidas desde un vehículo aéreo no tripulado para cultivos, aplicando agricultura de precisión el cual permite ahorrar recursos y mejorar la producción.

La siguiente información fue detallada por la Universidad Sam Ratulangi en Indonesia, señala que un vehículo aéreo no tripulado es un término utilizado para representar objetos voladores con su propia fuente de alimentación que se puede controlar de forma remota mediante un control remoto desde el exterior de la aeronave o se puede mover automáticamente en función de los programas ya integrados en el sistema informático.

En modo manual el usuario controla manualmente el movimiento de la aeronave a través del controlador de radio mientras que en el modo de piloto automático del avión controlado por el microcontrolador ardupilot que procesa el sensor de datos IMU (Unidad de Medición Inercial) en el que hay giroscopio y acelerómetro, GPS y barométrico altímetro para que pueda volar automáticamente con el correspondiente punto de ruta GPS introducido. En este proyecto se diseña un UAV con tipo de ala fija.



El diseño de este sistema de control UAV utiliza el control ardupilot con aplicación *Mission Planner*, con el objetivo de controlar y diseñar la trayectoria de vuelo en el avión para que la aeronave pueda volar en modo piloto automático y que se puede activar manualmente desde el mando a distancia. (Saroinson et al., 2018)

En la actualidad existen aplicaciones que permiten el análisis de las imágenes multiespectrales obtenidas desde el UAV, estas aplicaciones permiten analizar los índices de vegetación de los cultivos:

En el 2018 se muestran las experiencias del Grupo de Automatización, Robótica y Percepción de la Universidad Central “Marta Abreu” sobre la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) en la utilización de un vehículo aéreo no tripulado en la fotogrametría multiespectral, específicamente en el mapeo de sembrados experimentales de caña de azúcar. Se realizaron pruebas experimentales con dos softwares de procesamiento de imágenes disponibles en el mercado, Agisoft Photoscan y Pix4D, generándose los ortomosaicos 3D y mapas de índices NDVI (Índice Normalizado Diferencial de Vegetación).

Se evalúan ambos programas en cuanto a facilidad de uso, tiempo de procesamiento y calidad visual del producto y se definen las condiciones de vuelo del VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) para un adecuado procesamiento de las imágenes recolectadas con la cámara multiespectral Parrot Sequoia. Los resultados indicaron a Pix4D como el programa más eficiente para realizar los cálculos de índices vegetativos, debido que este incorpora correcciones específicas a los ortomosaicos. Se analizaron los resultados alcanzados con agrónomos expertos de la ETICA, realizando comparaciones entre los distintos grupos de imágenes procesadas y la correlación entre los mapas de índices con la variedad de caña sembrada, su edad, los niveles de vigor vegetal y otras variables agrícolas. Los resultados obtenidos demuestran que la respuesta espectral

permite discriminar los campos en dependencia de la edad y densidad poblacional por parcelas, pero los mapas NDVI no posibilitan determinar las diferentes variedades sembradas en una misma fecha. (Kharuf Samy, Hernández Luis, et al., 2018)

Otra forma de realizar análisis de imágenes multiespectrales es mediante software de acceso libre el cual permite también permite interpretar los análisis obtenidos.

En Cuba la agricultura tiene la necesidad creciente de aumentar su productividad, para lograrlo, la agricultura de precisión puede desempeñar un papel fundamental por tal motivo es necesario desarrollar un sistema de procesamiento de imágenes capaces de procesar toda la información de los cultivos y calcular índices vegetativos de forma satisfactoria, para así medir con precisión el déficit de nitrógeno, el estrés

hídrico y el vigor vegetal, entre otros aspectos, para que la atención de estos aspectos sea también precisa. Este pequeño artículo redactado por la Universidad Central “Marta Abreu” de Cuba reporta los resultados de una investigación dirigida al desarrollo de un procedimiento para la toma y procesamiento de imágenes multiespectrales obtenidas desde vehículos aéreos no tripulados, para obtener índices vegetativos de sembrados que pueden ser correlacionados con el nivel de vigor vegetal, el número de tallos o la masa foliar por parcela.

Se hizo un análisis mediante un sensor multiespectral marca Sequoia y el software de procesamiento QGIS permitiendo manejar formatos ráster vectoriales a través de sus bibliotecas y con bases de datos. El procedimiento fue validado de forma experimental donde se analizan las siguientes secuencias: los datos multiespectrales, donde las bandas individuales son archivos ráster separados los cuales se unifican en una pila única de capas que tienen todas las bandas; la imagen apilada en capas se carga en el SAGA herramienta de índices radiométricos, donde se definen las bandas empleadas para calcular los índices; se selecciona el índice a utilizar, en este caso es NDVI; se realiza el cálculo del índice. (Kharuf Samy, Orozco Ruben, et al., 2018)

3.3 Imágenes multiespectrales para el análisis y la visualización de la calidad de los alimentos vegetales

En este artículo Su Wen Hao & Sun Da Wen (2018) presentan una revisión integral del uso del sensor multiespectral en la evaluación de la calidad de alimentos vegetales en general y como se llevan a cabo varias técnicas para la obtención de imágenes, basado en la evaluación de la calidad de varios productos alimenticios

La técnica de imagen multiespectral se considera una reforma de la imagen hiperespectral para evaluar de forma rápida la calidad de los alimentos donde también se integran características de la espectroscopia. Estos tipos de técnicas trata con imágenes de banda estrecha en un rango espectral discreto y pueden generar longitudes de onda del espectro visible.

Tabla 51. Comparación de las principales características de las técnicas de imagen

Características	Información Espacial	Información Espectral	Datos 3D	Distribución de atributos de calidad	Bandas espectrales discretas	Aplicación en tiempo real
Imágenes	☐					☐
Espectroscopia		☐				☐



Imágenes hiperespectrales	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Imágenes multiespectrales	<input type="checkbox"/>					

Nota: En esta tabla se realiza la comparación de las principales características de las técnicas de imagen utilizadas para la evaluación de calidad de alimentos vegetales como la espectroscopia, imagen hiperespectral e imagen multiespectral.

Durante los últimos seis años, los conceptos de calidad, autenticidad y seguridad de los alimentos vegetales han atraído la atención de investigar la viabilidad de la técnica de imágenes multiespectrales para evaluar los parámetros relacionados con la calidad del alimento vegetal. Para determinar la calidad de alimentos vegetales mediante la aplicación de imágenes multiespectrales se miden los parámetros de calidad, método óptimo de selección de variables, longitudes de onda adoptadas, número de bandas y modelo óptimo.

Las imágenes multiespectrales NIR también se han utilizado ampliamente para medir los atributos físicos de los alimentos vegetales. Mahesh y Sun (citado en Su Wen Hao & Sun Da Wen, 2018) seleccionaron sucesivamente 2 combinaciones de longitudes de onda de características basadas en el método de regresión para examinar la relación entre dos o más variables e identificar cuáles son las que tienen mayor impacto por ejemplo para la predicción de la dureza del alimento.

3.4 Simulador para planificación de rutas de UAV

Antes de realizar el proceso de análisis para imágenes multiespectrales es necesario comenzar por la obtención de las fotos, y esto se puede lograr mediante un UAV que realice esta acción de manera autónoma sobre los cultivos.

En la actualidad es posible utilizar simuladores para realizar pruebas óptimas y de esta manera planificar una ruta de vuelo del área donde se desea obtener imágenes con el dron. Los simuladores contribuyen de manera significativa que el aprendizaje de creación y seguimiento de rutas sea una fuente de aprendizaje para el operador de misiones debido que este tipo de interfaz es fácil de manejar y amigable con el usuario de tal manera que se puede observar volar al dron en tiempo real mientras se cubra la planificación de rutas. Una de las opciones más interesantes aplicadas en la actualidad y para el presente proyecto para este tipo de misiones es Mission Planner.

¿Qué es *Mission Planner*?

Mission Planner es una estación de control terrestre para Plane, Copter y Rover con todas las funciones para el proyecto de piloto automático de código abierto Ardupilot. Solo es compatible con Windows. *Mission Planner* se puede utilizar como una utilidad de configuración o como un complemento de control dinámico para vehículo autónomo. (Ardupilot, s. f.)

Este software de libre acceso permite crear rutas vuelo para manejo de dron virtual autónomo permitiendo conocer como seria en la vida real realizar su uso con un dron físico.

Figura 34. Interfaz del software *Mission Planner*



Nota: Modelo interno de la aplicación *Mission Planner* donde se observa una ruta de vuelo generada mediante su estación de control dinámico, para vuelo de un dron virtual. Tomado de: <https://ardupilot.org/planner/>

Características de *Mission Planner*

(Ardupilot, s. f.) muestra las características más relevantes de *Mission Planner*.

- Cargar el firmware en la placa del piloto automático, es decir, la serie *Pixhawk* que controla su vehículo.
- Instalar, configurar y ajustar su vehículo para un rendimiento óptimo.
- Planificar, guardar y cargar misiones autónomas en su piloto automático con una simple entrada de puntos de referencia con un solo clic en Google u otros mapas.
- Descargar y analizar los registros de misiones creados por tu piloto automático.



- Interfaz con un simulador de vuelo de PC para crear un simulador UAV completo de hardware en el circuito.
- Con el hardware de telemetría adecuado, puede:
- Supervisar el estado de su vehículo mientras está en funcionamiento.
- Registrar los registros de telemetría que contienen mucha más información que los registros del piloto automático a bordo.
- Ver y analizar los registros de telemetría.
- Opere su vehículo en FPV (vista en primera persona)

3.5 Sensores remotos multiespectrales

El tipo de imagen depende del sensor de la cámara con que se obtengan las fotografías para realizar el análisis de imágenes especialmente multiespectrales comúnmente utilizados para la agricultura de precisión, a continuación, se presentan las características principales que ayudan y facilitan el trabajo de investigadores, agricultores, ingenieros agrícolas y demás profesionales:

- Recopilación de imágenes agrícolas que cubren las bandas azules, verdes, rojas, borde rojo e infrarrojo cercano.
- Cambio entre un análisis preliminar del NDVI y la alimentación RGB en tiempo real para visualizar de inmediato dónde se necesita atención, de modo que se puedan tomar decisiones de tratamiento específicas rápidamente.
- Capacidad para detectar niveles de radiación en un espacio determinado, como presencia de agua o suelo seco.
- Percibir de presencia de distintos espectros de luz, el cual determina las características físicas de la capa vegetal en el cultivo.
- Este tipo de cámaras cuentan con conexión USB lo que facilita su conectividad a usuarios con poca experiencia. o varias conexiones adicionales que permiten integrar el sensor con sistemas de posicionamiento RTK, control de disparo y sistemas de almacenamiento externo vía Ethernet.

3.6 Tipos de índice de vegetación

Los índices de vegetación permiten estimar la salud de los cultivos los cuales son obtenidos mediante cálculos de operaciones algebraicas entre distintas bandas espectrales registradas por satélites de Teledetección.

A continuación, se presentarán los distintos índices de vegetación utilizados para el análisis de imágenes multiespectrales:

Índice de vegetación de diferencia normalizada

El NDVI es un indicador numérico que utiliza las bandas espectrales roja e infrarroja cercana. El NDVI está altamente asociado con el contenido de vegetación. Los valores altos de NDVI corresponden a áreas que reflejan más en el espectro del infrarrojo cercano. Una mayor reflectancia en el infrarrojo cercano corresponde a una vegetación más densa y saludable. El NDVI se puede utilizar en numerosas aplicaciones de teledetección, como la determinación de la fenología del cultivo, la identificación del tipo de cultivo, la salud de los cultivos, el monitoreo forestal, etc. (Geo University [G|U], s. f.)

Índice diferencial de agua normalizado

El NDWI es un indicador numérico, derivado de imágenes de satélite ópticas, que utiliza las bandas espectrales del infrarrojo cercano y del infrarrojo de onda corta. La última banda espectral está altamente asociada con cambios en el contenido de agua de la vegetación y la estructura del mesófilo esponjoso en las copas de la vegetación.

La respuesta de la banda espectral del infrarrojo cercano se correlaciona con la estructura interna de la hoja y el contenido de materia seca de la hoja, excluyendo el contenido de agua. NDWI es útil en muchas aplicaciones de teledetección. El monitoreo de la salud de los cultivos, el mapeo de abordaje terrestre y acuático, la discriminación de aguas continentales de masas de agua de mar abierto, son solo algunas de las aplicaciones en las que se utiliza NDWI.

Índice de vegetación de suelo ajustado

Con SAVI se pueden usar las mismas bandas que NDVI, siendo un índice de vegetación con ajuste que también representa el vigor y la estructura de la capa superior de la hoja, pero además incorpora un ajuste arbitrario para la cobertura incompleta del terreno. Rodríguez y Bullock (2013)

Índice de clorofila verde

El CIG, permite identificar el contenido de clorofila de la vegetación, con este tipo de índice se puede advertir la presencia de seres vivos o algún tipo de enfermedad.

Uso de fórmulas de aplicadas a índices de vegetación

La siguiente tabla se muestran las fórmulas fijas de los índices de vegetación utilizadas en este proyecto y la aplicación de combinación de bandas para su resultado.

Tabla 52. Aplicación de combinación de bandas

Tipo de índice	Combinación de bandas
NVDI: Índice de vegetación de diferencia normalizado	$(\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$
SAVI: Índice de vegetación de suelo ajustado	$((\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED} + \text{L})) * (1 + \text{L})$
CIG: Índice de clorofila verde	$(\text{NIR} / \text{GREEN}) - 1$
NDWI: Índice Diferencial de Agua Normalizado	$(\text{GREEN} - \text{NIR}) / (\text{GREEN} + \text{NIR})$

Nota: En esta tabla se realiza una muestra de la combinación de banda para obtener como resultado un índice de vegetación específico.

3.7 Comparación de softwares para análisis de imágenes multiespectrales

A continuación, se describen las características más importantes de algunos softwares libres y con costo dedicados a la fotogrametría:

Tabla 53. Comparativa de softwares libres y pagados dedicados a la fotogrametría orientadas a la teledetección

Software	Plataforma / S. O	Licencia	Características de análisis
C1. ArcGIS	Windows	Libre de pago, para uso de todas sus herramientas	E1.1 Crear y diseñar mapas y escenas 3D. E1.2 Análisis de datos y resultados con un conjunto de herramientas analíticas y examine su trabajo en 2D y 3D. E1.3 Administrar datos geográficos. E1.4 Consulta de imágenes desde de un sistema de administración inteligente.
C2. Dron Deploy	Online	De pago	E2.1 Procesamiento de datos multiespectrales. E2.2 Obtener información sobre el terreno



			con Live Map. E2.3 Acceder a datos desde cualquier lugar.
C3. Dron Mapper	Windows Linux	De pago	E3.1 Software de fotogrametría y servicios geoespaciales. E3.2 Ortomosaicos georreferenciado, DEM, DTM, NDVI y generación de nubes de puntos. Soluciones empresariales y agrícolas de precisión E3.3 Mapeo de drones , procesamiento en la nube, operaciones de vuelo, topografía terrestre y servicios GIS
C4. GRASS GIS	Windows Linux MacOS	Libre	E4.1 Procesamiento de imágenes como: datos aéreos, UAV y satelitales (Landsat, Sentinel, etc.). E4.2 Análisis de ráster para mapas, interpolaciones y paisaje. E4.3 Análisis de ráster 3D, interpolación 3D y visualización 3D. E4.4 Interfaces de base de datos para PostgreSQL, SQLite, etc. E4.5 Análisis de nubes de puntos E4.6 Soporte para análisis y gestión de series de tiempo ráster y vectoriales, grandes datos ambientales temporales.
Software	Plataforma / S.O	Licencia	Características de análisis
C5. gvSIG	WindowsLinux Online	Libre	E5.1 Carga de datos. E5.2 Navegación por mapa. E5.3 Medición de distancia. E5.4 Cartografía temática y edición de leyenda. E5.5 Herramientas de CAD avanzadas integradas. E5.6 Herramientas avanzadas de ráster integrada.



C6. <i>InterImage</i>	WindowsLinux	Libre	<p>E6.1 Interpretación automática de imágenes de teledetección escrito en C++ y Qt. para procesamiento de imágenes externas que pueden codificarse en cualquier lenguaje de programación o programas comerciales.</p> <p>E6.2 Creación de red semántica para representación de conceptos, clases de objetos de imagen.</p> <p>E6.3 Teledetección que integra imágenes, vectores y datos temáticos.</p>
C7. <i>Opendron map</i>	Online Instalación de Subsistema de Linux para Windows (WSL) Portátil	Libre	<p>E7.1 Herramientas para procesar imágenes aéreas.</p> <p>E7.2 Análisis de imágenes ortomosaicas de ensayos de campo agrícolas y propios.</p> <p>E7.3 Procesamiento de imágenes aéreas en la nube. E7.4 Generación mapas georreferenciados.</p> <p>E7.5 Modelos de elevación y 3D texturizados a partir de imágenes aéreas.</p>
C8. <i>Opticks</i>	WindowsLinux	Libre	<p>E8.1 Análisis de imágenes y detección remota expandible. E8.2 Análisis espectral de datos espaciales.</p> <p>E8.3 Visualización de imágenes en mapa de colores, histograma, transparencia, etc.</p>

Software	Plataforma / S. O	Licencia	Características de análisis
C.9 PIX4D	Windows Linux MacOS	De pago	<p>E9.1 Cree y procese instantáneamente sus mapas estando en el cultivo.</p> <p>E9.2 Exploración de mapas de índice de vegetación para identificar con exactitud las áreas que deben atenderse.</p> <p>E9.3 Generación de mapas en tiempo real para trazar las huellas de los daños en el</p>



			<p>cultivo.</p> <p>E9.4 Comparación de los mapas de índices de vegetación realizados desde un inicio hasta la actualidad para garantizar la sostenibilidad de las técnicas realizadas.</p>
			E10.1 Cálculo de estadísticas e histogramas.
			E10.2 Procesamiento de imágenes satelitales y detección de cambios.
C.10 QGIS	Windows Linux MacOs	Libre	<p>E10.3 Segmentación, corrección y clasificación de imágenes satelitales.</p> <p>E10.4 Cálculo de diferentes índices de vegetación y monitorización de incendios.</p>
	Unix Android (En fase experimental)		<p>E10.5 Aplicación de fórmulas para cálculo de imágenes de cultivos y determinación con exactitud de áreas que deben atenderse.</p> <p>E10.6 Cambios en los usos del suelo de la cobertura terrestre.</p>
			E10.7 Simulación de cambios en la cobertura terrestre.
			E10.8 Acceso a 120 plugins disponibles, por ejemplo, Python.
C.11 SAGA GIS	Windows Linux Portátil		<p>E11.1 Procesamiento y análisis de geodatos. E11.2 Edición de datos espaciales.</p> <p>E11.3 Análisis de índice de vegetación mejorado. E11.4 Importación de imágenes Landsat.</p> <p>E11.5 Reflectancia de la parte superior de la atmósfera.</p> <p>E11.6 Índice de calidad de imagen universal, basado en la distancia y en</p>



			pendientes.
--	--	--	-------------

Software	Plataforma / S. O	Licencia	Características de análisis
C.12 Whitebox Gat	Windows Linux MacOs	Libre	E12.1 Creación de ráster. E12.2 Contiene herramientas para detectar cambios, filtros. E12.3 Clasificación, mejora y transformación de imágenes. E12.4 Herramientas para Fotogrametría. E12.5 Índices de vegetación NDVI y OSAV

Nota: En esta tabla se realiza la comparación softwares libres y de pago dedicadas a la fotogrametría orientadas a la teledetección, según sus características aplicadas al análisis de suelos y vegetación.

QGIS

Como herramienta de código libre completa basado en el alcance del presente proyecto y en las características que se necesitan para evaluar y analizar imágenes multispectrales, se eligió la herramienta QGIS en una de sus últimas versiones 3.12 aplicado en sistema operativo Windows. QGIS es un Sistema de Información Geográfica de Código Abierto licenciado bajo GNU.

QGIS es un proyecto oficial de OSGeo. Corre sobre Linux, Unix, Mac OSX, Windows y Android y soporta numerosos formatos y funcionalidades de datos vector, datos ráster y bases de datos. (QGIS, s. f.)

QGIS es una herramienta que permite analizar imágenes satelitales e imágenes captadas por drones con fin de obtener datos específicos propuestos por el cliente, entre las principales características que tiene este software se encuentran:

- Interfaz que permite acceder a una enorme diversidad de fuente de datos.



- Crear archivos vectoriales, recortar y fusionar capas ráster
- Uso de calculadora ráster y calculadora de vectores.
- Caja de herramientas para ejecución de algoritmos.
- Permite conexión a diversos motores de base de datos y servicios web.
- Conexión, despliegue y visualización de datos geográficos.
- Contiene una biblioteca de *plugins*.
- Permite generar una imagen multiespectral desde una imagen real.
- Creación de diseño de mapas, ejecución de algoritmos externos, entre otras características.

Las imágenes multiespectrales analizadas en este proyecto son tomadas de la página oficial de PIX4D, estas imágenes incluyen características ráster el cual permite identificar mediante las

herramientas de QGIS los diferentes índices de vegetación, aplicando fórmulas para obtener información relevante sobre la salud de los cultivos.

Los tipos de resultados que se pueden obtener con QGIS serán especificadas y detalladas en el manual de usuario para el análisis de imágenes multiespectrales, pero se realiza una pequeña descripción de sus funciones:

1. Con el uso de la calculadora ráster se pueden interpretar los datos obtenidos mediante fórmulas determinadas de índices de vegetación e identificar la salud los cultivos.
2. Recolectar, organizar y almacenar información sobre parámetros ambientales de forma eficiente y eficaz ahorrando tiempos y costos.
3. Histogramas que permiten visualizar a detalle los registros que presentan las parcelas.
4. Con los resultados se puede predecir con exactitud los siguientes puntos:
 - Fertilidad del suelo.
 - Detección de estrés nutricional.
 - Desarrollo vegetal e identificación de malezas o plagas.
 - Productividad de cosecha y aplicación de insumos.
 - Sanidad agrícola.
 - Comparación de todos los análisis realizados en los cultivos para identificar los cambios generados en los cultivos.



Definiciones conceptuales

UAV: Se define también como vehículo aéreo no tripulado, manejado remotamente.

NDVI: El índice de vegetación de diferencia normalizada, es un indicador utilizado para evaluar solo la cobertura de la vegetativa de un cultivo.

GPS: “El Sistema de posicionamiento global es una utilidad de propiedad estadounidense que proporciona a los usuarios servicios de posicionamiento, navegación y cronometraje. Este sistema consta de tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento de usuario”. *The Global Positioning System [GPS]* (s. f.)

GIS: “Un sistema de información geográfica, es un sistema informático que analiza y muestra información referenciada geográficamente. Utiliza datos adjuntos a una ubicación única.” Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS] (s. f.)

Cámara multiespectral: Es un dispositivo que permite tomar fotografías usando diferentes frecuencias de ondas capturando tomas que no son percibidas por el ojo humano.

Espectro electromagnético: Está compuesto por todas las frecuencias de radiación electromagnética que propagan energía y viajan por el espacio en forma de ondas. Las longitudes de onda largas con frecuencias bajas componen el espectro de radio, mientras que las longitudes de onda cortas con frecuencias altas componen el espectro óptico. (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2018)

Teledetección: Es el proceso de detectar y monitorear las características físicas de un área midiendo su radiación reflejada y emitida a distancia generalmente desde un satélite o una UAV mediante cámaras especiales que recolectan imágenes de detección remota, que ayudan a los investigadores mapear un área, dar seguimiento y predecir la salud de los cultivos. [USGS] (2018).

Como se ha indicado en las secciones anteriores, este proyecto tiene como objetivo la implementación de un software libre que permita el análisis de imágenes multiespectrales aplicadas a los cultivos de Pitahaya las cuales son tomadas por una cámara montada sobre un vehículo aéreo no tripulado que permitirá identificar, supervisar, detectar el estado y salud de los cultivos ahorrando tiempo, costos y reducción de riesgo humano.

Las propuestas indicadas se llevarán a cabo cumpliendo los objetivos planteados mediante herramientas de acceso libre, simulando el vuelo del dron con el software *Mission Planner*, expresando el uso de la aplicación de control de vuelo y realizando el



análisis de las imágenes multiespectrales mediante el programa QGIS emitiendo un diagnóstico sobre la salud de los cultivos debido que este análisis no es visible al ojo humano.

Análisis de factibilidad

El presente trabajo de titulación se enfoca en facilitar la vida del agricultor dando a conocer herramientas *open source* que permitan realizar un análisis de sus cultivos ahorrando costos, dinero y tiempo.

Factibilidad operacional

Hoy en día existen medios donde se puede obtener información sobre sistemas de control de vuelo y como analizar las imágenes obtenidas del UAV, pero por falta de conocimiento y recursos económicos estos sistemas no son aplicados, por tal motivo en la actualidad se siguen usando métodos tradicionales para la obtención de estos datos.

Al momento de levantar información se puede notar que existe la necesidad por parte de los agricultores de emplear una aplicación que permita analizar con precisión y rapidez el estado de los cultivos.

Los sistemas ayudarán de manera directa la funcionalidad de analizar los cultivos de Pitahaya, esta podrá emitir un diagnóstico sin el riesgo de errores humanos que pueden cometerse a simple vista.

Factibilidad técnica

En la tabla 8 se presentan los recursos a utilizar en el presente trabajo de titulación, para dar a conocer que se puede realizar una simulación de vuelo de un dron en caso de tenerlo físicamente y generar el análisis de cultivos mediante imágenes multiespectrales de una manera eficiente y rápida a través de herramientas *open source*. Por lo descrito anteriormente, se ha propuesto el uso de las siguientes herramientas:

Tabla 53. Recursos a utilizar

Recursos	Nombre	Versión
Sistema operativo	Windows	Windows 10 - 64 bits
Programa de simulación de dron	<i>Mission Planner</i>	1.3.7

Programa para análisis de imágenes multispectrales	QGIS	3.12
--	------	------

Nota: En esta tabla se registran las características del sistema operativo y herramientas a utilizar para la obtención de fotos multispectrales y realización de análisis de imágenes.

Factibilidad legal

El presente apartado detalla que el presente trabajo de titulación no va en contra de ningún reglamento o política de los componentes que se requieren implementar.

Para cada una de las herramientas que conforman este proyecto no se necesita recurrir a licencias de pago para lograr una solución al problema inicial que se presentó en este proyecto, debido que estas herramientas son de libre acceso y **open source** el cual permite hacer modificaciones en el caso que se requiera. El sistema utilizado para la obtención de fotos tiene como finalidad de trabajar en un ambiente controlado, en el cual la exploración será basada en áreas donde se permita recorrer zonas que han sido definidas por el usuario.

Obtener imágenes o video no es un delito, pero si esto llega a difundirse en un término de hacer daño, aplicaría un artículo 178 del Código Orgánico Integral Penal más conocida como COIP. Por lo tanto, el proyecto cuenta con los fundamentos legales aplicables que determinan la viabilidad del mismo. (Pozo Hugo, 2014)

Factibilidad económica

La implementación de las herramientas utilizadas como solución para la obtención de imágenes y análisis de estas son *open source* por lo que no implica costos. El ambiente de simulación *Mission Planner* utiliza el firmware Ardupilot el cual es *open source* está disponible con acceso gratuito desde su repositorio GitHub.

En las siguientes tablas se muestran los costos estimados de la inversión para la investigación e implementación del proyecto.

Tabla 54. Costos por recursos humanos en el proyecto

Cargo	Costo	Cantidad	Total
Investigador	\$800,00	1	\$800,00



Diseñador	\$500,00	1	\$500,00
		Total	\$1.300,00

Tabla 55. Costos de inversión en hardware en el proyecto

Equipo	Costo	Cantidad	Total
Computador	\$950,00	1	\$950,00
		Total	\$950,00

Para la simulación del dron y análisis de imágenes se utilizaron herramientas de acceso libre, al no utilizar licencias de pago no hay necesidad de realizar gastos en el mantenimiento del software.

Tabla 56. Costos de inversión en software en el proyecto

Descripción	Costo	Cantidad	Total
Mission Planner	\$00,00	1	\$00,00
QGIS	\$00,00	1	\$00,00
		Total	\$00,00

Tabla 57. Resumen de costos de inversión en el proyecto

Descripción	Versión
Recurso humano	\$1.300,00
Hardware	\$ 900,00
Software	\$ 00,00
Total	\$2.200,00



Como se menciona anteriormente, los costos de recursos humanos son asumidos por los estudiantes que realizan el trabajo de titulación y estos no son significativos para la institución. Adicionando, los costos de hardware y software son relevantes sin embargo la inversión herramientas para la simulación del dron y análisis de imágenes no tienen costo debido que estos son *open source* y de libre acceso.

3.7 Metodologías del proyecto

En este proyecto de titulación se han implementado dos tipos de metodologías, de investigación y ágil con el fin de cumplir el alcance planteado en este documento, debido que, para la recolección de datos es necesario ejecutar este tipo de técnicas que facilite información segura y al mismo tiempo ayude a simplificar el proceso de análisis permitiendo la toma de decisiones cumpliendo cada una de las etapas detalladas y analizadas en los siguientes apartados.

El presente tema de titulación está enfocado en una investigación tipo descriptiva, de tal modo que, se busca medir información recolectada para que sea identificada, representada e interpretada para determinar un fenómeno estudiado.

En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas. Estos estudios buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno. (Cazau Pablo, 2006, p. 27)

Entre las características que representa este estudio son:

- Revisión a detalle del problema que se va a analizar.
- La recolección de datos cualitativos y cuantitativos.
- Es de corto plazo y económica.
- Los datos obtenidos dependen de las hipótesis que formule el investigador.
- Permite describir situaciones o acontecimientos

Población y muestra

La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados. Es necesario aclarar que cuando se habla de población de estudio, el término no se refiere exclusivamente a seres humanos, sino que también puede corresponder a animales, muestras biológicas, expedientes, hospitales, objetos, familias, organizaciones, etc.; para estos últimos, podría ser más adecuado



utilizar un término análogo, como universo de estudio. (Arias Jesús et al., 2016, p. 202)

Para este proyecto la información fue obtenida tomando como población a los siguientes tipos de personas:

- Personas que no han usado un dron y están interesados en adquirirlo.
- Personas que, si han hecho uso de dron, pero no conocen de agricultura.
- Personas que si han hecho uso de un dron y si conocen la agricultura de precisión.
- Personas que implementan agricultura de precisión y hacen uso de programas para realizar análisis de imágenes multiespectrales.
- Personas que no implementan agricultura de precisión, pero tienen conocimientos de como analizar imágenes.

Una vez definida la población se procedió con la selección de los sujetos o individuos para extraer la información necesaria del cual se definió como tamaño de población 171 personas y así poder desarrollar la metodología de estudio permitiendo conocer que los resultados obtenidos sean confiables.

La muestra es una parte pequeña que representa la población y este depende de lo que se desea estudiar, adicionándolo con un método de investigación y uso de fórmulas para su resultado.

A partir de una población cuantificada se determina la muestra, cuando no es posible medir cada una de las entidades de la población; esta muestra, se considera, es representativa de la población. (Tamayo y Tamayo, 2004, p. 176)

Tabla 58. Descripción de variables estadísticas

Variable	Descripción
n	Tamaño de la muestra
m	Tamaño de la población
E	Error de estimación

Nota: En esta tabla se realiza la descripción de cada variable utilizada en la ecuación que representa el cálculo de la muestra de este proyecto.

Se consideran los siguientes valores para calcular el tamaño de nuestra muestra:

Tabla 59. Valorización de variables estadísticas



Variable	Descripción
n	Tamaño de la muestra
m	171
E	0.6

Nota: En esta tabla se realiza la valorización de cada variable para la ecuación finita que representa el cálculo de la muestra de este proyecto.

El resultado de la ecuación refleja que el tamaño de la muestra debe ser 106 personas encuestadas para obtener un nivel de confianza del 94% en las respuestas de la encuesta, dentro de este valor se encuentra las personas que no han hecho uso de un dron y las personas que si han hecho uso de un dron dentro del Ecuador.

Cálculo de fracción muestral:

$$f = \frac{n}{N}$$

Procesamiento y análisis

Cómo se indicó desde el inicio de este proyecto, el problema radica en qué muchas personas que se dedican al área agrícola o simplemente al cuidado de sus cultivos no conocen herramientas *open source* que faciliten el trabajo del agricultor sin tener que realizar gastos o costos elevados para este tipo de análisis. Se puede deducir también que existen personas que conocen que es un dron y cuál es su uso, pero no conocen en qué áreas implementar el uso del dron.

El presente trabajo da a conocer que existen softwares de libre acceso que permiten desde realizar la simulación de un vuelo de dron hasta realizar el análisis de una imagen multiespectral

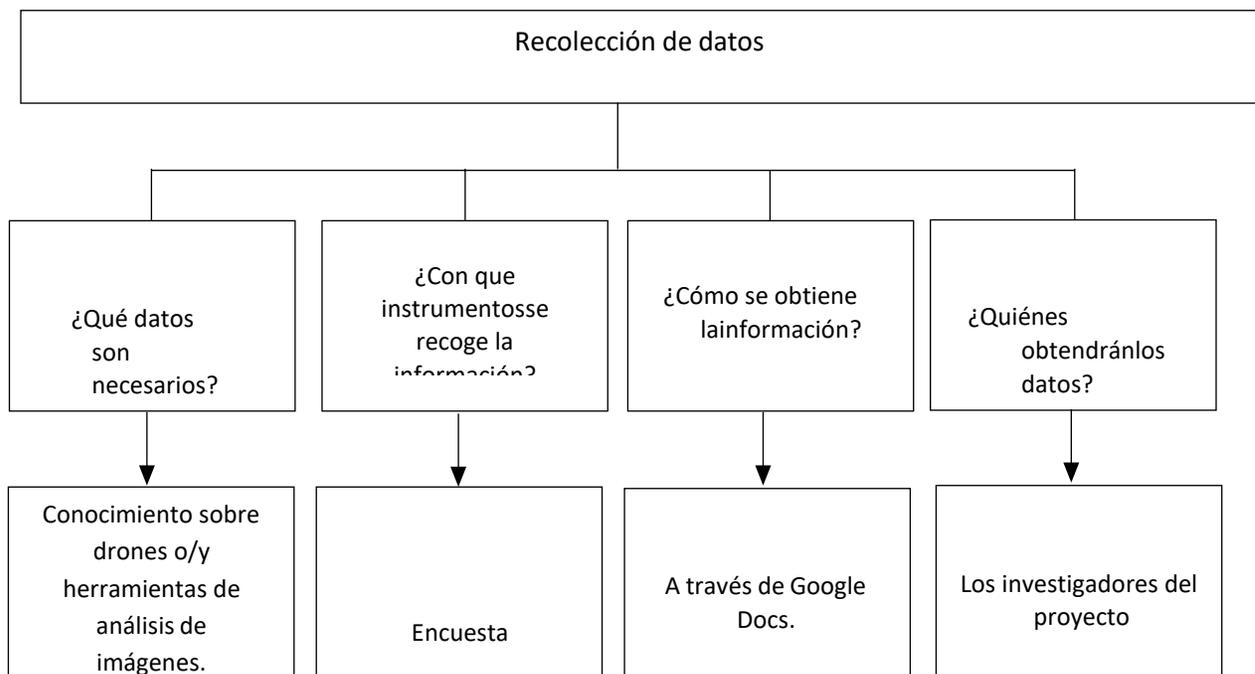
georreferenciada, utilizando todas las herramientas posibles de estos programas sin la necesidad de tener costos elevados que muchas de las veces es lo que se cree sobre la agricultura de precisión y es aquí cuando el cliente tiene la duda de implementar tecnología ya sea por los costos o por el vacío de conocimiento.

Técnicas de recolección de datos

La investigación no tiene significado sin las técnicas de recolección de datos. Estas técnicas conducen a la verificación del problema planteado. Cada tipo de investigación determinará las técnicas a utilizar y cada técnica establece sus herramientas, instrumentos o medios que serán empleados. (Bavaresco Aura, 2013, p. 95)

En este trabajo de titulación como técnica de recolección de información se implementó la encuesta, elaborada a partir de observaciones realizadas por los investigadores de este proyecto en función de las características del estudio ha realizado.

Figura 35. Recolección de datos



Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

Las técnicas estadísticas permiten presentar y dar a conocer los resultados obtenidos previo la obtención de recolección de datos y procesamiento de la información, teniendo presente los segmentos del presente proyecto de titulación como el problema, la metodología y la recolección de información.

Técnicas para el Procesamiento y Análisis de Datos. La encuesta es una técnica de investigación que permite obtener datos de forma rápida y eficaz.

Es una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características. (Casas Anguita et al., 2003, p. 528)

Como método de aplicación para la encuesta se realizó el uso de cuestionarios debido que este permite la recolección de datos con el objetivo de obtener información acerca de los conocimientos que tienen las personas acerca de drones especialmente en nuestro país Ecuador. Se puede definir que un cuestionario es un “documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de la encuesta” (Casas Anguita et al., 2003, p. 532).

El procedimiento que se lleva a cabo mediante técnicas estadísticas para la observación de los resultados obtenidos del cuestionario de la presente investigación es el siguiente:

Gráfico de barras: Son barras separadas a la misma distancia que permiten conocer el porcentaje final de cada opción detallada sobre la pregunta realizada.

Gráfico circular: También conocido como gráfico de pastel, permite observar resultados cualitativos mediante resultados porcentuales indiferentemente de cuantas respuestas se hayan realizado.

Preguntas abiertas: Permite al encuestado formular su propia respuesta, este dato es esencial debido que permite acceder a la idea personal de la persona encuesta.

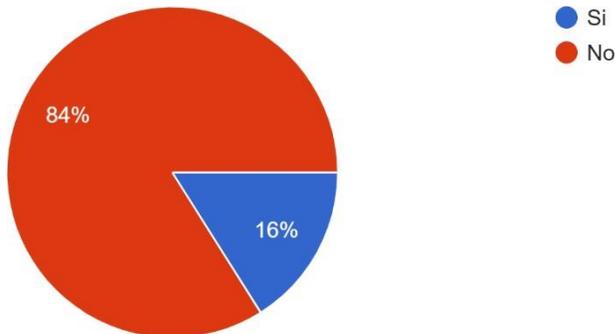
Preguntas cerradas: Permite seleccionar una o varias respuestas formuladas por el investigador sin opción a dar respuesta personal.

3.8 Resultados de la encuesta

Los datos obtenidos de la encuesta realizada a un grupo de la población que tiene conocimiento sobre drones, con un tamaño de muestra de 106 personas seleccionadas con certeza dieron a conocer sus respuestas mediante las siguientes preguntas referente al conocimiento y uso de drones:

Pregunta 1: ¿Ha utilizado usted un dron?

Figura 36. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 1 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 16,00% de personas que han hecho el uso de un dron y tiene conocimiento de su manejo, sin embargo, los resultados del 84,00% son de personas que no han hecho uso de un dron, pero tienen conocimiento de que es y cuales son algunos de sus usos y esto permite que la persona encuestada continúe con el flujo de la encuesta para conocer si está interesado en hacer uso de un dron a futuro.

Pregunta 2: ¿De qué manera adquirió el dron para su uso?

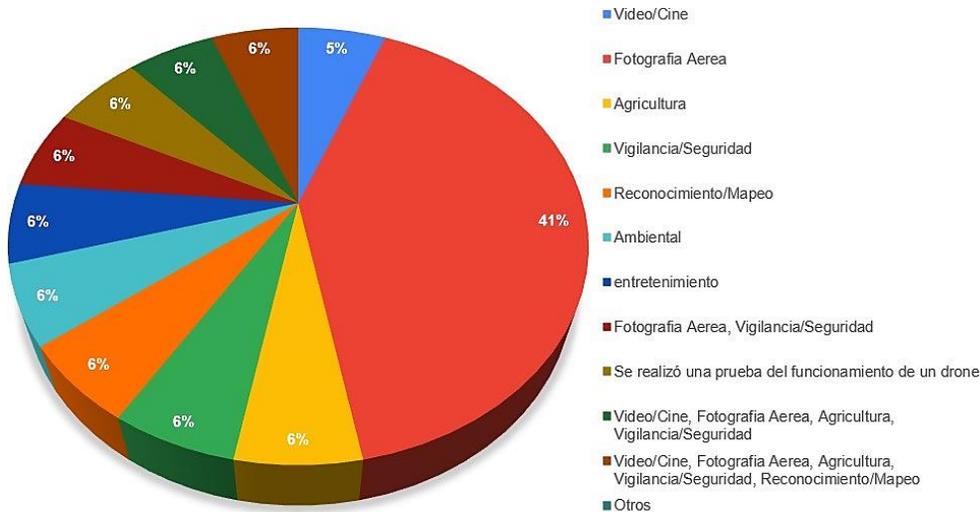
Figura 37. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 2 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 47,10% de personas indican que el dron del cual han hecho uso es propio, mientras que el resto del porcentaje establece que es alquilado o prestado, por lo que se puede deducir que existe una pequeña probabilidad de que el uso del dron estudiado en esta encuesta sea aplicado a la agricultura de precisión.

Pregunta 3: ¿Para qué fin usted ha usado un dron?

Figura 38. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 3 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 41,00% de personas indica que ha utilizado un dron para fotografía aérea, mientras que el 6,00% lo ha usado para la agricultura. Al decir que se ha realizado para uso fotográfico el flujo de preguntas de la encuesta permitirá indicar que tipo de fotografías fueron realizadas.

Pregunta 4: ¿Cuándo usted realizó la obtención de su dron a que características le dio valor?

Tabla 60. Resultados de la Pregunta 4: ¿Cuándo usted realizó la obtención de su dron a que características le dio valor?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Precio	6,36	06,00%
Asesoría en el manejo	6,36	06,00%
Fácil manejo	6,36	06,00%
Software de administración de información	6,36	06,00%
Mantenimiento	6,36	06,00%
Tamaño	6,36	06,00%
Duración de la batería	6,36	06,00%
Resistencia a los impactos	6,36	06,00%
Varias alternativas	42,2	40,00%
Otros	13	12,00%
TOTAL	106	100,00%

Los resultados de muestran que todas las características indicadas son de total importancia para la adquisición de un dron, sin interesar el número de porcentaje se puede establecer que entre las características las más importante es el precio.

Pregunta 5: ¿Si tuviera la oportunidad de utilizar un dron, para que fin lo haría?

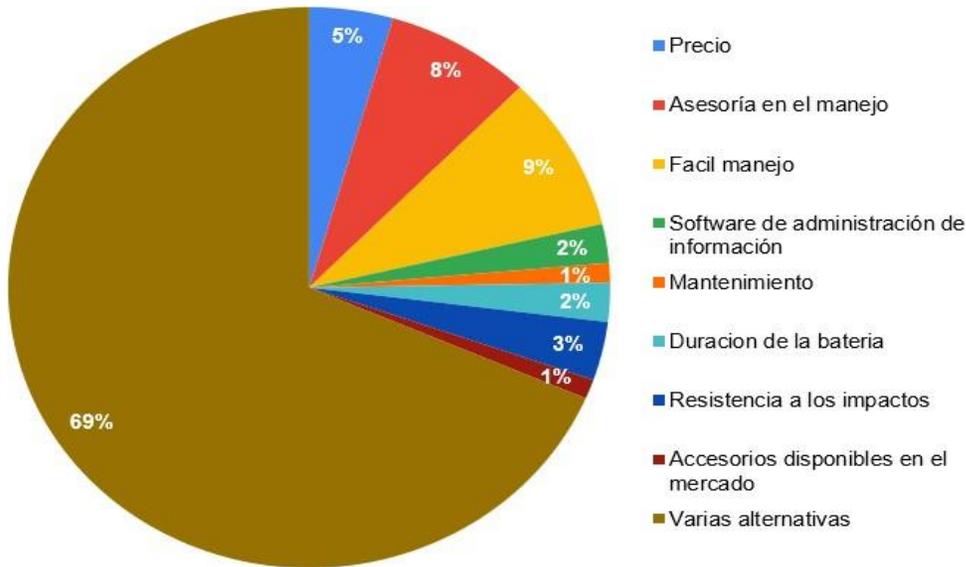
Tabla 61. Resultados de la Pregunta 5: ¿Si tuviera la oportunidad de utilizar un dron, para que fin lo haría?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Video/Cine		4	04,00%
Fotografía Aérea		29	27,00%
Periodismo		3	03,00%
Agricultura		3	03,00%
Vigilancia/Seguridad		12	11,00%
Reconocimiento/Mapeo		7	07,00%
Energía/Infraestructura		2	02,00%
Ambiental		1	01,00%
Otro: Topografía		1	01,00%
Varias alternativas		44	41,00%
TOTAL		106	100,00%

Los resultados muestran un 41,00% de personas que le gustaría usar el dron para diferentes áreas, mientras que el resto de porcentaje lo haría en un área en específico. Con esto se puede interpretar que dando una explicación del uso del dron en la agricultura habría personas interesadas para esta área.

Pregunta 6: De las siguientes características, ¿Cuáles serían importantes para usted si realizaría la compra de un *dron*?

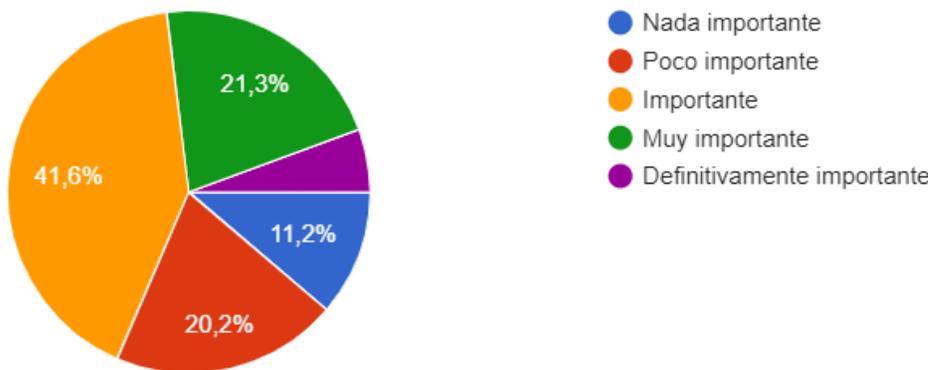
Figura 39. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 6 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran que el 69,00% está interesado en la compra de un dron con varias de las características mencionadas, mientras que el resto del porcentaje está interesado en una sola característica. Esto demuestra la importancia al momento de realizar la compra de un dron.

Pregunta 7: ¿Para usted que tan importante sería personalizar un dron?

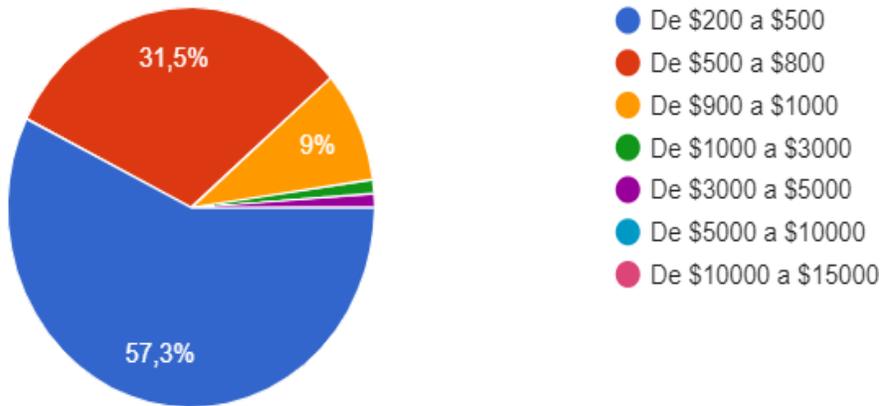
Figura 40. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 7 de la encuesta



Personalizar un dron es de vital importancia debido que los clientes requieren características especiales al momento de tomar las fotografías, esto depende el uso que se le dé al dron, por ejemplo, para la agricultura es recomendable un dron que contenga una cámara para toma de imágenes multiespectrales.

Pregunta 8: ¿Qué precio considera una buena oportunidad para efectuar la compra de un dron?

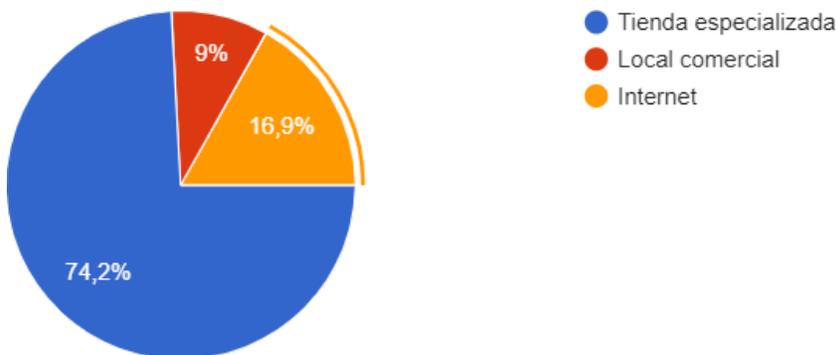
Figura 41. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 8 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran que la mayoría de las personas encuestadas siendo un 57,30% está interesada en la compra de un dron económico, seguido por un 31,50% que busca algo más avanzado y se daría la oportunidad de pagar un dron con un costo más elevado como el resto del porcentaje que abarca la pregunta realizada.

Pregunta 9: ¿Dónde usted preferiría comprar este producto?

Figura 42. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 9 de la encuesta

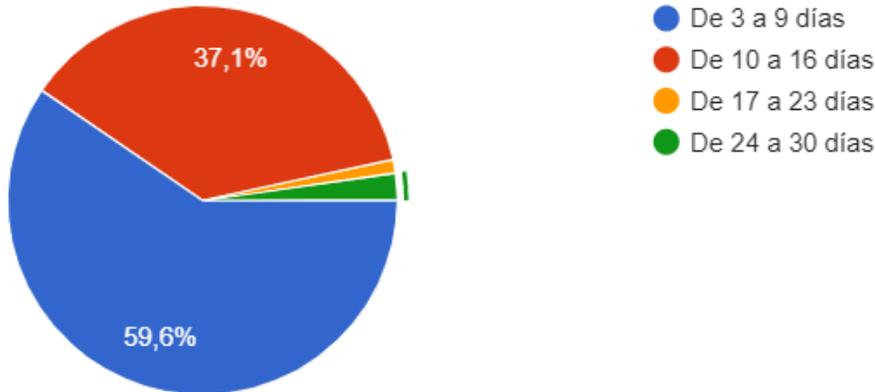


Los resultados de este gráfico demuestran que un cliente está interesado en la compra de un dron adquiriéndolo directamente en una tienda especializada, mientras que un 16,90 no tendría inconvenientes para recibir información sobre drones y poder

adquirir uno, sin embargo, un 9,00% desearía realizar a compra de su dron en un local comercial.

Pregunta 10: ¿Qué tiempo estaría dispuesto a esperar para recibir la entrega de su producto, si este fuera completamente personalizado?

Figura 43. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 10 de la encuesta



Los resultados de este gráfico demuestran que las personas encuestadas al momento de comprar un dron, si este no está disponible en el país, estarían dispuesto a esperar máximo 9 días su entrega y en algunos casos hasta 16 días. Sin embargo, también existen personas que pueden esperar un mes debido que su necesidad de uso tal vez no es de gran importancia.

Pregunta 11: ¿A través de qué medio o medios le gustaría recibir información sobre este producto?

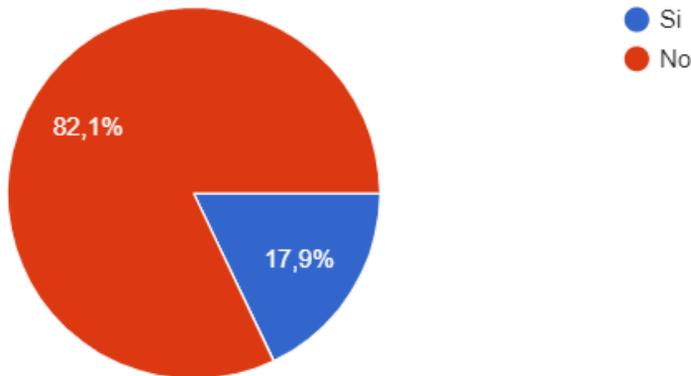
Tabla 62. Resultados de la Pregunta 11: ¿A través de qué medio o medios le gustaría recibir información sobre este producto?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Redes sociales		27	25,00%
Periódicos		0	00,00%
Revistas		2	02,00%
Correo		14	13,00%
Página Web		14	13,00%
Vallas publicitarias		1	01,00%
Televisión		1	01,00%
Personalmente		2	02,00%
Varias alternativas		45	43,00%
TOTAL		106	100,00%

Es importante conocer los medios donde se puede dar información sobre drones , de esta forma la persona encargada de dar a conocer el producto puede generar mayor interés sobre una persona que por primera vez quiere realizar la compra de un dron, como se puede observar el 25% está interesado en recibir información por redes sociales, correos electrónicos inclusive por televisión.

Pregunta 12: ¿Ha tenido usted la oportunidad de manejar aplicaciones gratuitas que permiten analizar fotografías tomadas por drones?

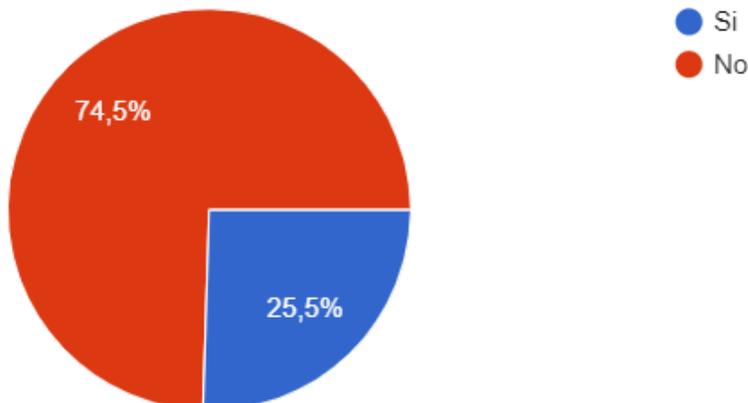
Figura 44. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 12 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un que el 17,90% ha tenido la oportunidad de analizar imágenes obtenidas de drones, mientras que el 82,10% no lo ha realizado, conociendo este dato se puede seguir un flujo de preguntas que permitan conocer si el encuestado estaría o no interesado en aprender a realizar análisis de imágenes.

Pregunta 13: ¿Tenía usted conocimiento de la existencia de aplicaciones gratuitas que permiten analizar fotografías tomadas por drones?

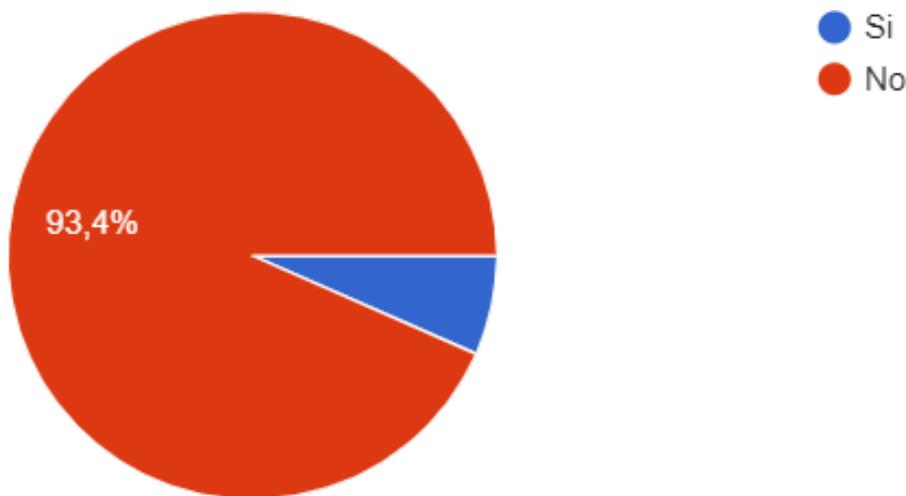
Figura 45. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 13 de la encuesta



Los resultados de este gráfico ayudan a descifrar que en el Ecuador no existe mucho conocimiento sobre programas o software que implementen análisis de imágenes multiespectrales, el gráfico de la figura 20 demuestra que de 106 personas encuestadas solo el 25,50%. Tiene conocimiento de la existencia de estas herramientas.

Pregunta 14: ¿Es usted Agricultor?

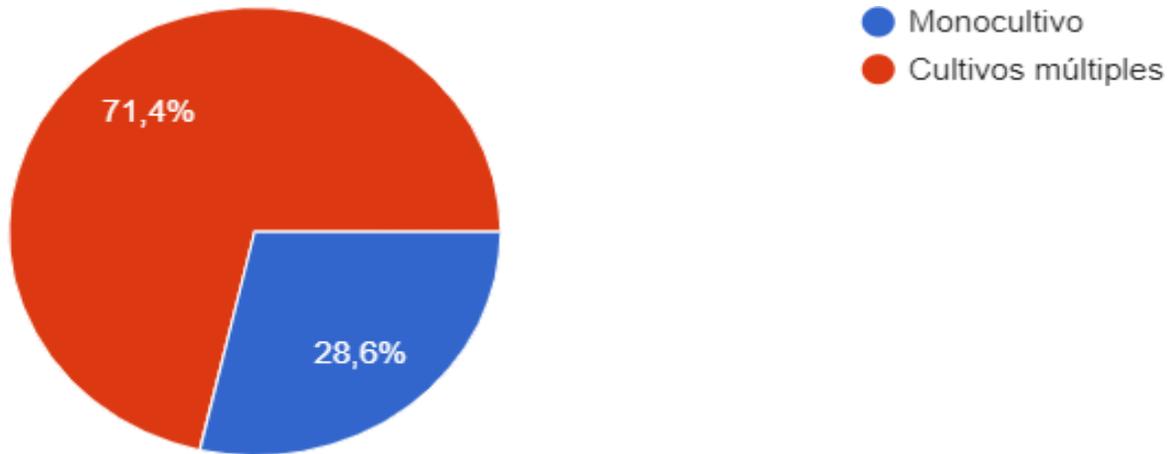
Figura 46. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 14 de la encuesta



Los resultados de este gráfico ayudan a conocer si en el grupo de las personas encuestadas que tienen conocimientos de agricultura son o no agricultores, esta pregunta es importante debido que el flujo de preguntas generado para este grupo de personas permite saber si aplican agricultura de precisión a sus cultivos.

Pregunta 15: ¿Qué tipo de cultivo usted tiene?

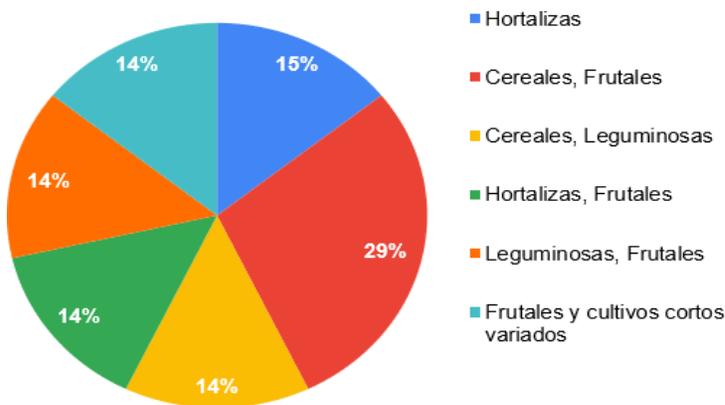
Figura 47. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 15 de la encuesta



Con este resultado se puede conocer el o los tipos de cultivos que tiene el agricultor encuestado para poder interpretar las necesidades que puede tener un agricultor para realizar agricultura de precisión.

Pregunta 16: ¿En qué clasificación se encuentra su cultivo?

Figura 48. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 16 de la encuesta

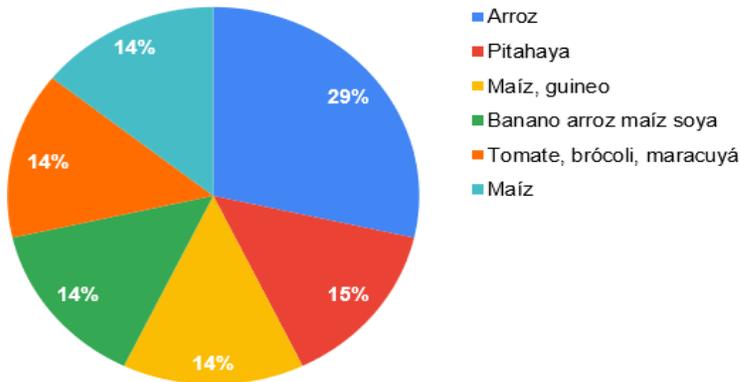


Al conocer qué clase de cultivo tiene el agricultor, es importante también identificar qué tipo de cultivo o sembrío realiza, se puede identificar que en su mayoría el 29,00% es de cereales y frutas, mientras que el resto del porcentaje también tienen cultivos de leguminosas y hortalizas.

Sin embargo, entre los agricultores encuestados se refleja que ninguno realiza cultivos de tipo ornamentales u oleaginosas de las cuales también se describieron en la pregunta.

Pregunta 17: ¿Qué tipo de sembrío realiza?

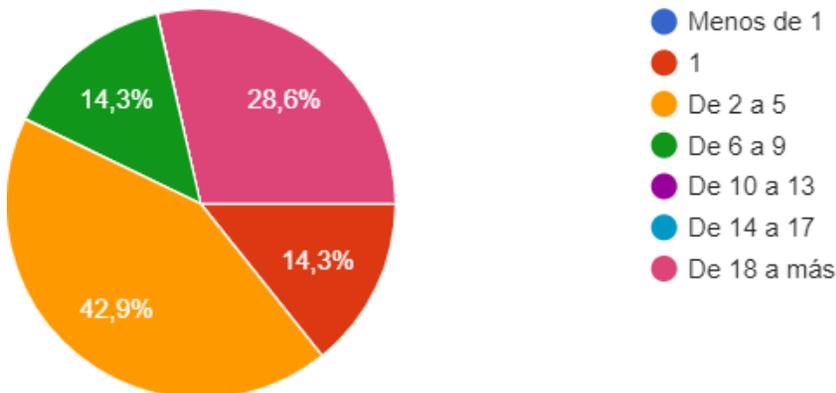
Figura 49. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 17 de la encuesta



Esta pregunta es clave debido que nuestro proyecto está enfocado en el análisis de imágenes multiespectrales de cultivos de Pitahaya y con esta encuesta se puede definir si entre los agricultores encuestados, alguien se dedique al cultivo de la Pitahaya. Como se puede observar hay un 15% que refleja sembrío de esta fruta, entre los agricultores encuestados, sin embargo, el análisis de imágenes de este proyecto permite realizar análisis a cualquier tipo de cultivo.

Pregunta 18: ¿En cuanto al tamaño, cuantas hectáreas tiene su cultivo?

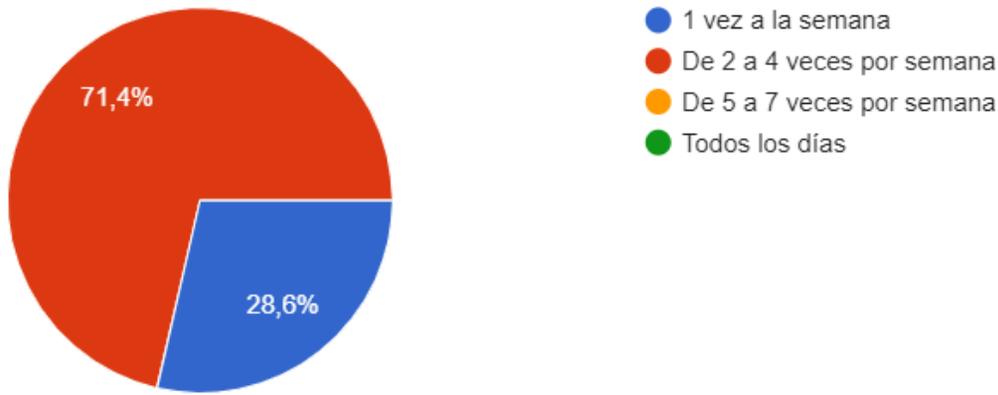
Figura 50. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 18 de la encuesta



Esta pregunta permite identificar el tamaño de los cultivos del grupo de agricultores encuestados, al conocer el tamaño se puede deducir la necesidad de adquirir un dron debido que mientras más hectáreas el trabajo de análisis de los cultivos conlleva a que se tenga pérdida de tiempo e información no precisa como se obtendría con un UAV.

Pregunta 19: ¿Cada que tiempo realiza un análisis para evaluar la salud de sus cultivos?

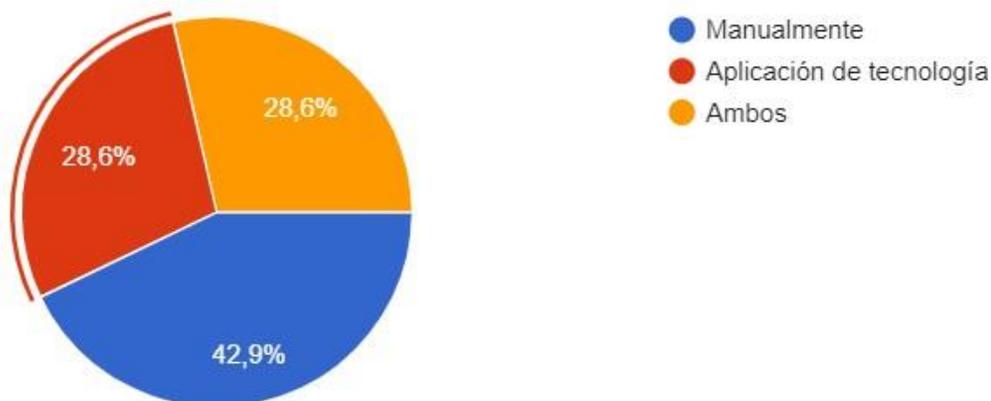
Figura 51. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 19 de la encuesta



La evaluación de cultivos es necesaria para mantener un cultivo sano a largo plazo, sin embargo, el 71,40% realiza un chequeo 1 vez a la semana y un 28,60% lo realiza de 2 a 4 veces por semana, se puede asumir que estos resultados necesitan un plan de acción que permita llevar a información constante de la salud de los cultivos mediante el uso de drones de una forma eficaz.

Pregunta 20: ¿De qué forma evalúa la salud de los cultivos?

Figura 52. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 20 de la encuesta

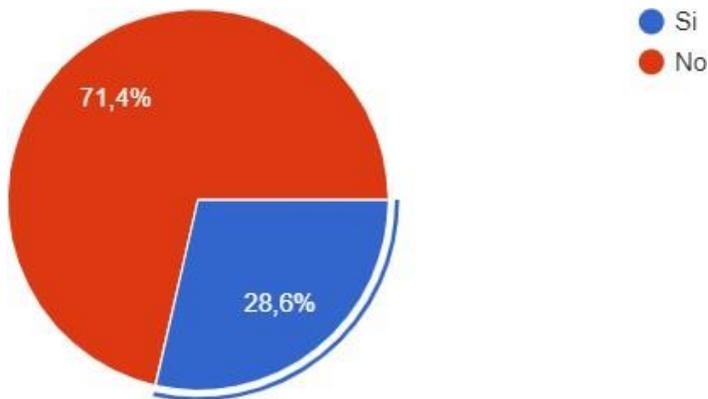


Como se ha venido indicando desde el inicio de este proyecto, la agricultura especialmente en Ecuador se sigue generando de manera tradicional y esto muchas veces se da porque no se tiene conocimiento de herramientas tecnológicas que ayuden con el proceso y precisión de nuestros cultivos ahorrando costos y generando un mejor rendimiento.



Pregunta 21: ¿Usted aplica a sus cultivos el uso de drones?

Figura 53. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 21 de la encuesta



Este resultado permite conocer si entre en grupo de agricultores encuestados se implementa o no el uso de drones, el 28,60% da a conocer que realizan un primer paso sobre la AP, sin embargo, el 71,40% indica que no ha realiza el uso de dron a sus cultivos y es desde aquí, que se da a conocer la importancia de usar drones e implementar la AP.

Pregunta 22: ¿Con que frecuencia hace el uso de drones?

Tabla 63. Pregunta 22: ¿Con que frecuencia hace el uso de drones?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1 vez a la semana	0	00,00%
De 2 a 4 veces por semana	106	100,00%
De 5 a 7 veces por semana	0	00,00%
Todos los días	0	00,00%
TOTAL	106	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 22 aplicada en la encuesta a las 106 personas seleccionadas para la investigación.

Pregunta 23: ¿Por qué medio obtiene el dron?

Tabla 64. Pregunta 23: ¿Por qué medio obtiene el dron?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Alquilada	0	00,00%
Equipos propios	106	100,00%
TOTAL	106	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 23 aplicada en la encuesta a las 106 personas seleccionadas para la investigación.

Los resultados de este gráfico muestran que el 100% de agricultores encuestados adoptan la agricultura de precisión mediante drones propios.

Pregunta 24: ¿Quién realiza el pilotaje del dron para sus cultivos?

Tabla 65. Pregunta 24: ¿La obtención del dron por qué medio lo obtiene?

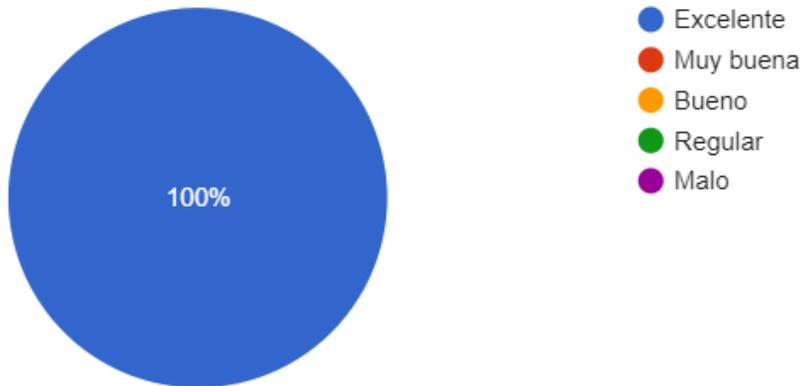
Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Se contrata personal especializado	0	00,00%
Se cuenta con personal capacitado	106	100,00%
TOTAL	106	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 24 aplicada en la encuesta a las 106 personas seleccionadas para la investigación.

Se puede observar con este análisis que el personal que realiza el manejo o pilotaje del dron en los cultivos es un personal perteneciente a la empresa.

Pregunta 25: ¿Cómo califica usted la producción de sus cultivos con el uso de drones?

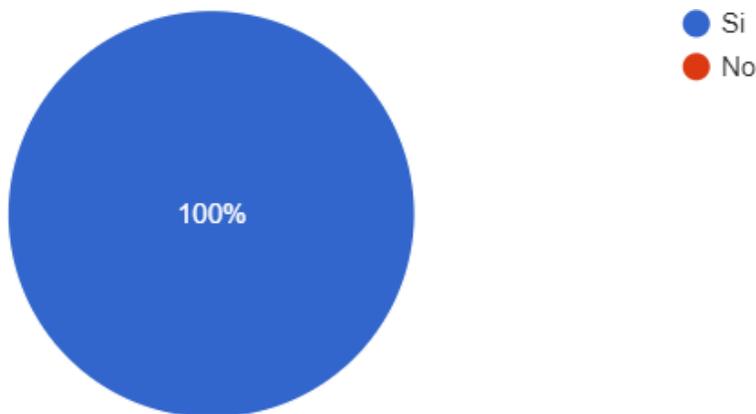
Figura 54. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 25 de la encuesta



Se puede evidenciar que el 100% de resultados del grupo de personas que son agricultores y realizan uso del dron, indican que el uso del dron es excelente para generar una mejor producción a sus cultivos.

Pregunta 26: ¿Sabía usted que, con el uso del dron y aplicaciones gratuitas diseñadas para el análisis de imágenes podría ayudarle a predecir la salud de cultivos, detectar plagas o enfermedades y optimizar el uso del agua y pesticidas?

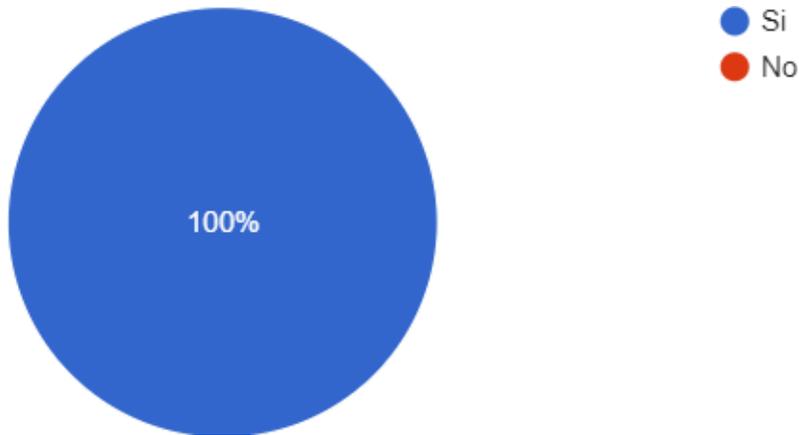
Figura 55. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 26 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 100,00% de que los agricultores que si utilizan drones para sus cultivos también tienen conocimientos sobre aplicaciones que acceso libre que permiten predecir la salud de cultivos, detectar plagas o enfermedades y optimizar el uso del agua y pesticidas

Pregunta 27: ¿Ha tenido usted la oportunidad de manejar aplicaciones gratuitas que permiten analizar fotografías para validar la salud de cultivos?

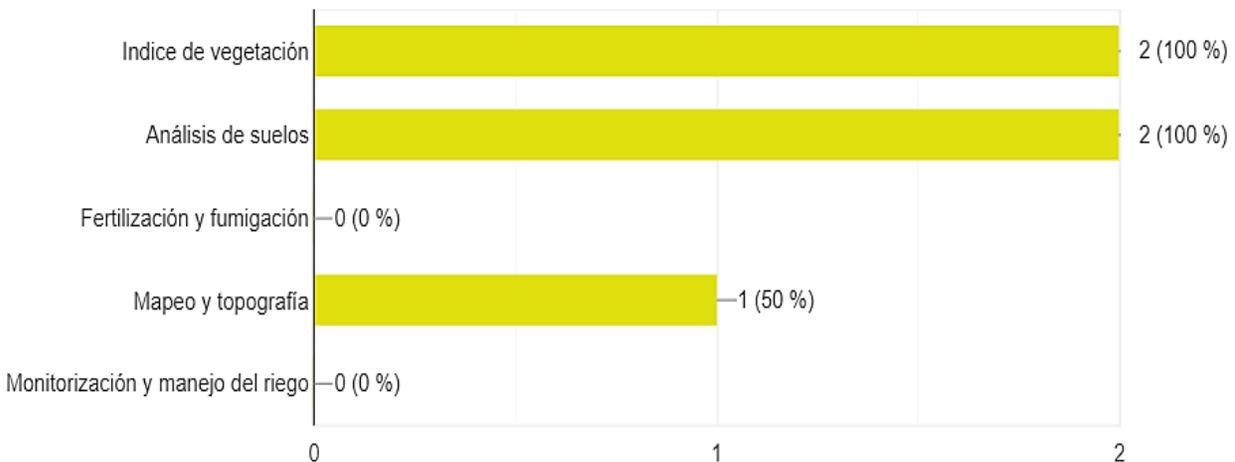
Figura 56. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 27 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 100,00% de personas perteneciente a un grupo de agricultores que si han realizado el uso de aplicaciones gratuitas para el análisis de imágenes de sus cultivos.

Pregunta 28: ¿Qué beneficios da el dron a sus cultivos?

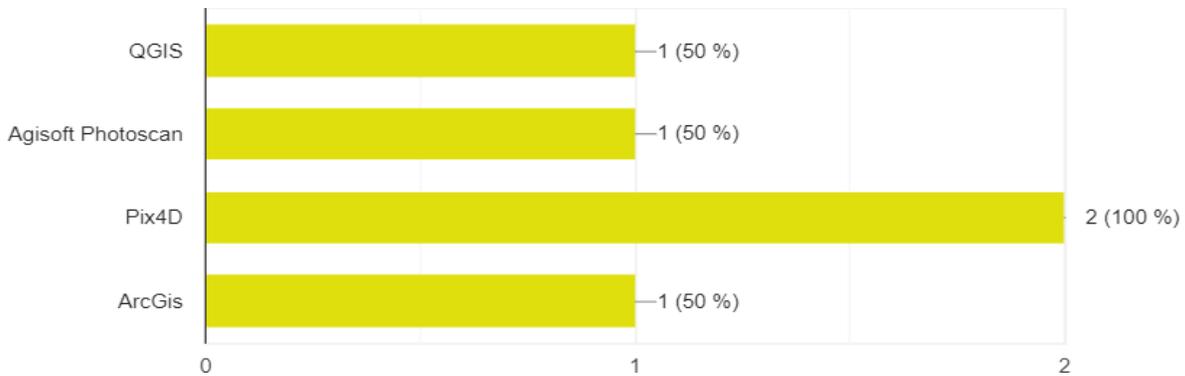
Figura 57. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 28 de la encuesta



Los resultados de este gráfico permiten visualizar como los agricultores califican el uso del dron luego de un análisis en sus cultivos, donde se puede deducir que el índice de vegetación, análisis de suelos y el mapeo son un nivel importante al momento de realizar un análisis de los cultivos.

Pregunta 29: ¿Con que herramientas usted realiza un análisis de imágenes tomadas de su cultivo?

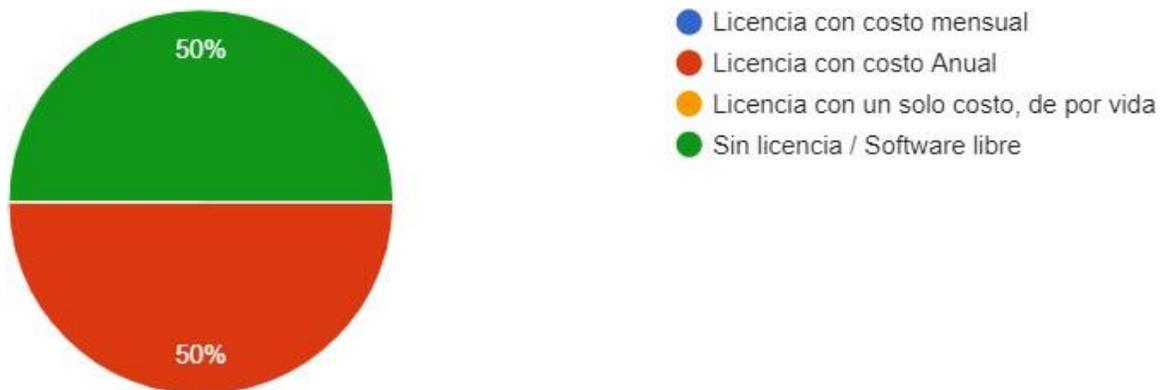
Figura 58. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 29 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran que en su mayoría se utilizan softwares de paga y solo un 20% utiliza la aplicación de QGIS presentada en las secciones anteriores del presente proyecto.

Pregunta 30: ¿Cómo realiza los pagos de licencia para la app/software que utiliza para análisis de imágenes?

Figura 59. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 30 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 50,00% de personas que han hecho el uso de softwares con costo en el cual se realiza un pago de anual, mientras que el otro 50,00% lo utiliza de manera gratuita debido a la existencia de herramientas *open source*.

Pregunta 31: ¿Cómo se realiza el análisis de imágenes?

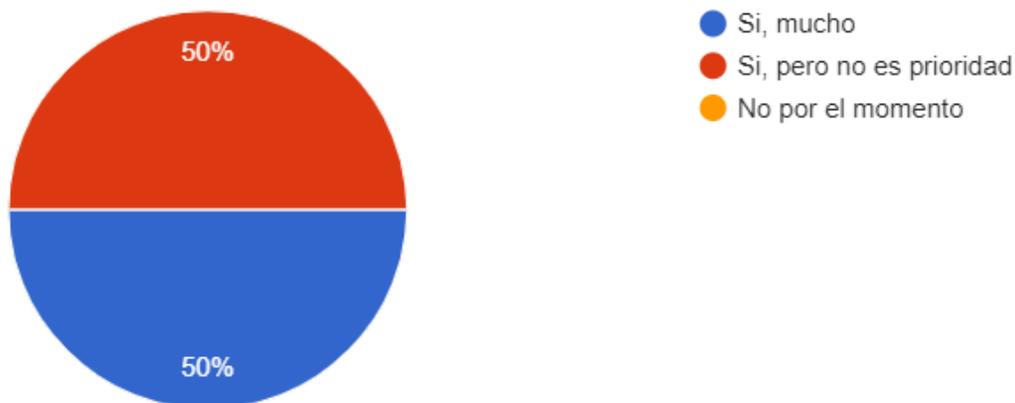
Tabla 66. Pregunta 31: ¿Cómo se realiza el análisis de imágenes?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Se contrata personal especializado	0	00,00%
Contamos con personal capacitado	106	100,00%
TOTAL	106	100,00%

Los resultados obtenidos mediante esta pregunta permiten conocer que, si se cuenta con personal capacitado para el análisis de las imágenes, permitiendo así el ahorro de costos, valor adicional que se generaría si se contratara personal especializado.

Pregunta 32: ¿Le interesaría aplicar imágenes satelitales al seguimiento de sus cultivos?

Figura 60. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 32 de la encuesta



Nota: De un total de 106 encuestados se observa que el 50,00% indica que está totalmente interesado en implementar el uso de imágenes satelitales en sus cultivos.

Esta pregunta se genera con la finalidad de saber si algún agricultor que conoce sobre AP estaría interesado en obtener imágenes captadas desde satélites generando imágenes con mayor cantidad de ráster lo que generaría un mejor análisis de los cultivos.

Pregunta 33: ¿Sobre qué temas estaría interesado/a en aprender con respecto a los drones?

Tabla 67. ¿Sobre qué temas estaría interesado/a en aprender con respecto a los drones?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Fotogrametría	0	00,00%
Agricultura de precisión	106	100,00%
Sistemas Gis	0	00,00%
Topografía	0	00,00%
Manejo AutoCAD	0	00,00%
TOTAL	106	100,00%

Las preguntas realizadas anteriormente demuestran lo importante que es utilizar drones y realizar análisis de imágenes mediante softwares, se puede evidenciar que las personas que no conocen del tema si están interesadas en aprender sobre este medio.

Pregunta 34: ¿Qué aplicación utiliza habitualmente para programar los planes de vuelo?

Tabla 68. Pregunta 34: ¿Qué aplicación utiliza habitualmente para programar los planes de vuelo?

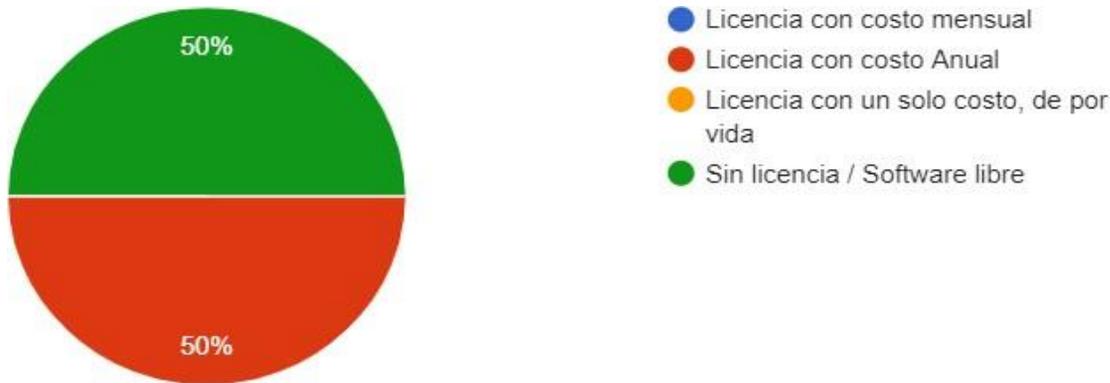
Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Armap	0	00,00%
APM (ArduPilot Mission Planner)	21	20,00%
DJI Go	0	00,00%
Dron Deploy	43	40,00%
Hover	0	00,00%
Litchi	0	00,00%
PrecisionHawk	21	20,00%
Emotion	0	00,00%
Map pilot	0	00,00%
Pix4D	21	20,00%
Agrisoft	0	00,00%
Otro	0	00,00%
TOTAL	106	100,00%

Entre muchas aplicaciones existentes en el mundo para la generación de planes de vuelo, según el resultado indicado *Drone Deploy* se posiciona en primer lugar con un 40% mientras que *Mission Planner*, *PrecisionHawk* y *Pix4D* se posicionan con un 20%, esto depende de las características de cada software y gusto del cliente.



Pregunta 35: ¿Qué tipo de licencia tiene la app/software que utiliza para planificación de vuelo?

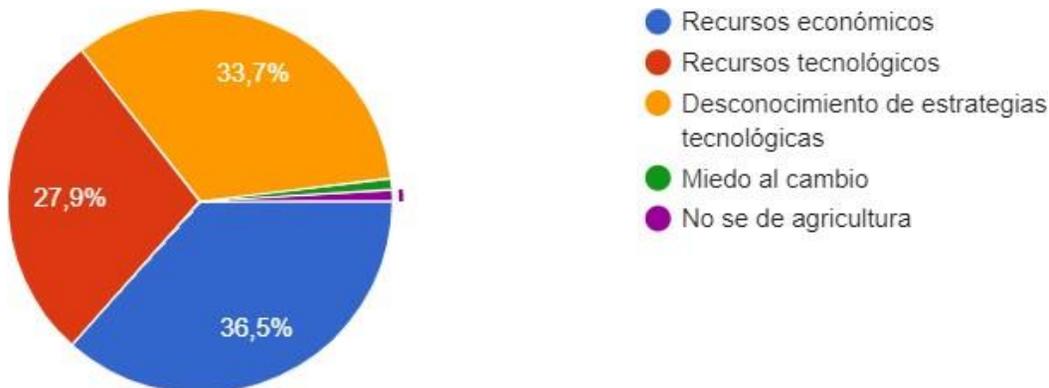
Figura 61. Pregunta 35: Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 35 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 50,00% de personas que han hecho el uso de softwares con costo anual, deduciendo que se trate por sus características, mientras que el otro 50,00% lo utiliza de manera gratuita debido a la existencia de herramientas *open source*.

Pregunta 36: ¿Cuáles serían las barreras que usted tendría para aplicar innovación tecnológica en el área agrícola?

Figura 62. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 36 de la encuesta



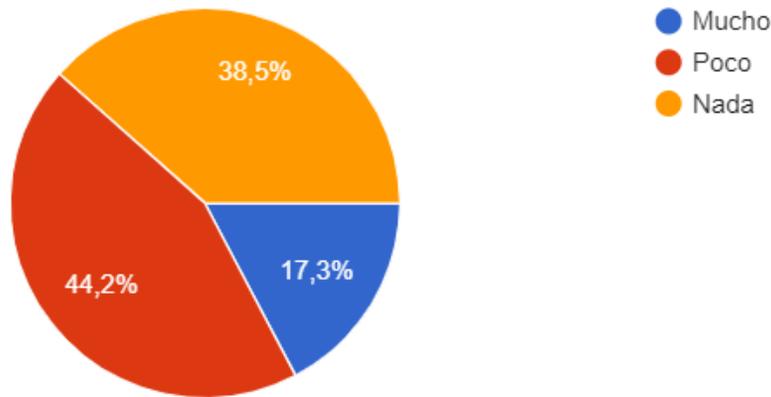
Los resultados de este gráfico muestran un 36,50% de personas no agregan tecnología a sus cultivos debido a los costos elevados que se generan desde la compra de un dron hasta el análisis de una fotografía, por tal motivo se quiere dar a



conocer en este proyecto como utilizar este tipo de herramientas sin la necesidad de pagar altos valores por su aplicación.

Pregunta 37: ¿Conoce usted los beneficios de los drones en la agricultura?

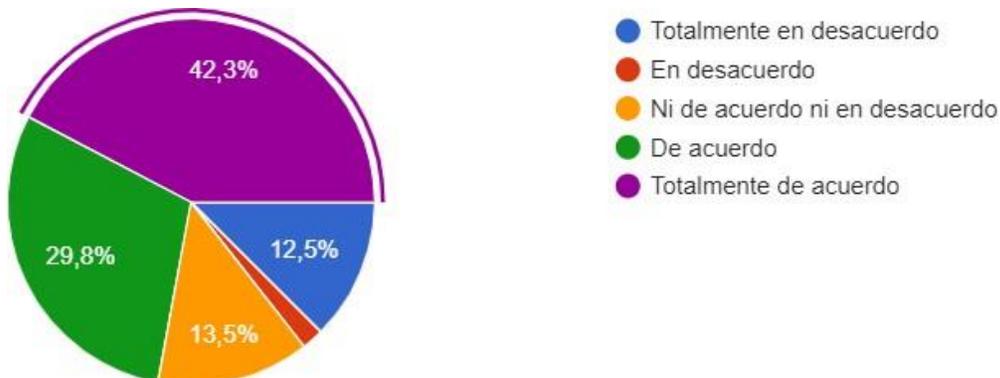
Figura 63. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 37 de la encuesta



Los resultados de este gráfico demuestran que de 106 encuestados entre agricultores y no agricultores se observa que el 38,50% indica que no conoce el uso de drones en la agricultura mientras que el resto del porcentaje si conoce este beneficio.

Pregunta 38: ¿Cree usted que el uso de la tecnología debe ser aplicado en la agricultura, también conocido como Agricultura de precisión?

Figura 64. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 38 de la encuesta

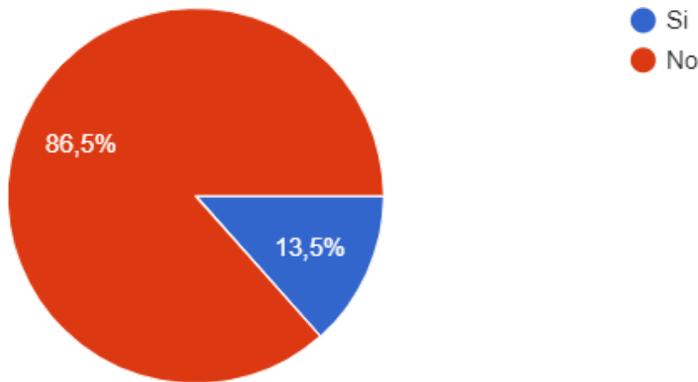




Los resultados de este gráfico muestran un 42,30% está totalmente de acuerdo y un 29,80% está de acuerdo, pero también se puede observar que el resto del porcentaje no está de acuerdo y esto se debe porque tal vez no se tenga conocimiento sobre los beneficios de estas tecnologías o por los costes que implicaría realizar.

Pregunta 39: ¿Ha tenido usted la oportunidad de manejar aplicaciones gratuitas que permiten analizar fotografías para validar la salud de cultivos?

Figura 65. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 39 de la encuesta

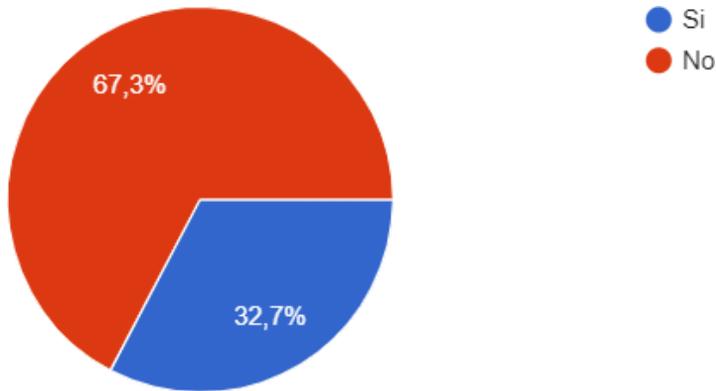


Nota: De un total de 106 encuestados se observa que solo un 13.50% ha tenido la oportunidad de manejar aplicaciones gratuitas para analizar imágenes.

Esta pregunta permite conocer cuál es el grado de conocimiento sobre las herramientas gratuitas que permiten el análisis de imágenes multiespectrales, es aquí donde propone y se da conocer la mejor herramienta que permita realizar la evaluación de cultivos mediante fotografías.

Pregunta 40: ¿Sabía usted que, con el uso del dron y aplicaciones gratuitas diseñadas para el análisis de imágenes podría ayudarle a predecir la salud de cultivos, detectar plagas o enfermedades y optimizar el uso del agua y pesticidas?

Figura 66. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 40 de la encuesta



Los resultados obtenidos indican que el 32,70% tiene conocimiento sobre el uso del dron y aplicaciones gratuitas diseñadas para el análisis de imágenes para la evaluación de salud de cultivos, mientras que el 67,30% no conoce el uso de la AP.

Pregunta 41: ¿Estaría usted de acuerdo con el uso del dron para agilizar el proceso y análisis de cultivos?

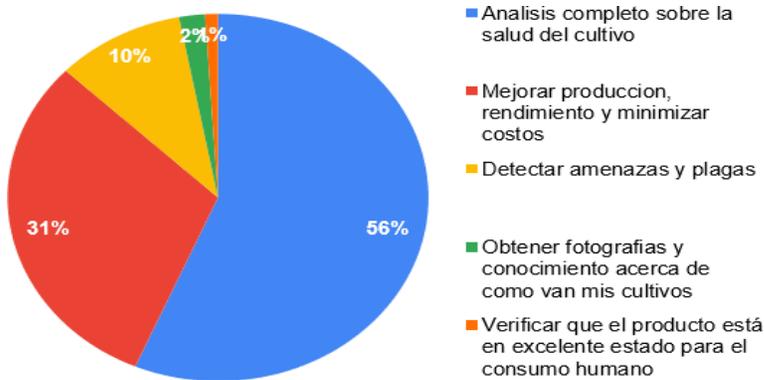
Figura 67. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 41 de la encuesta



Los resultados de este gráfico muestran un 40,40% está totalmente de acuerdo con el uso del dron para agilizar el proceso y análisis de cultivos, mientras que el 34,60% está de acuerdo y el porcentaje restante no está de acuerdo, por lo que según respuestas anteriores se puede deducir que esto se debe a la falta de conocimiento de la tecnología en la agricultura.

Pregunta 42: ¿Qué resultado le gustaría obtener de un dron para sus cultivos?

Figura 68. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 42 de la encuesta



Este gráfico muestra los resultados que un agricultor desearía tener luego de la evaluación de sus cultivos aplicando AP, este análisis se generó como pregunta abierta para que el agricultor pueda indicar sus comentarios de manera libre.

Pregunta 43: ¿En qué tiempo estaría usted dispuesto a adquirir un dron para agricultura de precisión?

Tabla 69. Pregunta 43: ¿En qué tiempo estaría usted dispuesto a adquirir un dron para agricultura de precisión?

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Este año	17	15,40%
De 1 a 2 años	54	51,00%
De 3 a 4 años	8	07,70%
De 5 años en adelante	4	03,80%
No estoy interesado	23	22,10%
TOTAL	106	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 43 aplicada en la encuesta a las 106 personas seleccionadas para la investigación.

Según lo explicado en las preguntas anteriores sobre el uso de la AP, se genera la consulta a los encuestados si estarían dispuesto a comprar un dron en un

determinado tiempo debido a los beneficios que este tiene. Sin embargo, se puede visualizar que un 22,10% no está interesado en adquirirlo.

Pregunta 44: ¿Luego de lo indicado, para que medio usaría un dron?

Tabla 70. Pregunta 44: ¿Luego de lo indicado, para que medio usaría un dron?

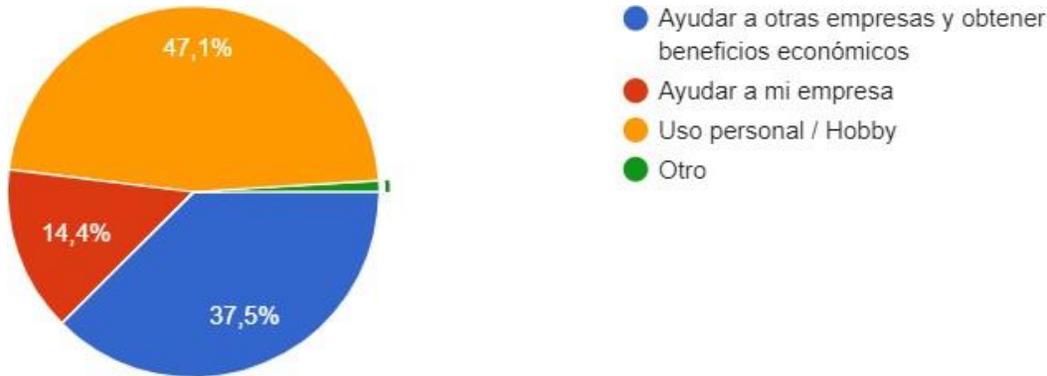
Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Fotografía Aérea	47	44,00%
Periodismo	1	01,00%
Agricultura	24	23,00%
Vigilancia/Seguridad	14	13,00%
Reconocimiento/Mapeo	12	11,00%
Ambiental	6	06,00%
Otras: Topografía	1	01,00%
Otras: Para todas las anteriores	1	01,00%
TOTAL	106	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 44 aplicada en la encuesta a las 106 personas seleccionadas para la investigación.

Los resultados de este gráfico muestran el uso que los encuestados realizarían si tuvieran un dron. Se observa que el 44% usaría un dron para fotografía área, mientras que el 23% lo usaría para el ámbito agrícola, estos dos porcentajes son de gran importancia debido que ayudan a identificar en que medios se puede dar a conocer la AP en lo que respecta al interés de este proyecto.

Pregunta 45: ¿Bajo qué beneficios adquiriría un dron?

Figura 69. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 45 de la encuesta

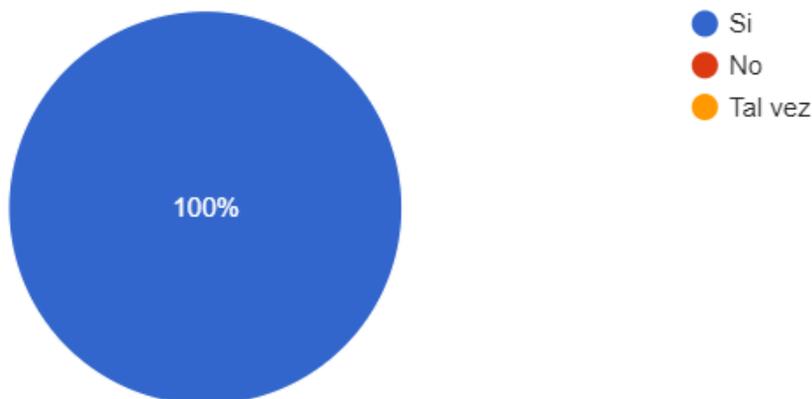


Nota: De un total de 106 encuestados se observa que el 16,00% indica que ha utilizado un dron, mientras que el 84,00% nunca ha hecho uso de uno.

Los resultados de este gráfico muestran un 47,10% de personas encuestadas lo usarían para uso personal, mientras que un 37,50% lo usarían como medio de trabajo dando soportes en empresas para obtener beneficios económicos.

Pregunta 46: ¿Estaría usted de acuerdo en recibir una capacitación sobre el uso del dron y aplicaciones gratuitas con código abierto para aplicarlo en la agricultura?

Figura 70. Análisis gráfico de los resultados de la pregunta número 46 de la encuesta



Nota: De un total de 106 encuestados se observa que el 100,00% está de acuerdo en recibir una capacitación sobre el uso de drones y aplicaciones para el análisis de imágenes.



Los resultados de este gráfico muestran un 100,00% de personas encuestadas que estarían de acuerdo en recibir una capacitación sobre el uso de drones y aplicaciones para el análisis de imágenes.

3.9 Metodología SCRUM

Dentro del equipo de trabajo Scrum, el Scrum Máster es la persona encargada de comprobar que la metodología y procesos que se está aplicando estén dentro de los tiempos establecidos.

El Scrum Máster realiza reuniones los lunes a las 9:00 para verificar los avances del proyecto esto con la presencia de los Development Team.

A continuación, se muestran los roles que intervienen dentro de la metodología SCRUM, considerada como marco de trabajo.

Tabla 71. Roles de la metodología Scrum

Roles	Descripción
<i>Scrum Master</i>	Ing. Jorge Avilés
<i>Product Owner</i>	Ing. Pedro García
<i>Development Team Recurso 1</i>	Juan Franco
<i>Development Team Recurso 2</i>	Patsy Pérez

Nota: En esta tabla se muestran los roles asignados al equipo de trabajo del presente proyecto.

Durante el desarrollo del proyecto se definieron las siguientes fases.

1. Análisis de las cámaras multiespectrales.
2. Análisis de emuladores de vuelo para drones con el que se tomarán fotografías.
3. Análisis e interpretación de los diferentes índices de vegetación.
4. Análisis de herramientas open source para procesamiento y análisis de imágenes multiespectrales.

5. Comprobación de las fórmulas aplicadas para la obtención de los índices de vegetación en el software QGIS.

Sprint Backlog

En este apartado se establecerán las tareas definidas por el equipo de Scrum las cuales serán completadas durante un Sprint con estimación de tiempos mediante historias de usuarios.

Tabla 72. Historia de usuario 1

Historia de Usuario	
Número: 1	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero que se definan los requerimientos y objetivos del proyecto para el estudio de índices de vegetación con el uso de drones	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 1
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se debe conocer el proceso que maneja la agricultura de precisión y los índices de vegetación	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 1.

Tabla 73. Historia de usuario 2

Historia de Usuario	
Número: 2	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero que se identifiquen los drones especializados para la agricultura de precisión	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 2
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	



Criterio de Aplicación: Se debe conocer las características de los drones que se utilizan para agricultura de precisión.

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 2.

Tabla 74. Historia de usuario 3

Historia de Usuario	
Número: 3	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero que se identifiquen los simuladores de libre acceso para la creación de rutas de vuelo del <i>dron</i>	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 3
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se debe evaluar las aplicaciones de libre acceso en el mercado para la simulación de vuelo que permita la creación de rutas que utilizara el <i>dron</i>	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 3.

Tabla 75. Historia de usuario 4

Historia de Usuario	
Número: 4	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero que se verifique el funcionamiento del simulador de vuelo elegido para la creación de ruta	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 4
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se comprueba el funcionamiento del simulador de vuelo para la creación de ruta y vuelo autónomo del <i>dron</i> virtual	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 4.

Tabla 76. Historia de usuario 5

Historia de Usuario	
Numero: 5	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero que se estudie los diferentes modelos de cámaras y sensores para la agricultura de precisión e imágenes multiespectrales	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 5
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a investigar los diferentes modelos de cámaras y sensores en el mercado aplicadas para la agricultura de precisión e imágenes multiespectrales	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 5.

Tabla 77. Historia de usuario 6

Historia de Usuario	
Numero: 6	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se analicen las características de las cámaras especializadas para la toma de fotografías multiespectrales	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 5
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a investigar los diferentes modelos de cámaras y sensores en el mercado aplicadas para la agricultura de precisión e imágenes multiespectrales	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 6.

Tabla 78. Historia de usuario 7

Historia de Usuario	
Número: 7	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se investiguen los índices de vegetación más importante utilizados en la agricultura de precisión.	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 6
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a estudiar los índices de vegetación utilizados en la agricultura de precisión.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 7.

Tabla 79. Historia de usuario 8

Historia de Usuario	
Número: 8	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se investiguen las diferentes bandas espectrales que manejan las fotografías multiespectrales para el estudio de los índices de vegetación.	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 7
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede con el estudio de las diferentes bandas multiespectrales.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 8.

Tabla 80. Historia de usuario 9

Historia de Usuario	
Número: 9	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se investiguen los diferentes softwares que existen en el mercado para el análisis de imágenes multiespectrales.	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 8
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a investigar las características de software de acceso libre y de pago que permitan el análisis de imágenes multiespectrales	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 9.

Tabla 81. Historia de usuario 10

Historia de Usuario	
Número: 10	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se seleccione el software de libre acceso para el análisis de imágenes multiespectrales.	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 9
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a la selección de software de acceso libre para el análisis de imágenes multiespectrales.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 10.



Tabla 82. Historia de usuario 11

Historia de Usuario	
Número: 11	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se instale y se compruebe el funcionamiento del software de libre acceso para el análisis de imágenes multiespectrales.	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 10
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede a la instalación del software de acceso libre para el análisis de imágenes multiespectrales.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 11.

Tabla 83. Historia de usuario 12

Historia de Usuario	
Número: 12	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se investigue las fórmulas para el cálculo de índices de vegetación	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 11
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede al estudio de las fórmulas más importantes aplicadas para el cálculo de índices de vegetación.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 12.



Tabla 84. Historia de usuario 13

Historia de Usuario	
Número: 13	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se seleccione las fórmulas más utilizadas para el cálculo de índices de vegetación	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 12
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se procede con la selección de fórmulas para cálculo de índices de vegetación NDVI, NDWI, SAVI, CIG.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 13.

Tabla 85. Historia de usuario 14

Historia de Usuario	
Número: 14	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se interprete los resultados obtenidos con las fórmulas para el cálculo de índices de vegetación	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 13
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Se realiza la interpretación de los resultados obtenido de las fórmulas para el cálculo de índices de vegetación NDVI, NDWI, SAVI, CIG.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 14.

Tabla 86. Historia de usuario 15

Historia de Usuario	
Número: 15	Usuario: Ing. Jorge Avilés
Título: Como usuario quiero se realicen encuestas para identificar el nivel conocimiento y uso de drones en la actualidad	
Prioridad en negocio: Alta	
Días estimados: 7	Sprint asignado: 14
Responsable: Juan Franco – Patsy Pérez	
Criterio de Aplicación: Realizar y analizar los datos obtenidos en las encuestas para validar los usos de drones en Ecuador.	

Nota: En esta tabla se muestra la historia de usuario número 15.

Product Backlog

Para establecer los requerimientos y objetivos obtenidos en la recolección de la información dirigida por los usuarios, se detallará en la tabla 77 la lista de sprint que tendrá el proyecto ordenadas según su importancia, la mismo que permite cubrir todas las funcionalidades del proyecto.

Tabla 87. *Product Backlog*

Epopeyas	Sprint	Objetivo
Definición del proyecto	1	Conocer los requerimientos del proyecto y sus objetivos.
Investigar drones que se utilizan en agricultura de precisión	2	Verificar funcionamiento, características de los drones que se utilizan en agricultura de precisión
Análisis de emuladores de vuelo para drones con el que se tomará las imágenes	3	Comparar los simuladores de vuelo existentes para definir el más apropiado a utilizar.
Instalación de software para simulación y planificación de ruta	4	Comprobar el funcionamiento del



devuelo.		simulador de vuelo
Investigación de cámaras y sensores multiespectrales.	5	Conocer los diferentes modelos de cámara que existen en el mercado para imágenes multiespectrales
Analizar cámaras especializadas para la toma de imágenes multiespectrales.	5	Establecer la mejor opción de cámaras multiespectrales con el fin de obtener imágenes de gran calidad para los respectivos análisis.
Investigación de los diferentes índices de vegetación.	6	Conocer los diferentes índices de vegetación que se pueden aplicar en las imágenes multiespectrales.
Investigación de las bandas espectrales.	7	Conocer las diferentes bandas espectrales para la aplicación de ecuaciones con los que se obtienen los índices de vegetación
Investigación y comparación de software para análisis de imágenes multiespectrales	8	Verificar las características de los diferentes softwares para el análisis de imágenes multiespectrales
Seleccionar la herramienta para realizar el análisis de imágenes.	9	Establecer la herramienta que se utilizara en el proyecto.
Instalación de herramientas para validación de funcionamiento de análisis de imágenes multiespectrales.	10	Comprobar que las herramientas cumplan con los requerimientos planteados en el proyecto.
Investigación de fórmulas para calcular los índices de vegetación	11	Validación de fórmulas para el cálculo de índices de vegetación mediante bandas multiespectrales
Selección de fórmulas más aplicadas para el cálculo de índice de vegetación.	12	Aplicar la formula correcta para obtener los índices de vegetación.
Interpretación de análisis obtenidos.	13	Verificar y analizar los resultados obtenidos con el fin de prevenir algún factor que afecte la salud de los cultivos.
Realizar encuesta para	14	Identificar el porcentaje de personas

identificar el conocimiento y uso de drones en la actualidad.

que han realizado el uso de drones y/o análisis de imágenes multiespectrales

Nota: En esta tabla se registran los sprints y objetivos realizados para cada epopeya propuesta por el equipo de SCRUM.

Burndown Chart

Como muestra de rapidez con los que se ha trabajado en el presente proyecto cumpliendo cada Epopeya, se generara un *burndown chart* o gráfico de evolución donde se identifique el proceso del proyecto mediante la metodología SCRUM.

Como información general para la generación del *burndown chart* como se muestra en la figura 55 se tomarán en cuenta la información de sprint inicial, los nombres de los miembros del equipo que conforman el proyecto y la información de sprint actual, como se muestra en la figura 71.

Figura 71. Características para creación de *Burndown Chart*

INFORMACIÓN SOBRE EL SPRINT

Campo	Valor
Fecha de comienzo	22/07/20
Longitud de sprint (bruto)	54
Días de vacaciones	0
Tamaño del equipo	2
Ocupación máxima del equipo	100%
Jornada de trabajo diaria en horas	8,0
Número de sprints actuales	14

INFORMACIÓN DE SPRINT ACTUAL

Fecha de fin de sprint	14/09/20
Longitud de sprint (neta)	15
Horas disponibles totales	240
Suma de puntos de historia	15
Puntos historias abiertos	5
Número de historias en el sprint	1
Historias completadas	10

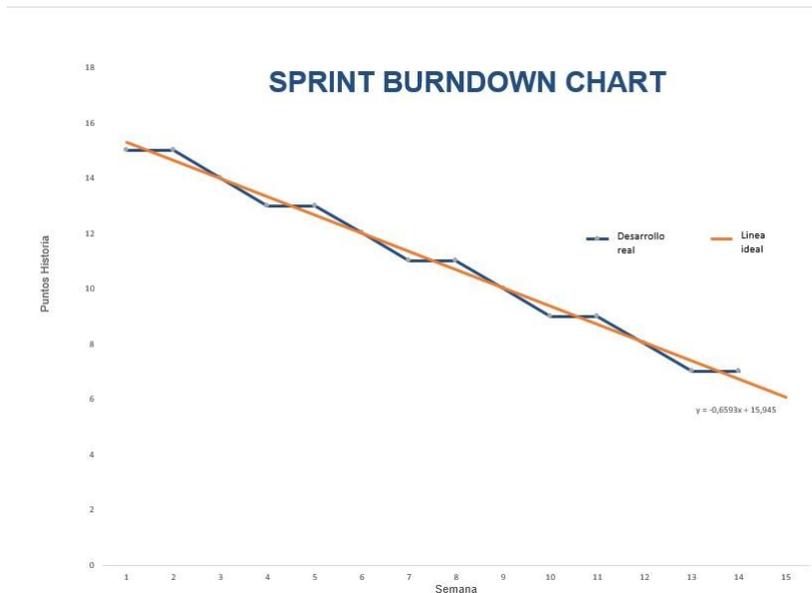
Miembro del equipo

Juan

Patsy

Nota: Características aplicables para la elaboración de *Burndown Chart* del proyecto.

Figura 72. *Burndown Chart* aplicado al proyecto



3.10 Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

Beneficiarios directos: El presente proyecto está orientado a los pequeños, medianos y grandes agricultores o empresas a fines en esta área, con el fin de beneficiarse con tecnología a menor costo.

Beneficiarios indirectos: Serán los sectores o población cercanas a donde se implementará este proyecto, debido a que podrán tener mejor análisis de sus cultivos.

3.11 Entregables del proyecto

Manual técnico de instalación: Este manual contendrá la instalación de la herramienta para el análisis de imágenes multiespectrales.

Manual de usuario: Este manual contendrá una descripción de las pantallas especificado y detallando el análisis aplicado en imágenes multiespectrales.

Instaladores: Se entregarán los instaladores del programa QGIS y *Mission Planner*.

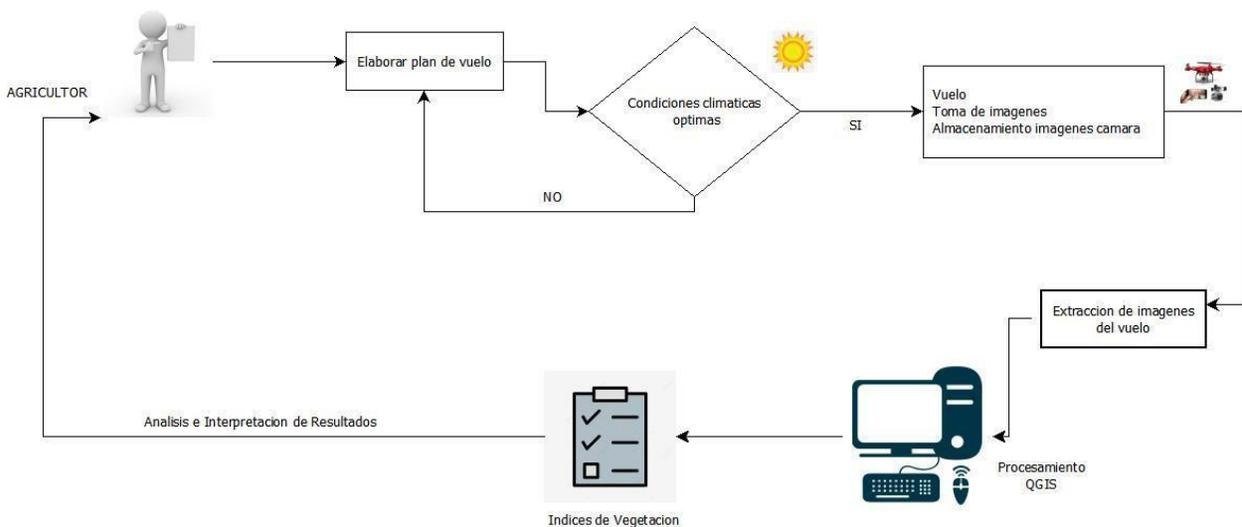
3.12 Propuesta

Como propuesta tecnológica para este proyecto se realiza la integración de un software de análisis de imágenes multispectrales obtenidas desde un dron, con el fin de obtener los índices de vegetación que permita predecir la salud de los cultivos.

En las secciones anteriores, donde se detallan los resultados de la encuesta se puede observar que en el Ecuador no existe mucho conocimiento sobre softwares de acceso libre que permitan analizar imágenes sin la necesidad de generar costos a los agricultores, inclusive se puede deducir que aún no se conoce con totalidad que es la agricultura de precisión.

En la figura 73 se detalla el flujo de implementación de la propuesta tecnológica.

Figura 73. Flujo de implementación del proyecto



Nota: En esta imagen se muestra el flujo de cómo se implementa el proyecto desde la elaboración del plan de vuelo hasta la generación de índices de vegetación realizada con el software de análisis de imágenes.

Como demostración de la propuesta indicada se detalla a continuación como se puede planificar una ruta de vuelo e implementar el análisis de índices de vegetación mediante las imágenes multispectrales obtenidas con la cámara multispectral Sequoia (Green, Red, Red Edge, NIR).

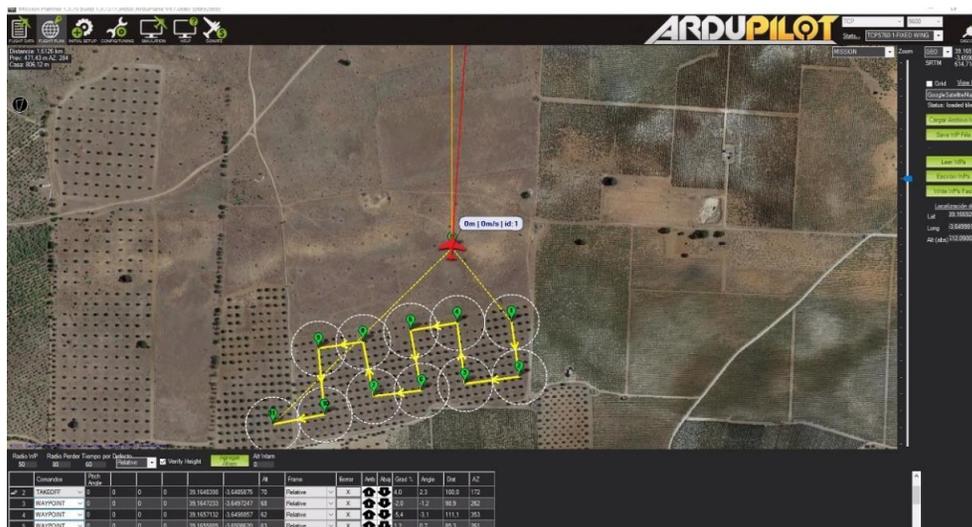
Para generar el vuelo de un UAV se necesita realizar una ruta de vuelo que permita al dron navegar sobre los cultivos, para este proyecto se genera la creación de ruta de vuelo autónomo mediante un dron virtual de la siguiente manera:

Como paso primordial se debe realizar la descarga del software Mission Planner desde la página oficial Ardupilot.

Para generar un plan de vuelo se necesita presionar sobre el icono Simulación el cual permite crear los puntos de unión de la ruta que volará el dron, para realizarlo se gestionará de la siguiente forma:

1. Seleccionar el icono *Flight Planner*.
2. Luego, sobre cualquier parte de la aplicación dar clic derecho y seleccionar la opción *Flight Planner*.
3. Seleccionar los puntos donde se necesite realizar la ruta de vuelo.

Figura 74. Forma de creación de ruta de vuelo



Nota: En esta imagen se muestra la elección del icono Simulación el cual permite ubicar el dron en la posición del mapa y posterior a este paso se podrá elegir el modelo de dron, presentado en la parte inferior de la aplicación.

Una vez creada la ruta de vuelo, se podrá gestionar el inicio de vuelo del dron, para esto antes de hacer el lanzamiento del UAV se debe seleccionar las siguientes opciones:

1. Seleccionar la opción *Army/Disarmed* en la barra lateral izquierda, para empezar el vuelo.
2. Seleccionar la opción *Despeje y Aterrizaje* en el listado de comandos ubicado en la parte inferior de la aplicación.

Figura 75. Vuelo autónomo del dron virtual dentro de *Mission Planner*



Nota: En esta imagen se visualiza el dron virtual recorriendo la ruta de vuelo creada.

Una vez terminada la ruta de vuelo el dron realizará su bajada automáticamente y se visualizará en la barra lateral izquierda la palabra *Disarmed*.

Figura 76. Aterrizaje del dron virtual dentro de *Mission Planner*

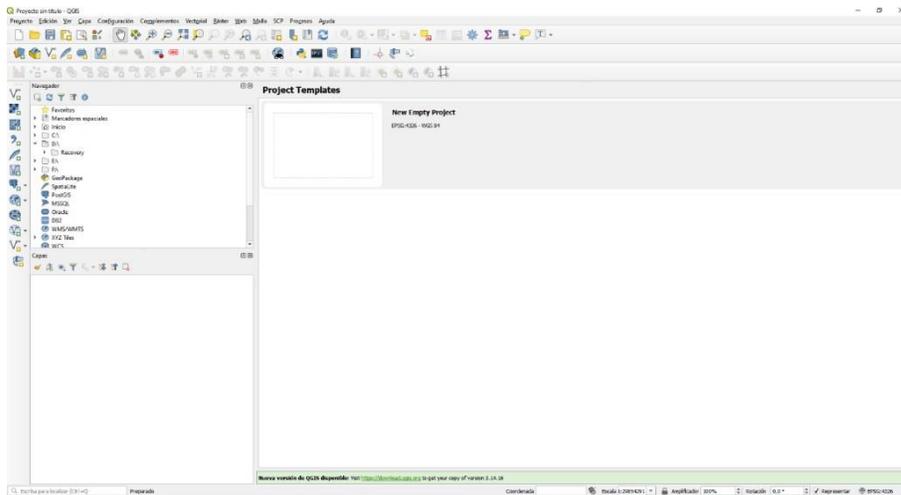


Nota: En esta imagen se visualiza el aterrizaje automático del dron virtual, entendiéndose que el trabajo está culminado.

Para implementar el análisis de índices de vegetación mediante las imágenes multiespectrales obtenidas con la cámara multiespectral se genera la siguiente secuencia:

Como primer punto se debe ingresar a la aplicación de escritorio QGIS, una vez iniciado se procede a abrir un nuevo proyecto, para esto se debe dar doble clic en **New Empty Project**.

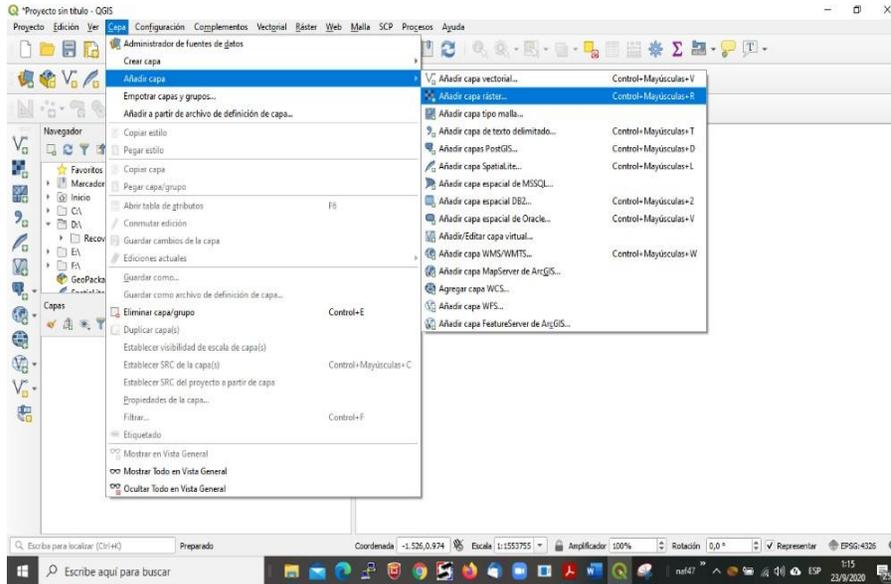
Figura 77. Pantalla de inicio de software QGIS



Nota: En esta imagen se muestra la pantalla principal de QGIS con la vista Project Templates para la creación de un nuevo proyecto, imagen tomada desde software QGIS.

Como segundo punto se empieza añadiendo una capa ráster esto permitirá que el programa cree un entorno con las opciones para realizar el análisis de las imágenes que se incluirán en el proyecto.

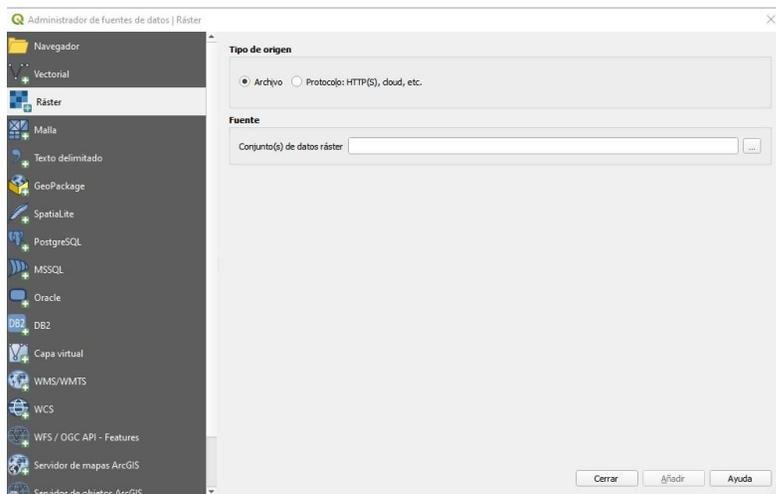
Figura 78. Agregación de capa raster



Nota: En esta imagen se muestra el flujo para elegir la opción de añadir capa ráster, imagen tomada desde software QGIS.

Como tercer punto, luego de seleccionar la opción añadir la capa ráster, se abrirá una pantalla que permitirá direccionar a la carpeta donde se tienen almacenadas las imágenes obtenidas por el dron, para esto se debe seleccionar las imágenes dando clic en el botón Añadir ubicado en la parte inferior de la pantalla.

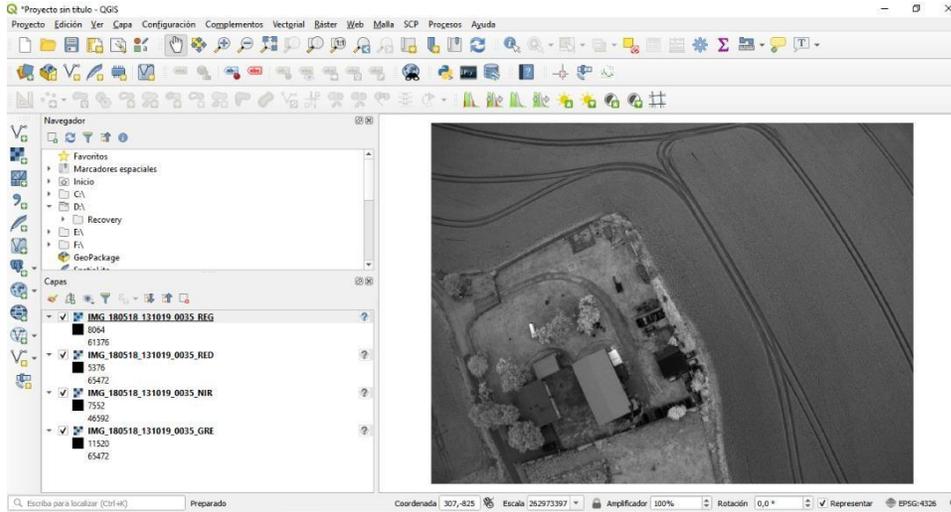
Figura 79. Agregación de fotografía



Una vez añadidas las imágenes se mostrará el estado natural de la fotografía tomada con la cámara multiespectral Sequoia, también se puede visualizar el panel de capas

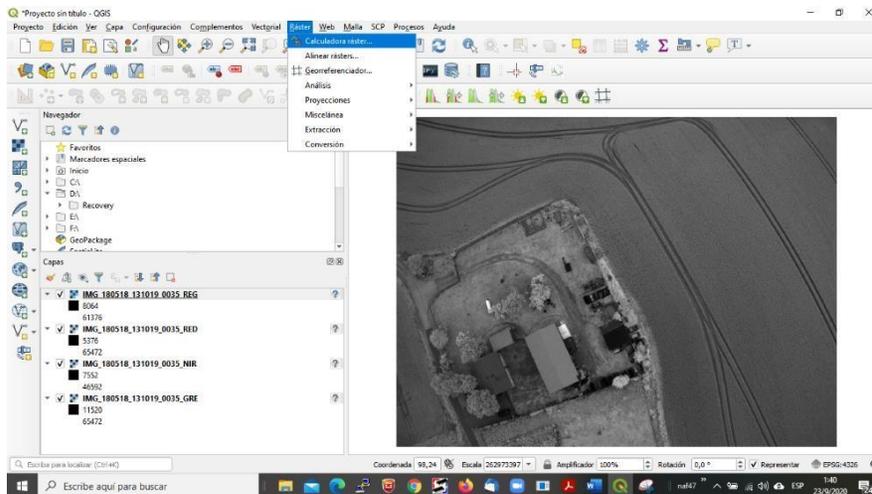
ubicados en la parte izquierda de la pantalla del software con las capas que contienen las imágenes agregadas, como muestra la figura 60.

Figura 80. Agregación imágenes multispectrales



Como cuarto punto, se hará uso de la calculadora ráster el cual permitirá calcular los índices de vegetación mediante ecuaciones realizadas con las bandas pertenecientes a las imágenes añadidas como se puede observar en el panel de capas: *green*, *red*, *red Edge* y *NIR*.

Figura 61. Elección de calculadora ráster

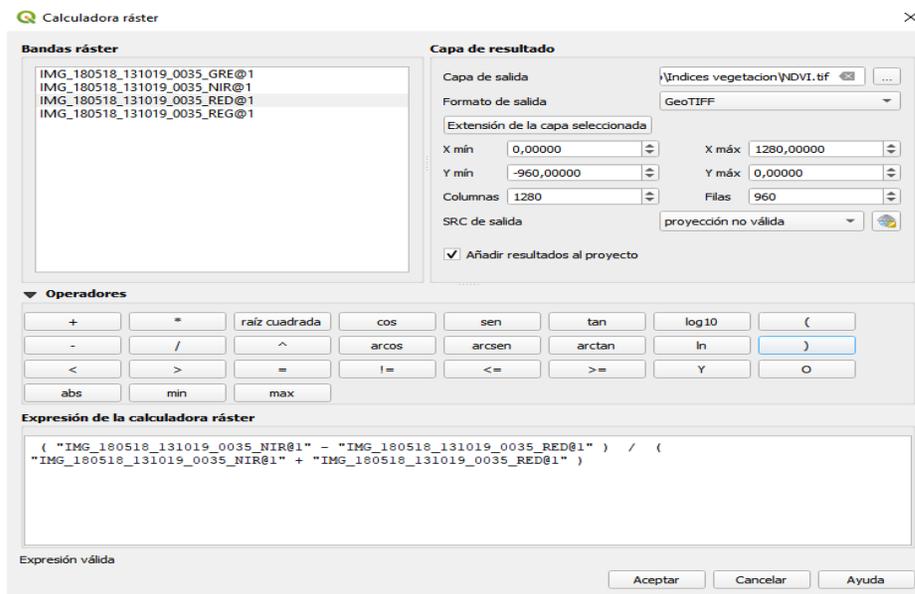




Nota: En esta imagen se muestra la opción para apertura la elección de calculadora ráster, imagen tomada desde software QGIS.

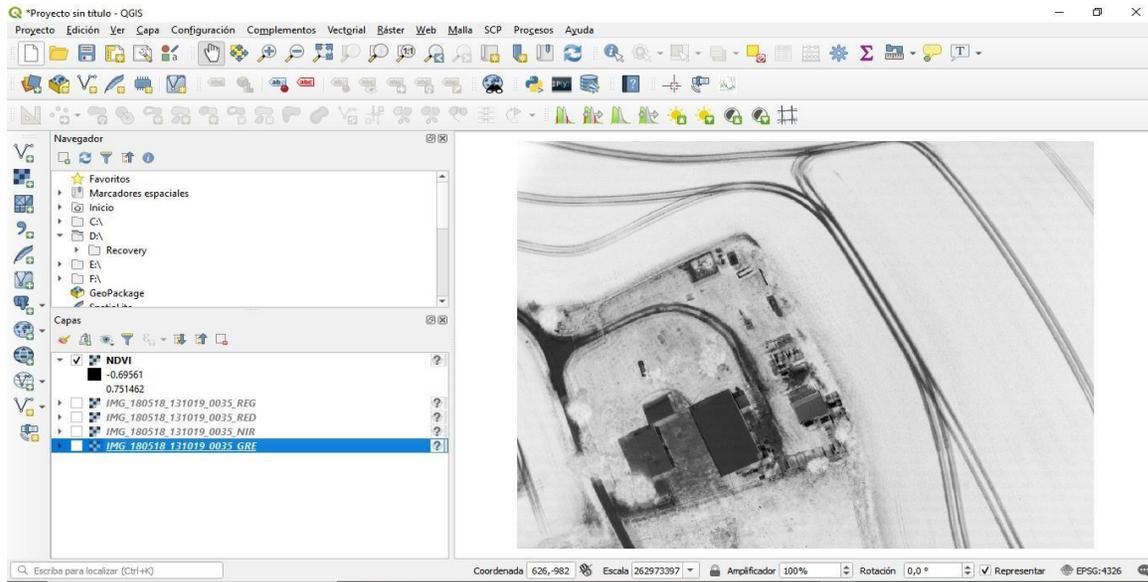
Para el análisis de índices de vegetación del presente proyecto se han considerados los anexados en la Tabla 6 con su respectiva fórmula, con el fin de conocer el NDVI, SAVI, CIG y NDWI. En este caso se realiza el análisis de índice de vegetación NDVI como validación de la propuesta del presente proyecto, empezando con los cálculos de bandas en la calculadora ráster.

Figura 82. Cálculo de bandas en calculadora ráster NDVI



Cuando se ejecuta el proceso del cálculo, la nueva capa se agregará en el panel de capa y se visualizará la nueva capa ráster en escala de grises, como se muestra en la figura 83.

Figura 83. Visualización con cálculo de bandas para NDVI en calculadora ráster



Para tener una mejor visualización de los resultados obtenidos se puede dar estilo a la capa ráster, para esto se da clic derecho sobre la capa y se elige la opción propiedades, se mostrarán las diferentes propiedades de la capa, elegimos la opción simbología y en tipo de renderizador se puede elegir la opción pseudocolor monobanda, en la opción rampa de color se elige la que más se asemeje al índice que se está calculando, también se puede dar etiquetas a los valores, indicando el significado de los valores y al finalizar de dar estilo se realiza un clic en aplicar, el resultado se visualiza en la figura 84.

Figura 84. Estilo de capa NDVI

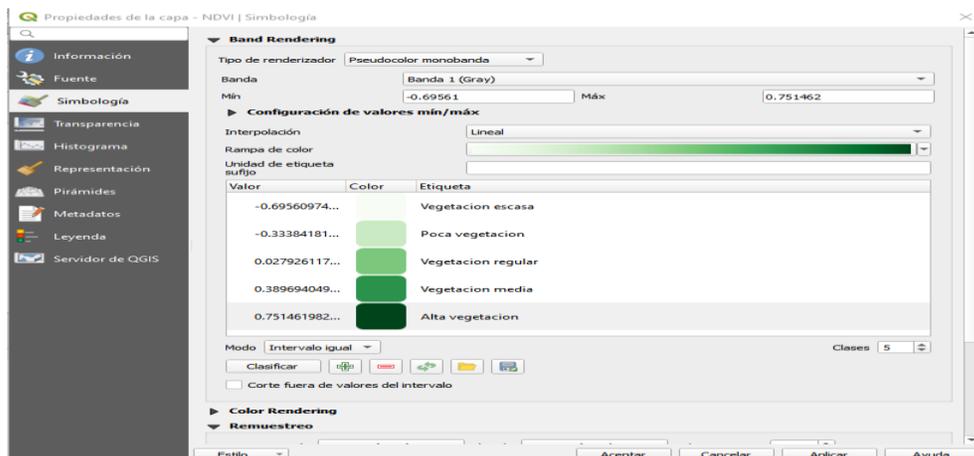
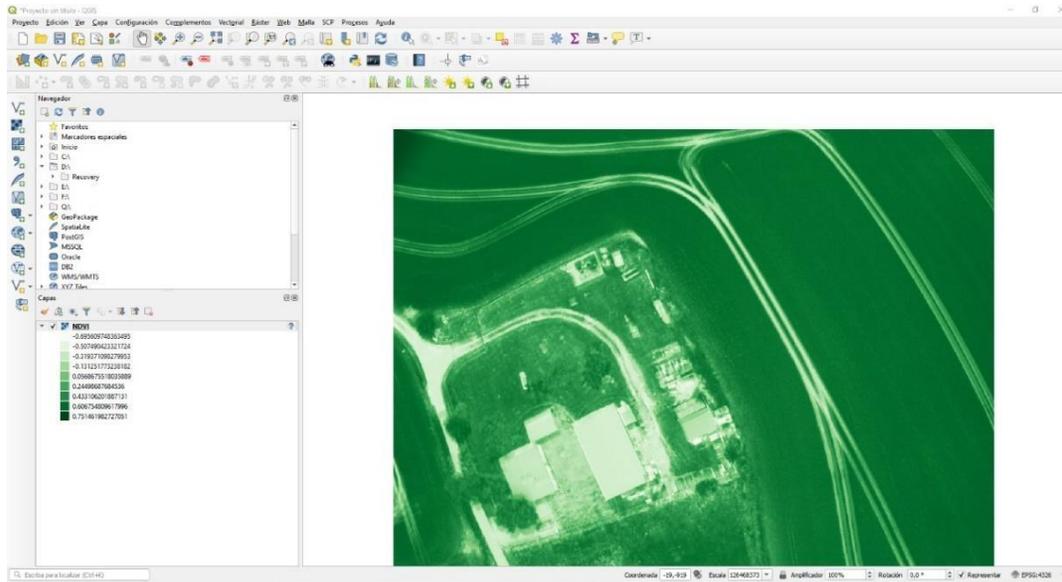


Figura 85. Visualización de imagen NDVI con estilo de capa



Como análisis de resultados según la imagen generada en la figura 65 se puede observar los valores obtenidos del cálculo del índice, estos van desde el rango de -1 a 1 , donde los valores negativos indican la zona donde la vegetación es escasa o regular, esto ayudara al agricultor a buscar mejoras para aprovechar de mejor manera sus áreas de cultivos haciendo nuevos sembríos, los valores positivos indican los sectores que se encuentran con buena vegetación, esto ayudara a darle un mejor trato y evitar que se presenten problemas en el futuro.

En las siguientes tablas se registran los posibles valores o rangos generados en las imágenes multiespectrales para interpretación de su análisis:

Tabla 88. Rango de Valores índice NDVI

Rango de Valores	Descripción
1	Vegetación saludable y alta densidad
0.8 a 0.6	Vegetación buena
0.3 a 0.2	Zona con arbustos o vegetación muerta.
0.1 a 0	Sector con rocas o arena
-1	Zona sin vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los valores referenciales que se obtienen de los índices de vegetación NDVI y su respectiva descripción, este índice trabaja con las bandas NIR y RED debido a que la vegetación verde utiliza la reflexión en longitud de onda corta de la banda infrarrojo.

Tabla 89. Rango de Valores índice SAVI

Rango de Valores	Descripción
1	Vegetación en desarrollo
0.5 a 0.01	Zona poca vegetación
0.01 a -0.55	Zona vegetación media
-1	Zona con gran vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los valores referenciales que se obtienen de los índices de vegetación SAVI y su respectiva descripción, este índice trabaja con las bandas NIR y RED el factor de corrección para influencia de suelo.

Tabla 90. Rango de Valores índice CIG

Rango de Valores	Descripción
2.3	Vegetación alto índice de clorofila
1 a 0.76	Vegetación con poco índice de clorofila
-0.03	Zona vegetación baja
-0.84	Zona sin vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los valores referenciales que se obtienen de los índices de vegetación CIG y su respectiva descripción, este índice trabaja con las bandas NIR y GREEN.

Tabla 91. Rango de Valores índice NDWI

Rango de Valores	Descripción
1	Zona con alta humedad
0.78 a 0.44	Zona con humedad media

0.11 a -0.22	Zona con poca humedad
-1	Zona seca

Nota: En esta tabla se muestra los valores referenciales que se obtienen de los índices de vegetación NDWI y su respectiva descripción, este índice trabaja con las bandas NIR y GREEN.

3.13 Criterios de validación de la propuesta y resultados

Para validar que el presente proyecto cumpla con las expectativas y los requerimientos definidos se tomará en consideración un juicio de expertos, en este apartado se tiene presente la evaluación de seis expertos distribuidos por áreas como: agronomía, biología e ingeniería en sistemas.

Como técnica de validación de utiliza el método Delphi debido que este se basa en la elaboración de un cuestionario, el cual es analizado y contestado por los expertos. Para realizar el formulario o cuestionario de validación de expertos adjunto en el anexo 3, se genera una serie de criterios que permitirá al experto evaluar la forma de desarrollo y gestión del presente proyecto, criterios que serán evaluados para medir el nivel de aceptación del mismo. Los expertos validarán cada uno de los sprint definidos semanalmente como evaluación de cada proceso realizado para el avance del proyecto hasta su ejecución final.

Para validación real de los resultados se utilizó QGIS, el cual fue seleccionado como la mejor herramienta para este trabajo cumpliendo con las características de software libre permitiendo cumplir los objetivos y alcances detallados en el presente proyecto.

Así mismo, se muestran los resultados obtenidos según lo indicado en la propuesta tecnológica donde se define y se visualiza como realizar el cálculo NDVI de una imagen multiespectral obtenido desde una cámara marca Sequoia, realizando el uso de ecuaciones mediante las bandas generadas de la fotografía con las herramientas que brinda QGIS, ayudando a definir un análisis propio para validación e interpretación del tratamiento que tiene un cultivo, en este caso sobre la falta de vegetación en el terreno donde se ha realizado la toma de fotografías, de la misma forma se puede identificar el análisis de cada uno de los índices de vegetación propuestos como SAVI, CIG y NDWI, los mismos que pueden ser visualizados en el anexo 6 de este proyecto.

Adicional, los datos recolectados con la metodología de investigación obtenidos como la encuesta permitieron identificar que en Ecuador existe un mercado que realiza el alquiler y venta de drones. También se pudo identificar que existen personas que no

conocen la agricultura de precisión, sin embargo, el flujo de la encuesta permitió conocer que, tanto agricultores como personas no dedicadas a la agricultura podrían estar interesadas en aprender sobre agricultura de precisión y análisis de imágenes multiespectrales con el uso de un software libre debido que esto permite eliminar el costo de licencia y una experiencia de producción tecnificada.

Para el desarrollo de este proyecto se optó por la metodología SCRUM, el cual permitió acelerar la detección de errores y atrasos que podrían afectar el cronograma de entregables, facilitando así, la presentación de avances periódicos a los interesados del proyecto, proporcionando eficacia y eficiencia dentro de la gestión.

Para cumplir con los criterios de aceptación del proyecto se realizó la validación de las definiciones realizadas en la propuesta tecnológica y los criterios de validación descritos en el capítulo III, el cual será evidenciada su aceptación mediante un documento que incluye la firma del experto como constancia de juicio de experto certificando que se realizó la revisión del presente proyecto de titulación como se visualiza en el anexo 4.

El proyecto se encuentra verificado por personas con conocimientos en el área de agricultura y con juicios de expertos de especialidades similares. Cabe indicar que para asegurar que el proyecto cumple con la calidad esperada, se toman en consideración varios criterios, los cuales están descritos a continuación:

Tabla 92. Criterios de eficiencia

Requisitos	Descripción
Recurso	El software analizado es de código abierto lo que facilita su manejo para futuras investigaciones
Beneficio	El análisis de imágenes multiespectrales beneficiara a los agricultores en la verificación de sus cultivos
Utilidad	Debido a que el software es de código abierto el agricultor tendrá rentabilidad.

Nota: En esta tabla se muestran los criterios de eficiencia escogidos para cumplir con el objetivo del proyecto de manera eficiente.

Tabla 93. Criterios de usabilidad

Requisitos	Descripción
Compatibilidad	El software puede ser instalado en cualquier sistema operativo.
Retroalimentación	El software muestra mensajes de advertencias cuando se está realizando una operación inadecuada.

Nota: En esta tabla se muestran los criterios de usabilidad escogidos para cumplir con los objetivos del proyecto de manera eficiente.

Tabla 94. Criterios de portabilidad

Requisitos	Descripción
Facilidad de Instalación	El software posee una interfaz amigable durante la instalación

Nota: En esta tabla se muestran los criterios de portabilidad escogidos para cumplir con los objetivos del proyecto de manera eficiente.

3.14 Conclusiones

Se realizaron análisis de diecisiete trabajos relacionados y se determinó la importancia del uso de imágenes espectrales y la utilización a nivel mundial sobre agricultura de precisión.

Se compararon herramientas de software, tanto de software libre y software de pago para realizar el análisis de vegetación, mostrando los beneficios de cada plataforma y sus características que cada uno posee.

Se seleccionó a QGIS como mejor herramienta por su alcance, su facilidad, sus prestaciones en cuanto a licencia de código libre, el cual permite hacer uso de todas sus funcionalidades y personalizarlo de acuerdo con lo que se está utilizando.

Se interpretaron imágenes multiespectrales y se lograron determinar índices de vegetación utilizando la herramienta seleccionada y con un banco de imágenes en un repositorio en la nube de plantaciones en Alemania.



Se realizó una simulación de prueba para determinar que es factible crear una ruta automática de vuelo donde se determinan puntos estacionarios del dron para la toma de fotografías aéreas.

Se debe adquirir una cámara que maneje varios tipos de bandas, con el fin de poder calcular índices de vegetación con mayor precisión y que trabajen en el espectro no visible.

Se recomienda trabajar con equipos con una capacidad debido a que las imágenes que se analizan son de gran tamaño y procesamiento el alto.

Capítulo 4. Diseño de sistema fotovoltaico para vehículo aéreo no tripulado usando un sistema conocido de microcontroladores: su uso en cultivos de Pitahaya

Con los avances científicos en el campo de la energía fotovoltaico (Energía obtenida del Sol), se ha logrado mejorar el uso de la energía solar y se la considera como una de las fuentes de energía renovable con mayor crecimiento en el presente. Este tipo de fuente de energía obtendrá un mejor resultado al realizar un seguimiento solar, el cual debe estar alineado en un ángulo recto a los rayos de luz del Sol.

Con este proyecto de investigación documentamos el diseño, desarrollo y pruebas de laboratorio con un instrumento que emplea microcontrolador “Arduino o Raspberry” adaptándolos electrónicamente de tal manera que nos ayude a medir y registrar los voltajes entregado por las diferentes baterías de LIPO (Litio y Polímero) y Paneles Solares, estos últimos se usarán como celdas fotovoltaicas de manera fija en las alas de un VANT (Vehículo Aéreo No Tripulado) el cual debe recibir 24W de potencia eléctrica para mantenerse en el aire es la transformación directa de la radiación solar en electricidad.

Con los resultados obtenidos se busca maximizar el tiempo de autonomía en el vuelo del VANT, deducir el momento adecuado para volar y con ello obtener un sobrevuelo más eficiente y con mayor rendimiento de la fotogrametría (obtención de mapas por medio de fotografías aéreas) en los cultivos de Pitahaya en la costa ecuatoriana y así evitar el gasto en la compra excesiva de baterías o gastos en otros medios de control para los cultivos.

4.1 Introducción

"El futuro está girando hacia la energía renovable porque se trata de un recurso ilimitado", (Vivek Wadhwa, 2018). Actualmente el uso de tecnología fotovoltaica (energía generada por radiación luminoso) es considera una de las prometedoras

formas de energía renovable, la cual busca aprovechar la energía solar sobre la energía fósil. Para conseguir esta energía eléctrica se fabrican paneles solares fabricados de diferentes tipos de materiales como (Silicio, Arseniuro de Galio) y que están dirigidos a generar una gran potencia de salida energía eléctrica y eficiencia de conversión (reducir u optimizar el consumo de energía). Con la llegada de los paneles solares se puede aprovechar dichos recursos como fuentes de poder para beneficiar al sector productivo.

En este campo, se han hecho estudios teóricos y experimentos con la energía solar, (por científicos como M. Iqbal, Duffie y Beckman, 2005). Adicionalmente se tiene conocimiento sobre la realización de proyectos y que los resultados pueden ser usados como referencias, como el estudio de la compañía *Alta Devices*, que es experta en energía solar, y ha establecido una eficiencia en energía solar alcanzando el 31,6%.

La compañía americana ha logrado una eficiencia récord debido a la reestructuración del material de sus celdas fotovoltaicas de arseniuro de galio. Con esta modificación se logrado que sus celdas fotovoltaicas puedan generar más electricidad con la misma cantidad de luz que se recibe del Sol. La constante evolución de fuentes de energía alternativas como la fotovoltaica podría desembocar en su utilización para las aeronaves no tripuladas (VANT).

Las aeronaves VANT actualmente son utilizadas en distintos espacios: seguridad, eventos deportivos, turismo, etc. Teniendo en conocimiento que el tiempo de autonomía es limitado con el sistema actual de energía.

La finalidad de la presente investigación es proponer el diseño de un sistema fotovoltaico para vehículos no tripulado usando un sistema de microcontroladores para la medición y registro de voltajes necesarios para producir los 24 watts (unidad de potencia eléctrica).

Con los resultados obtenidos se podrá verificar cuál es la mejor alternativa de celdas solares para producir la potencia necesaria para mejorar la autonomía en el vuelo del VANT, convirtiéndose en un sistema rentable y eficiente. Otro objetivo es identificar el ambiente y la hora adecuada durante el día, para realizar los sobrevuelos en los cultivos de Pitahaya.

Los resultados de la investigación se usarán en para el proyecto de FCI llamado "VANT para Pitahaya", el cual tiene como fin cuidar y vigilar el cultivo, para lo cual el VANT contiene una cámara de alta resolución que nos permite grabar los videos por los lugares donde este equipo sobrevuele.



Se desea proponer un sistema ecológico energético con ayuda de la energía del Sol. La propuesta surge del proyecto de FCI (Fondo Competitivo de Investigación) “VANT para Pitahaya”, y en esta parte del proyecto se requiere evaluar los diferentes tipos de energía fotovoltaica para obtener como resultado un sistema de energía renovable y ecológica, que permita al VANT una mejor autonomía de vuelo y que no afecte su peso.

El estudio investigativo de la propuesta de un sistema fotovoltaico, se enfocará en el modelo ASW-10, es un VANT que llega a una altitud de 400 pies tiene 6 batería de 40000 Mah (miliamperios-hora), Las alas cuentan con un piloto automático 3DR, se espera que con la energía solar a plena carga se promedia unas 2 horas de autonomía de vuelo. El Vant puede trabajar hasta con una carga máxima de 2 Kilogramos.

Otro problema que plantea el proyecto es encontrar la cantidad adecuada de paneles solares sin afectar el peso que debe tener el VANT y así evitar el daño de varias piezas electrónicas por el excesivo peso. Con la investigación realizada se tendrá una comparativa del peso vs costo vs estimación de tiempo de vuelo, con lo cual me permitirá ofrecer la mejor solución. Además de equiparlo con una cámara de espectro múltiple para el trabajo de agricultura, se pueden aplicar en vuelos de búsqueda y rescate, de vigilancia.

El objetivo de la investigación es desarrollar un sistema fotovoltaico con energía renovable para un vehículo aéreo no tripulado que será usado en el FCI “VANT para el cultivo de Pitahaya en la costa ecuatoriana” por medio de controladores conocidos, para optimizar el uso energético en un VANT.

El uso del VANT, servirá para realizar actividades de fotogrametría (mapeo de terrenos agrícolas), con la ayuda de cámaras se podría automatizar la aplicación de fumigación, teledetección de plagas o monitorización del estado de la plantación de Pitahaya. La información recolectada en datos guardados por la cámara sin la asistencia humana se convertirá en informes o reportes para los ingenieros agrónomos o agricultores usando software inteligente.

Para medir la energía generada por los sistemas fotovoltaicos, se usará un multímetro (equipo para medir voltaje y corriente, potencia total) construido electrónicamente, usando microcontroladores Arduino y con la ayuda de una pantalla led (“4x20”), el cual mostrará el resultado de las diferentes pruebas realizadas con diferentes baterías

Uno de los problemas que se identifica es el desperdicio de energía con los métodos actuales de alimentación energética, el excesivo peso de las baterías de Lipo (Litio y

Polímero). Con este proyecto se plantea encontrar las fuentes renovables más óptimas y que no afecte en la aerodinámica del VANT.

Es primordial indicar que en otros países ya cuentan con este tipo de sistema fotovoltaico usando paneles solares, pero ingresarlas a nuestro país es más costoso que desarrollarla uno mismo.

Se desarrollará una propuesta energética eficiente por medio de un sistema fotovoltaico renovable, para que el VANT pueda mantenerse en el aire el mayor tiempo posible sin afectar el uso de la energía en todos sus dispositivos electrónicos.

Con los resultados obtenidos de la investigación contribuirá con el más adecuado sistema fotovoltaico para el desarrollo del proyecto FCI" VANT" para el monitoreo y control de las plantaciones de Pitahaya.

Esto dará inicio a emprender nuevos proyectos como el monitoreo de área en Guayaquil en los cuales no se cuenta con el control policial, en la búsqueda de personas desaparecidas en áreas extensas de difícil acceso. Se puede usar para la cartografía aérea, obteniendo mapas en 3D.

4.2 Orígenes y evolución de evolución de los sistemas eléctricos

La ingeniería aeronáutica ha estado desarrollándose constantemente en la historia del hombre durante los últimos 100 años, esto es posible con las mejoras tecnológicas. Hoy en día se pueden citar algunos casos de empresas aeronáuticas que buscan construir la aeronave más rápida o la más grande, otras empresas que se dedican a mejorar el uso de aeronaves con biocombustibles, y otras en la mejora de la propulsión con energía solar.

En la actualidad existen países que están apostando sus avances como Alemania que a finales de los 80 e inicios de los 90 han puesto varios proyectos para la construcción de plantas de energía solar, fomentando con subvenciones y ayudas del gobierno alemán. Otro caso a mencionar podría ser Rajastán (India), donde se ha construido la cocina solar más grande capaz de alimentar 33,800 personas diariamente.

Existen varios usos para las aeronaves no tripuladas, pero muy pocas aplican la energía solar. La primordial ventaja es la de ejecutar misiones sin la necesidad de exponer a cualquier piloto humano, esto ha sido posible por la reducción en el tamaño de diversos componentes.

Teniendo en cuenta que un VANT no requiere de mucha potencia eléctrica para el funcionamiento, este podría recibir esta potencia por un motor eléctrico impulsado por

energía solar. En la tabla 1 se muestran algunas especificaciones del sistema eléctrico para diferentes aeronaves:

Tabla 95. Características de Sistemas Eléctricos en Aeronaves

AERONAVE	ESPECIFICACIONES
Airbus A400M (Sist. Eléctrico)	4 generadores de 75 KVA generador trifásico de 95 KVA, 4 transformadores de DC, 2 baterías Ni/Cd, APU.
Airbus A300-600 (Sist.Eléctrico)	Sistema AC trifásico de 115/200V a 400Hz, sistema DC de 28V, 2 generadores 90KVA, 3 baterías de 150 ^a , APU Honeywell.
Boeing 767 (Sist. Eléctrico)	2 generadores trifásico AC de 115/200V a 400Hz, APU.
Falcon 50x (Sist. Eléctrico)	Fuente primaria de 28DC, 2 generadores de 9KW, Baterías 23Ah, APU.
Robín 2120-4z (Sist. Eléctrico)	Alternador 12V 50Ah, 1 Batería 12V 32Ah.
Aquila A210 (Sist Eléctrico).	Alternador 14V 40Ah, 1 Batería 12V.
Aero sonda UAV (Sist. Eléctrico)	1 batería 20 Watts.

Los orígenes de la evolución de los sistemas eléctricos son muy amplios por lo cual se resumirá cronológicamente con la siguiente tabla.

Tabla 96. Cronología de los sistemas eléctricos de Potencia

AÑO	PROTAGONISTA	HISTORIA
600 ac	Filosofo Tale de Mileto	Descubrimiento de la Electricidad estática
174 a 287 ac	Theophrastus	Primeros estudios de la Electricidad
1550	Médico italiano GirolamoCardona	Distinción entre Electricidad y Magnetismo
1600 a 1699	Científico inglés WilliamGilbert	Clasificación de los Materiales en conductores o aislantes.
1729	Stephen Gray	Primera transmisión de electricidad a travésde un conductor
1800	Físico italiano Alessandro Volta	Invencción de la Pila Eléctrica
1821	Michael Faraday	Creación del Motor
1827	Georg Simón Ohm	Formulación de la ley de Ohm
1831	Michael Faraday	Invencción del Transformador Eléctrico.
1832	Michael Faraday	Generador Eléctrico o Dinamo de

		Faraday.
1865	Charles Proteus Steinmetz	Desarrollo del Sistema Trifásico de corrientes Alternas.
1867	Científico suizo Horace de Saussure	Desarrolla el primer colector solar
1879	Niagara Falls	Primer Central Hidroeléctrica
1880	Thomas Alva Edison	Introducción a la corriente continua
1888	Nikola Tesla	Introducción a la corriente alterna
1897	Joseph John Thomson	Descubrimiento de los Electrones
1956	Británicos en Calder Hall	Se construye la primera central nuclear
1970	Crisis de Petróleo	Desarrollo de la energía eólica

Actualmente el uso de la energía solar en la aeronáutica es relativamente nuevo. Hay países que ya realizan investigaciones que estudian el mejoramiento y aprovechamiento de la energía solar eficientemente en las aeronaves. Hay numerosos proyectos que tienen como objetivos mantener aeronaves solares no tripuladas teledirigidas por mayor tiempo en el aire o provistos con motores de hidrógenos.

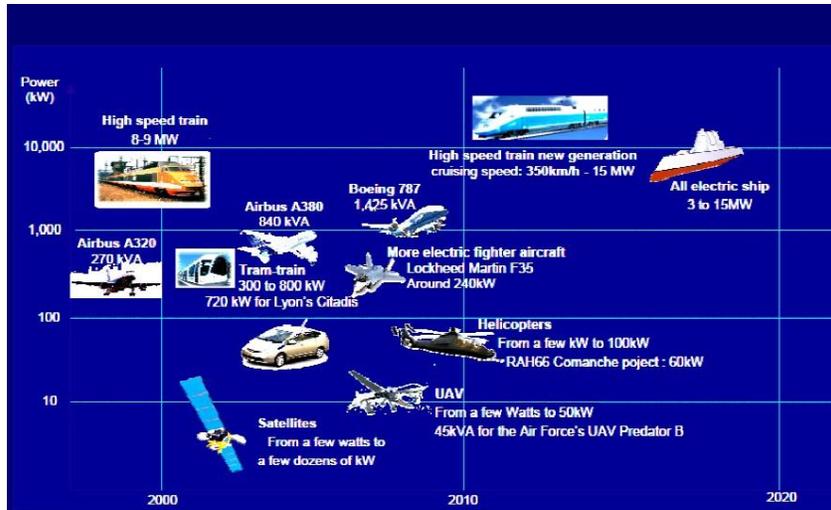
Figura 86. Evolución Histórica de los Sistemas Eléctricos



Fuente: EADS (*European Aeronautic Defence and Space*).

En el siguiente gráfico se visualizan los distintos sistemas eléctricos en los últimos años, así como también el voltaje y la potencia generada por distintos sistemas desde los tradicionales a los actuales.

Figura 87. Sistemas eléctricos en medios de transporte



Fuente: Estudios realizados por EADS (*European Aeronautic Defence and Space*).

4.3 Conceptos eléctricos y características

Tensión y Corriente. - La electricidad es el flujo de partículas cargadas por los electrones que viajan a través de materiales conductores, como barras de cobre o cables. Estas partículas ganan energía gracias a una fuente de poder como pueden ser: módulo fotovoltaico, batería, generador y transfieren esta energía obtenida a una carga (motor, equipo de comunicaciones, servomotores, lámpara, etc.) y luego retornan a la fuente para completar el ciclo.

La fuerza electromotriz de una batería es conocida como FEM, y la magnitud es conocida como tensión o voltaje esta se mide en voltios. Corriente eléctrica es el flujo de electrones a través de un cable, se mide en amperios.

Potencia. - Es la energía suministrada en la unidad de tiempo, su fórmula es la siguiente:

$$P = V \times I$$

Donde:

P= Es la potencia medida en watts.

V= Es la tensión aplicada medida en voltios.

I= Es la corriente que circula en amperios

Pérdida de Potencia. - Los conductores eléctricos generan la pérdida de electrones por la resistencia que se aplica, esto se traduce a la pérdida de potencia que se debe tomar en cuenta al realizar un sistema. Esta potencia pérdida se convierte en calor.

La resistencia de un conductor eléctrico dependerá de la característica propia del material del conductor a continuación se usará la siguiente fórmula que constituye la ley de Ohms e indica que la tensión aplicada es proporcional a la resistencia y a la corriente que circula por el circuito:

$$V = R \times I$$

Donde:

V= Es la tensión del sistema en voltios

I= Es la corriente que se transmite en amperios.

R= Es la resistencia del elemento conductor en ohmios.

Cantidad de Energía. - Si se desea mantener encendida durante 3 horas una lámpara que consume 50 Watts, la energía consumida será igual a:

Donde:

V= Es la tensión del sistema en voltios

I= Es la corriente que se transmite en amperios.

R= Es la resistencia del elemento conductor en ohmios.

Cantidad de Energía. - Si se desea mantener encendida durante 3 horas una lámpara que consume 50 Watts, la energía consumida será igual a:

Donde:

E= Energía.

H= Hora.

Si además se quisiera suministrar, con la misma fuente a un televisor que consume 60 Watts y este encendido durante 4 horas, el consumo de energía del televisor será igual a:

$$E1 = 60 \text{ Watts} \times 4 \text{ H} = 240 \text{ Watts/H}$$

Donde:



E= Energía.

H= Hora.

Si E1 y E2 son los únicos consumos de energía de ese día, la energía total demandada a la fuente diariamente será:

$$E_{tot} = E1 + E2 \square 150 + 240$$

$$E_{tot} = 390 \text{ Watts hora/día}$$

Donde:

E_{tot}= Energía Total.

Energía Solar. - La energía solar es una energía confiable, renovable, e inagotable. Y se caracteriza por permitir ser usada una y otra vez sin el riesgo que se acabe. Se la define a la energía solar como un combustible de libre acceso, obtenida por la radiación solar.

La energía generada por el sol puede ser aprovechada para la producción de electricidad, debido al efecto fotoeléctrico, y a la capacidad de la radiación electromagnética para sustraer electrones de algunos materiales como metales o sub-conductores.

A una mayor concentración de corriente eléctrica que son generados por estos paneles fotovoltaicos que se puede transformar en corriente alterna. Se la considera como la mejor opción de fuente energética del futuro en estos últimos años; por ser limpia, gratuita, abundante e inagotable a escala mundial.

Pero existen varios parámetros eléctricos y térmicos que afectan el funcionamiento de los sistemas solares como son:

- Las condiciones de funcionamiento.
- El movimiento azimutal.
- El movimiento de inclinación.
- La radiación solar.
- Los factores físicos del módulo.

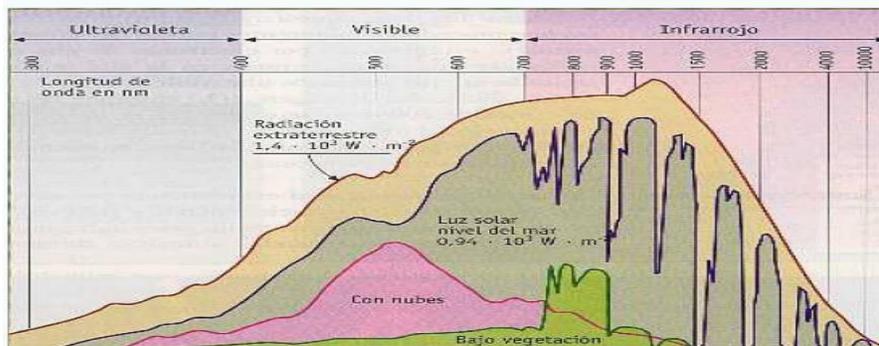
Se define a la energía solar fotovoltaica a la forma de obtener de los paneles fotovoltaicos o solares, energía eléctrica por la radiación solar. Los sistemas de captación solares son sencillos al realizar mantenimientos. Su costo se reduce con el paso del tiempo por los avances tecnológicos vs el aumento de los combustibles fósiles por la escasez que se profundizará en el transcurso del tiempo.

Otra de las ventajas que obtenemos al usar energía solar fotovoltaica es la reducción del efecto invernadero que es producido por las emisiones de CO_2 (Monóxido de Carbono) por la quema de otros combustibles, cambio climático y el efecto invernadero.

4.4 Consideraciones físicas, Meteorológicas y Geográficas

Espectro Luminoso. - La luz está generada por un foco incandescente, fluorescente o de origen solar, y está compuesto por un conjunto de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia, los cuales están agrupados por un cierto rango, a esto se lo denomina como espectro luminoso.

Figura 88. Variación de la Intensidad del espectro luminoso

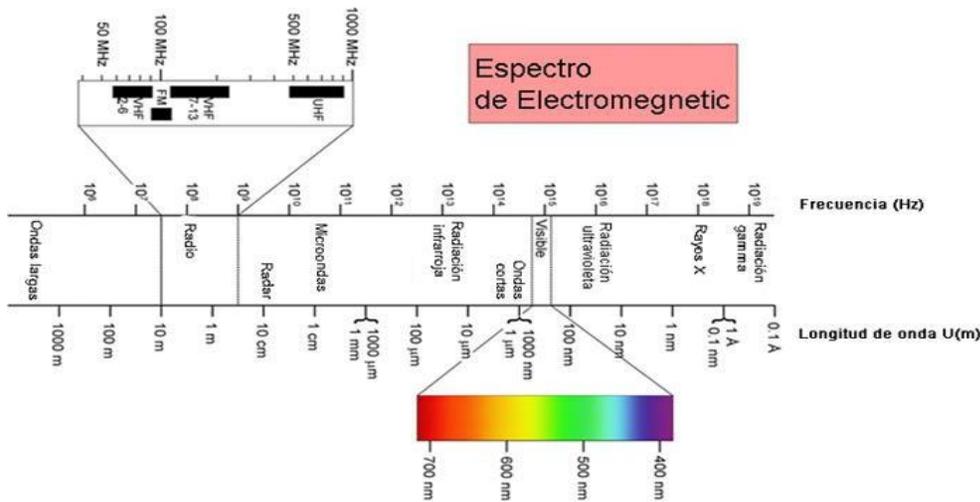


Fuente: Recuperado de www.fjferrer.webs.ull.es

Las ondas de baja frecuencia (infrarrojas están en el rango de 0,7 a 100 micrómetros), proporcionan calor. Las ondas de alta frecuencia (ultravioleta cubren el intervalo de 4 a 400 nm). Esto hace posible el proceso de fotosíntesis. El Gráfico 2.6 se muestra el espectro electromagnético.

El color de la luz solar varía de acuerdo a la composición que tenga el espectro de frecuencias. Los focos luminosos simulan el espectro de radiación luminosa de la luz solar que entra a la tierra cuando alcanza la posición del zenit (Luz Blanca). La intensidad y frecuencias que son generadas por Sol sufren cambios al cruzar la atmósfera. Esto se debe a la absorción, reflexión y dispersión de los gases que se encuentran en la capa atmosférica y que actúan de filtro para ciertas frecuencias que pierden su intensidad o son eliminadas totalmente.

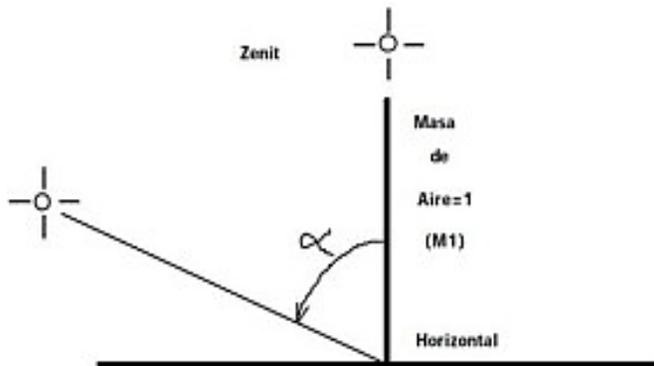
Figura 89. Espectro Luminoso



Fuente: Recuperado de www.academiatesto.com.ar

Masa de Aire. - Se define dependiendo la posición relativa del sol con respecto al lugar de donde se determina. Si los rayos caen en un ángulo de 90° respecto a la tierra, se dice que el sol alcanzó su zenit. La radiación que genera está directa del sol y atraviesa una distancia mínima a través de la atmosfera terrestre.

Figura 90. Relación masa de aire – Zenit



Fuente: Recuperado de Conference for Engineering and Technology (2004)

El proceso fotovoltaico es resultado de un limitado rango de frecuencias de espectro visible de manera que es importante mencionar que el espectro de radiación de la fuente luminosa que se usa para evaluar la celda fotovoltaica se define como un parámetro llamado masa de aire.

A la posición del zenit se le asigna una masa de aire que es igual a 1. Para calcular la distancia de una masa de aire se usa la siguiente expresión:

$$\text{masa de aire} = \frac{1}{\cos \alpha}$$

En la cual el ángulo de α está formado por la posición del sol y la posición del zenit y por el $\cos \alpha$ ese valor varía entre 1 y 0 cuando el ángulo varía de 0° a 90° . Donde los valores de α mayores que 0, y el valor de $\cos \alpha$ es siempre menor que la unidad por esa razón el valor de masa del aire se incrementa.

Para valores mayores, la unidad señala que la radiación directa debe atravesar una distancia mayor dentro de la atmósfera y el ángulo de inclinación debe ser con respecto a la posición del zenit.

Variación del espectro luminoso. - Es la variación de la intensidad y el color de luz solar durante la salida o puesta de sol. Es el resultado del incremento de la distancia, reflexión, dispersión y absorción de la luz solar cambiando el rango de frecuencias como también su intensidad.

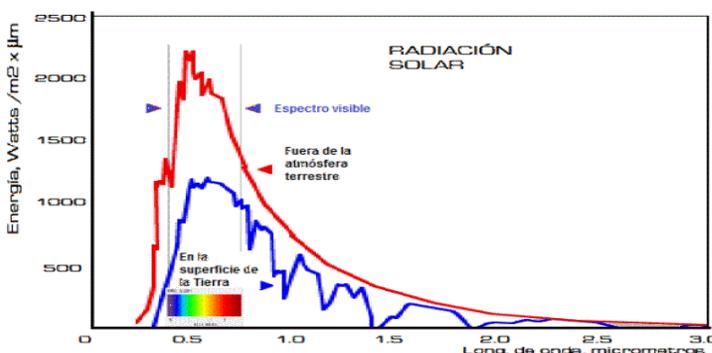
La fuente luminosa empleada para calcular la potencia de salida de un panel FV.

1kw/m² (fotovoltaico) tiene un espectro luminoso correspondiente a 1,5 metros siendo la intensidad más cercana.

La radiación está conformada por las siguientes proporciones:

- 47% por espectro visible.
- 46% por espectro infrarrojo.
- 7% por el espectro ultravioleta.

Figura 91. Espectro electromagnético de la radiación solar



Fuente: Recuperado en www.ecoefecto.com/tecnologia_fv.htm



Insolación. - Se denomina insolación a la cantidad total de radiación solar que recibe un punto determinado del planeta (directo o reflejado), sobre la superficie de 1 m². Esta palabra tiene su origen de lengua inglesa insolation y que tiene su derivado del acrónimo de 3 palabras: Incident Solar Radiation (Radiación Solar Incidente).

El valor de insolación en un lugar en específico debe mostrar el valor promedio de la misma. Para calcularlo, se requiere tener en cuenta las variaciones estacionales. Se necesitan distintas unidades para expresar los valores de la insolación de ese lugar.

La unidad de medida es kilowatt-hora por metro cuadrado.

$$\left(\frac{KWh}{m^2}\right), \text{ o su equivalente en miliwatt/hora X cm}^2 \left(\frac{mWh}{cm^2}\right).$$

Variación de la Insolación. - Si esta superficie colectora permanece con un ángulo de inclinación fijo, el valor de la insolación dependerá de las condiciones atmosféricas en ese lugar y la posición de sol respecto al horizonte. Adicionalmente se debe considerar que las nubes incrementan la absorción, reflexión y dispersión de la radiación solar.

En las regiones desérticas dada la escasez de nubes se obtiene mayores valores de insolación en el planeta. Este valor de insolación dependerá si se origina al amanecer, al atardecer o en invierno son menores, en cambio sí se originan en el medio día, o el verano son más elevados.

La posición del sol en el espacio de cualquier parte del mundo, se rige por las leyes de la mecánica celeste y se expresan en fórmulas de trigonometrías esféricas. Y que están en función de la declinación de la época del año, y el ángulo del instante del día y de la latitud del lugar.

Irradiación (El Sol). - Se define como la potencia luminosa. Los fabricantes de los paneles solares fotovoltaicos determinan el límite de la potencia eléctrica de salida

usando una fuente con una potencia luminosa de $1 \frac{kw}{m^2}$. Este valor toma el nombre de Sol. Se ha convertido en un valor estándar, y facilita comparar diferentes paneles

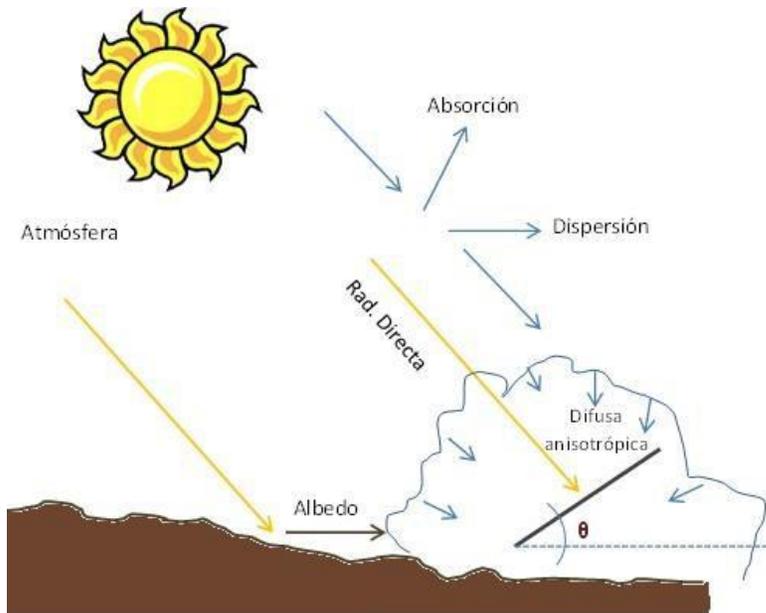
con distintos orígenes, considerando que 1m² =10000 cm², y que 1 Kw=1000 Watts se tiene que:

$$1SOL = 1 \frac{KW}{m^2} = 100 \frac{miliwatts}{cm^2}$$

Las dos cantidades son usadas indistintamente en las superficies de paneles fotovoltaicos. Para especificar la radiación solar terrestre, es necesario establecer las siguientes definiciones:

- Radiación Solar Directa: Es la radiación que incide directamente del sol.
- Radiación Solar Difusa: Es la radiación dispersada por los agentes atmosféricos (nubes, polvo, etc).
- Radiación Solar Albedo: Es la radiación reflejada por el suelo o por los objetos cercanos (montañas, lagos, edificios). La sumatoria de estos tres componentes da como resultado la RADIACIÓN GLOBAL.

Figura 92. Componentes de la radiación solar terrestre total



Fuente: Recuperado de www.blogdequk.com/

Día solar promedio. - El valor de la radiación varía proporcionalmente a la variación de la masa de aire, la cual cambia constantemente desde el amanecer hasta el anochecer. Para obtener el cálculo de la energía eléctrica producida diariamente por un panel fotovoltaico se debe definir el día solar promedio, el cual es el número de horas entre las horas del amanecer y el anochecer durante el sol emita radiación con una potencia luminosa de 1 SOL.

Por ejemplo: Si tenemos una insolación de 5kw/m². Si este valor se divide por un SOL, se consigue el valor en hora y de este modo se obtiene el día solar promedio en horas para esa locación y inclinación.

$$DIA\ SOLAR = \frac{5\ KWh/m^2}{1\ KW/m^2}$$

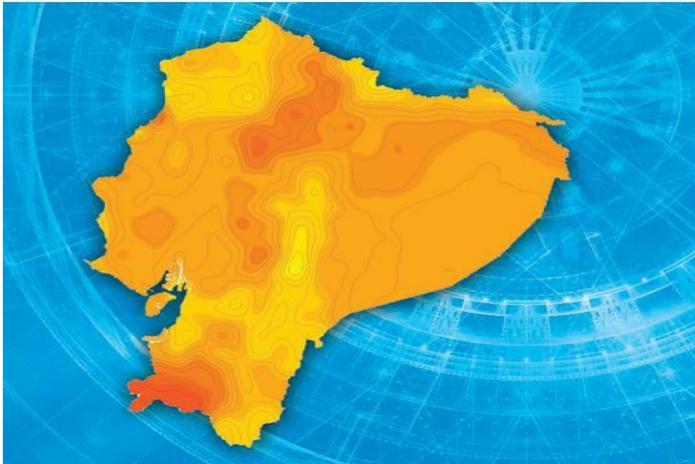
Mencionar que los paneles fotovoltaicos son usados con una intensidad luminosa de un SOL, la duración del día solar promedio determinará la cantidad de horas del total de horas de luz diaria, donde el panel solar es capaz de producir la potencia máxima de salida especificada por el fabricante.

4.5 Análisis de la variación solar en la República del Ecuador al 2017

El Ecuador es un país con una gran variedad de situaciones topográficas y climáticas muy distintas y únicas, el cual permite un elevado potencial de energía renovable y limpia.

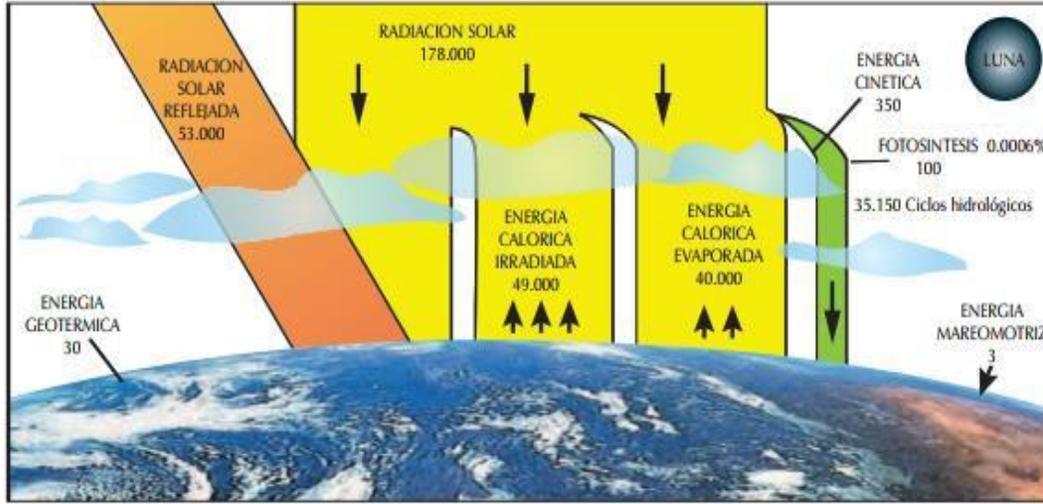
En las siguientes imágenes se mostrarán los valores promedios mensuales para la variación de la radiación solar, y temperaturas dominantes en la República del Ecuador durante el año 2017.

Figura 93. Atlas Solar de la República del Ecuador



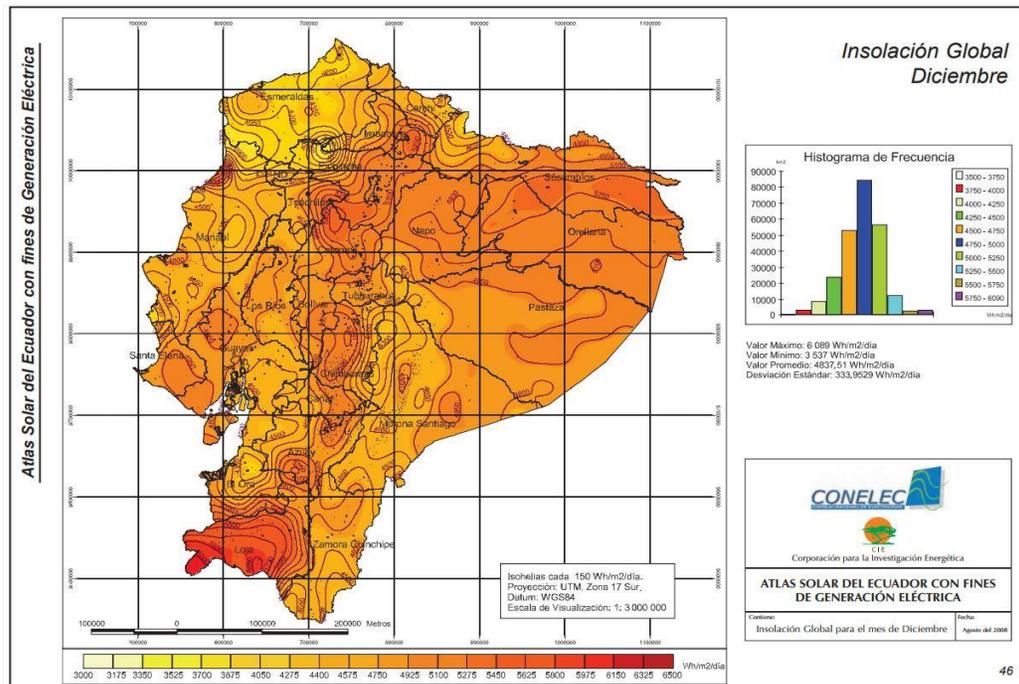
Fuente: Recuperado de www.energia.org.ec/cie/wp-content/ 2017

Figura 94. Energía que ingresa a la tierra en promedio por año



Fuente: Recuperado de www.energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017

Figura 95. Insolación mes de diciembre 2017 (Global)

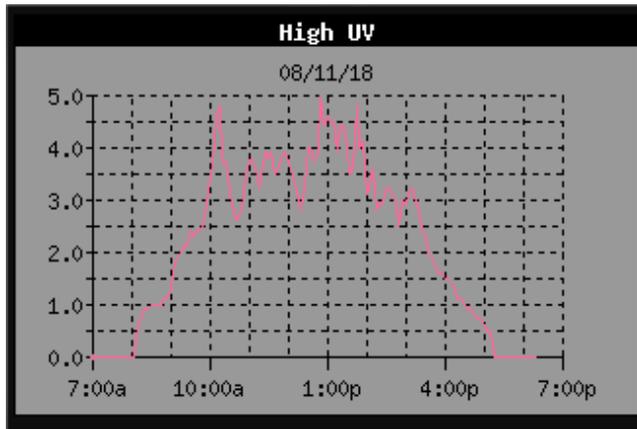


Fuente: Recuperado de www.energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017

También se encontraron datos muy interesantes y en tiempo real de la situación la radiación ultravioleta en guayaquil, la cual recibe una actualización cada 5 minutos.

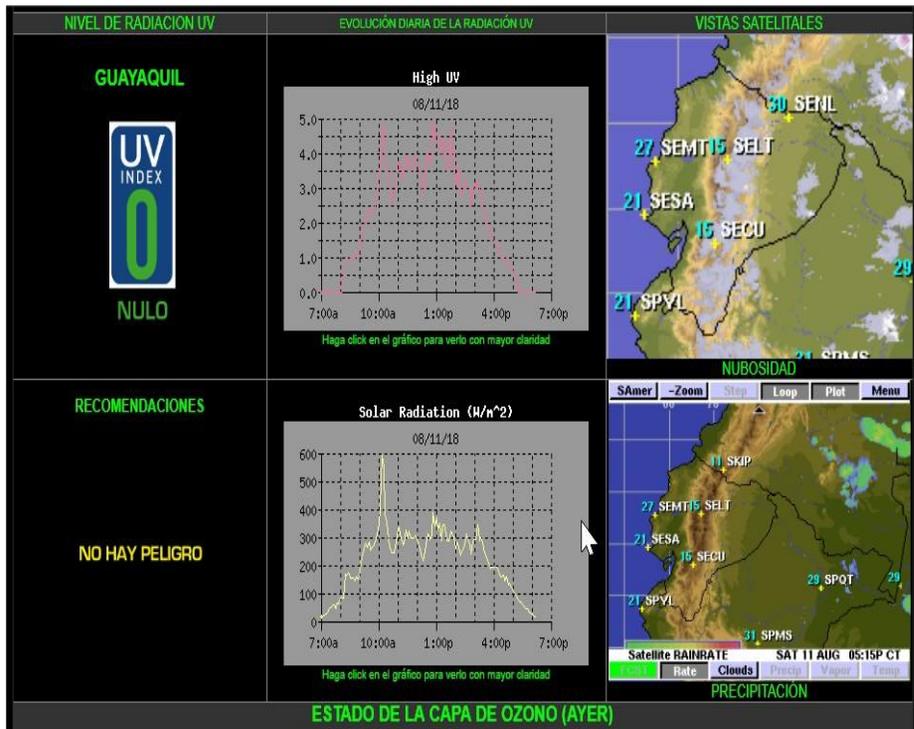
Nos mostrará el nivel de radiación, la evolución durante el día, las precipitaciones y demás datos que intervienen para el correcto funcionamiento del VANT.

Figura 96. Radiación generada el sábado 11 de agosto de 2017



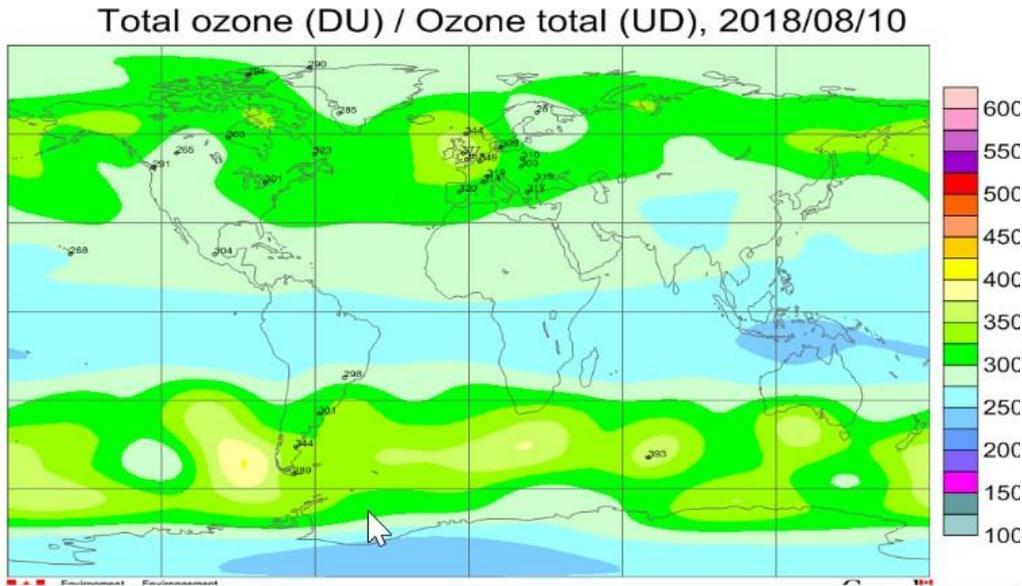
Fuente: Recuperado de www.uv.exa.ec/, (MONITOR NACIONAL DE RADIACION ULTRAVIOLETA)

Figura 97. Monitor Nacional de radiación ultravioleta



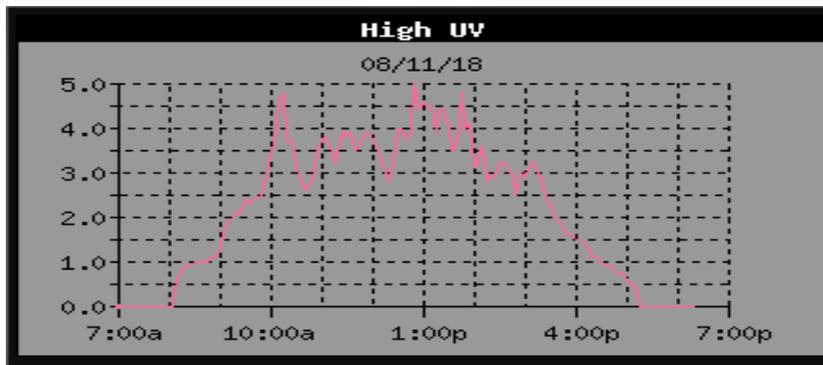
Fuente: Recuperado de www.uv.exa.ec/ (MONITOR NACIONAL DE RADIACION ULTRAVIOLETA)

Figura 98. Estado de la capa de Ozono en el Mundo



Fuente: Recuperado de www.uv.exa.ec/ (MONITOR NACIONAL DE RADIACION ULTRAVIOLETA)

Figura 99. Radiación solar (W/m²)



Fuente: Recuperado de www.uv.exa.ec/ (MONITOR NACIONAL DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA)

Figura 100. Monitor de Clima, Temperaturas Máxima y Mínima en Guayaquil



Fuente: Recuperado de www.uv.exa.ec/ (MONITOR NACIONAL DE RADIACION ULTRAVIOLETA)

4.6 Sistemas Fotovoltaicos

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo conformado de un conjunto de elementos, a partir de la insolación recarga algunas celdas fotovoltaicas con energía lumínica en forma directa y la convierte en energía eléctrica la cual es aprovechada por el hombre. El sistema lo componen los siguientes elementos:

- **Generador solar:** Compuesto por varios paneles fotovoltaicos que reciben la insolación luminosa que proviene del sol y la convierte en corriente continua a baja tensión (12 o 24 Voltios).
- **Acumulador:** Se define al elemento que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.



- Regulador de carga: Tiene la particularidad de evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le producirá daños irreversibles; y asegurará que el sistema opere siempre en su máxima eficiencia.
- Inversor: (opcional) Transforma la corriente continua de 12 o 24 Voltios almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 Voltios.

Instalación solar fotovoltaica sin Inversor: Utiliza una tensión de 12 Vcc (corriente continua).

Instalación solar fotovoltaica con inversor: Utiliza una tensión de 220 Vca (corriente alterna).

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones:

- Sacar una línea directamente para la instalación utilizando lámparas y elementos de consumo de 12 o 24 Vcc.
- Transformar la corriente continua en alterna de 220 Voltios a través del inversor.

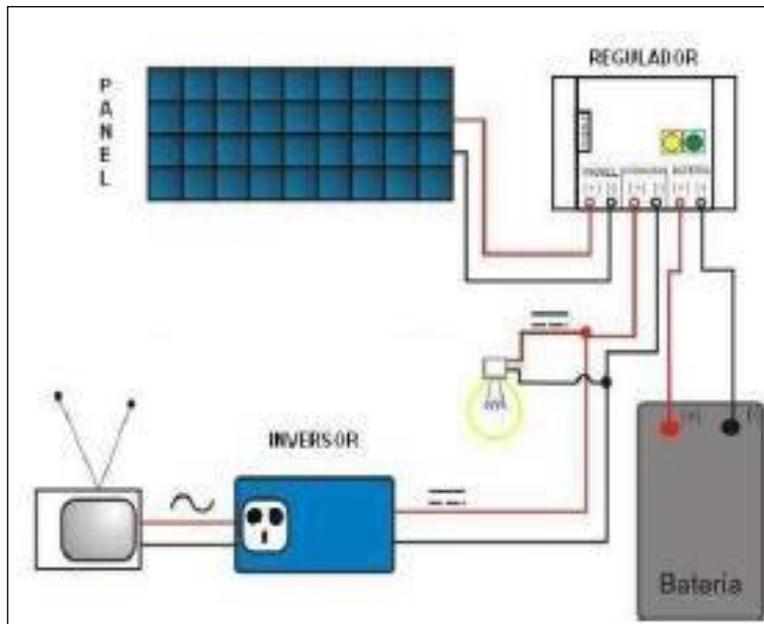
El sistema fotovoltaico es considerado como sistemas alternativos que producen energía eléctrica que la generan por la captación de luz solar, es beneficioso para el medioambiente por no contener elementos contaminantes en su explotación o por lo que lo constituye. Son una fuente de energía renovable, convencional y de recursos.

Algunos están diseñados y fabricados de tal manera que se obtengan 3 días de autonomía sin sol. Los componentes pueden variar de acuerdo si se desea obtener corriente alterna o directa.

Existen diferentes tipos de configuraciones:

Celdas Fotovoltaicas o Solares. - Los paneles están compuestos por celdas fotovoltaicas los cuales están generalmente constituidos de silicio policristalino, que es un material de cristal semiconductor de energía eléctrica la cual recibe la luz solar y la transforma en energía eléctrica.

Figura 101. Configuración Típica de un Sistema Fotovoltaico



Fuente: Análisis de la Investigación realizado por los autores.

Sus orígenes se registran por primera vez por Edmund Bequerel en 1839 cuando apreció que la acción de la luz sobre un electrodo de platino recubierto de plata sumergido en electrolito producía una corriente eléctrica.

Después de 40 años los primeros elementos fotovoltaicos de estado sólido fueron contruidos por los científicos que descubrieron el selenio. En 1876 William Adams y Richard Day descubrieron que una fotocorriente se genera en una muestra de selenio poniendo en contacto dos placas de platino.

En 1894 Charles Fritts diseñó lo que sería la primera celda solar de gran superficie la cual se preparó al unir una capa de selenio entre una de oro y de otro metal.

En años posteriores se hicieron experimentos con finas películas de cobre y óxido de cobre, sulfuro de plomo y sulfuro de talio. En la década de 1930, la teoría de la barrera metal-semiconductor fue desarrollada por Walter Schottky, Neville Mott y otros. Sin embargo, no fueron las propiedades de los materiales lo que interesó a los investigadores, sino la fotoconductividad.

En la década de 1950 el desarrollo de la electrónica utilizando silicio siguió al descubrimiento de elaborar junturas p-n en el silicio, obleas de silicio tipo n se desarrollaban una cubierta tipo p cuando eran expuestas a tricloruro de boro en forma gaseosa.

En 1954 una juntura p-n de sulfuro de cadmio fue producido con una eficiencia del 6% y en los años siguientes estudios de junturas p-n de GaAs (Arseniuro de galio), InP (Fosforo de indio) y CdTe (Telururo de cadmio) se realizaron estudios teóricos que indicaban que eras factibles usar estos materiales por ser eficientes. No obstante, el silicio se mantiene como el material fotovoltaico más usado, debido a los avances de la tecnología en el silicio por la industria de la micro tecnología.

En 1970 la crisis en el suministro de energía experimentado por la escasez de petróleo en esa época, llevo a un repentino aumento del interés en las fuentes alternativas de energía, lo que llevo a un mayor financiamiento en la investigación y el desarrollo en dichas zonas.

Se abarataron costos por el uso de materiales alternativos como el silicio policristalino, silicio amorfo y otros tipos de “películas delgadas” y conductores orgánicos.

A finales de los años 1990, la producción de paneles fotovoltaicos aumentó del 15 al 25% por año, lo que llevo a la reducción de costo.

Por primera vez los sistemas fotovoltaicos son competitivos en aplicaciones donde el suministro convencional eléctrico es más caro, tales como pequeñas aplicaciones para la navegación remota, las telecomunicaciones o la electrificación rural.

Durante este desarrollo se pueden diferenciarlos por 4 etapas que se detallan a continuación:

1. Celdas de Primera Generación: Consisten en una gran superficie de cristal simple, la misma que tiene uniones de diodo p-n, esta generación constituye la dominante en la producción comercial y es representada por el 86% del mercado de celdas solares.
2. Celdas de Segunda Generación: En esta generación se basa en el uso de depósitos epitaxia les delgados de semiconductores sobre obleas concentradas de 2 tipos: las espaciales (la cuales tienen una eficiencia más alta 28 al 30%) o las terrestres (la cuales tienen la eficiencia más baja 7 al 9%), esta segunda generación constituye un pequeño segmento del mercado fotovoltaica terrestre, y del 90% del mercado especial.
3. Celdas de Tercera Generación: Estas celdas fotovoltaicas son distintas en los dispositivos semiconductores que se usan en las generaciones anteriores ya que no usan la típica juntura unión p-n. Para uso de aplicaciones especiales están los dispositivos de huecos cuánticos y que incluyen nanotubos de carbonos del cual se espera una eficiencia del 45%. En la



aplicación terrestre están en fase de investigación para que los dispositivos usen celdas fotoelectroquímicas, celdas solares de tintas sensibilizadas, celdas solares de polímeros.

4. Celdas de Cuarta Generación: Se basa en una tecnología fotovoltaica compuesta, en la cual se mezclan nano partículas con polímeros para desarrollar una capa multiespectrales lo que asegurarían celdas solares más baratas y eficientes, usando la tecnología de multijuntura, que se ha usado en las misiones a Marte llevadas a la NASA.

Esta trabaja con celda solar compuesta, en la cual la primera capa convierte los distintos tipos de luz, la siguiente capa realiza la conversión de energía y la última es para el espectro infrarrojo. Esta investigación de base se supervisa y se desarrolla por parte de DARPA (Agencia de proyectos de investigación avanzados de defensa) el cual determina si la tecnología es viable o no.

Conexión en serie y paralelo

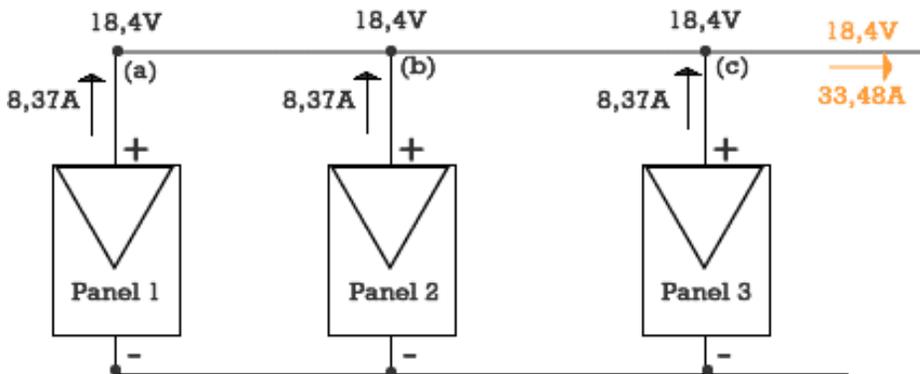
En los proyectos fotovoltaicos, especialmente en las instalaciones solares aisladas y dependiendo de la potencia de la instalación, se necesitará asociar varias placas en serie o paralelo para conseguir los niveles de tensión y corriente deseados.

Para la conexión de placas solares fotovoltaicas, hay tres opciones:

Conexión de placas solares en Paralelo: Se conectan todos los módulos por sus polos positivos, y por separado todos los polos negativos. Lo que conseguimos es aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel) pero se mantiene el mismo voltaje en cada uno de los paneles que componen la rama.

Si conectamos los paneles en paralelo, en la salida de la rama tendremos la suma de las corrientes y la tensión de salida de cada “subrama”. Lo revisaremos mejor con un ejemplo.

Consideremos que tenemos una instalación fotovoltaica aislada compuesta por 3 ramas en paralelo con una placa solar de 12 Voltios, de tensión nominal 18,4 Voltios y corriente de 8,37 Amperios. Si no hubiera pérdidas de ningún tipo, el esquema de conexión de placas solares en paralelo se podría representar así:



Como observamos en el esquema, en el color naranja tenemos los valores de salida del sistema de generación fotovoltaico (los llamados paneles solares de 12 Voltios por ser usados para sistemas aislados con baterías), donde la tensión de salida, sería de 18,4 Voltios (los paneles están conectados en paralelo) y la corriente 33,48 Amperios (al estar en paralelo se suma la corriente de cada rama a, b y c).

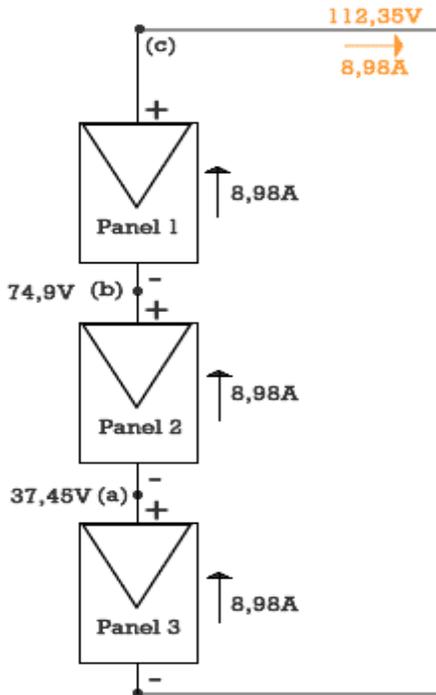
Conexión de módulos fotovoltaicos en Serie: En este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles sean necesarios. Se consigue aumentar el voltaje y mantener el mismo valor de corriente generada.

El voltaje generado será igual a la suma de cada una de los voltajes de cada panel que compone la rama, o dicho de otro modo, multiplicamos la tensión unitaria por el número de paneles de la rama, pues siempre debemos conectar paneles de las mismas características unos con otros.

Lo observaremos en el siguiente ejemplo:

Consideremos que tenemos una instalación fotovoltaica de autoconsumo compuesta por una rama con 3 paneles en serie de placas con 37,45 Voltios de voltaje y 8,98 Amperios de corriente.

Si no hubiera pérdidas de ningún tipo, el esquema de conexión de las placas en serie se podría representar así:

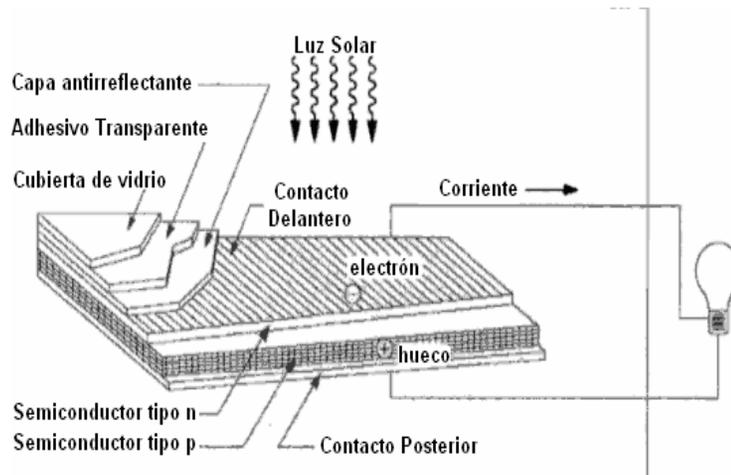


Como podemos ver en el esquema eléctrico, en el nodo (c) de la primera rama tenemos la suma de voltajes de los paneles y la corriente unitaria, en el nodo (d), que es la salida del sistema, tendremos la misma tensión de salida de cada una de las ramas, pero como corriente de salida será la suma de la corriente de salida de cada una de las ramas, al encontrarse las dos ramas conectadas en paralelo.

En la Figura 19 se muestra la estructura de una celda solar de silicio, usualmente está compuesta de contactos metálicos en la parte inferior y superior y así recolectar la energía proporcionada por los rayos de luz solar.

Existe un compromiso entre maximizar la conductividad eléctrica y facilitar el paso de los rayos de luz por las celdas, lo que afecta en el diseño de los conductores de contacto superior. También se añade una capa de vidrio para proteger la celda y materiales anti reflectante.

Figura 102. Estructura básica de Celda Solar con juntura P-N



Fuente: “Wind and Solar Power Systems”, First Edition (1999).

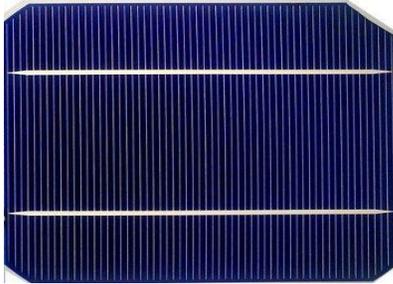
Comúnmente son hechos de silicio por lo abundante de este material, también se complementa con otros materiales que otorgan buenas características en cuanto a la energía eléctrica con mayor eficiencia, lograr mejorar potencia, volteje deseado y tensión por celdas, estudiaremos algunos a tipos de celdas fotovoltaicas en función a los materiales en que se puede desarrollar:

Paneles Cristalinos

Compuestos por Silicio Monocristalino. - Se fabrican con bloques de silicio o lingotes de forma cilíndrica, se componen de secciones de un solo cristal de silicio (Hexagonales o Cuadrados), este es un factor importante cuando no disponemos de mucha superficie para instalar paneles, ya que así podemos conseguir mayor potencia con el mismo espacio.

También su vida útil suele ser mayor que los paneles policristalinos y se comportan mejor con radiación difusa. Tiene una coloración y aspecto uniforme que indica una alta pureza, emplea el método Czochralski. Son un poco más caros porque se pierde mucho silicio en el proceso de fabricación.

Figura 103. Celda Solar Monocristalina



Fuente: Recuperado <http://www.electroimpulso.com.ar>

Principales características

Usos: Sistemas de Monitorización.

Funcionamiento: Estabilidad, mayor rendimiento y mayor resistencia al calor.

Eficiencia: Fluctúa entre 15% hasta el 30% en algunas marcas porque se fabrican de silicio puro.

Ventajas: Son las más utilizadas actualmente por su estructura completamente ordenada con el mayor rango de rendimiento y largo tiempo de vida útil (hasta 25 años).

Desventajas: Costo elevado, se desperdicia material durante su producción y si el panel es cubierto por otro material, el circuito puede llegar a descomponerse.

Compuestos por Silicio Policristalino. - El silicio se funde y se procede a verter en un molde cuadrado, una vez frío se corta en láminas cuadradas perfectas, que están formadas por pequeñas partículas cristalizadas. No se emplea el método Czochralski. Son de menor costo que el Monocristalino, porque se pierde mucho menos silicio en el proceso, no se comporta bien a altas temperaturas por lo cual en estas condiciones puede generar menos energía que el resto de paneles.

Figura 103. Celda Solar Policristalina



Fuente: Obtenido en www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos

Principales características Usos: Iluminación para Hogares.

Funcionamiento: Rapidez en el proceso de calentamiento.

Eficiencia: La eficiencia se sitúa entre el 13 y el 16% porque no tienen silicio tan puro como los Monocristalino.

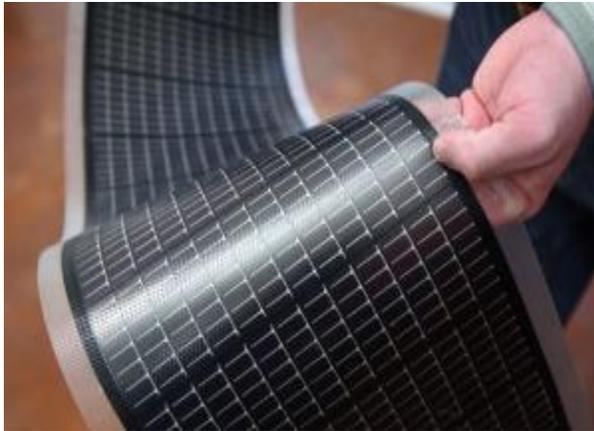
Ventajas: Menores costes en el proceso de producción, se pierde mucho menos material en su fabricación.

Desventajas: Posee menos resistencia al calor y esto puede afectar su vida útil, se necesita cubrir mayor espacio con paneles policristalino.

Paneles de Capa Fina. - Estos paneles son fabricados al depositar varias capas de material fotovoltaico como base. Dependiendo del material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de Sulfuro de Cadmio (CdTe), de Cobre, indio, paneles con capas transparentes, paneles con celdas solares Híbridas, (Galio y Selenio GIS/CIGS) y células fotovoltaicas orgánicas (OPC).

Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina trabaja con una eficiencia del 7 al 10%.

Figura 105. Celda Solar Capas Finas



Fuente: Recuperado de <http://www.electrontools.com/Home/>

Principales características

Usos: También usados para iluminación de hogares, inspecciones de plantas fotovoltaicas.

Funcionamiento: Son flexibles lo que permite su adaptación a todo tipo de superficies.

Eficiencia: La eficiencia se sitúa entre el 7 al 10% por que usan diferentes materiales como base.

Ventajas: Costos muy bajos en comparación con los paneles cristalinos, reproducción en masas mayormente para usos domésticos, apariencia homogénea y pueden ser flexibles y adaptarse a cualquier superficie. Es impermeable.

Desventajas: Su menor rendimiento requiere varios paneles que ocupan mayor espacio, tienden a degradarse más rápido que los cristalinos.

En la tabla 3 se conocerán datos relevantes sobre algunos tipos de celdas fotovoltaicas que se pueden encontrar en mercado.

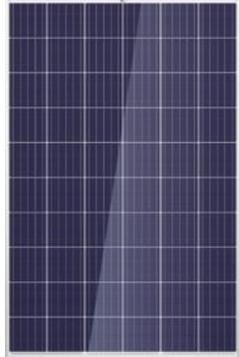
Tabla 97. Tipos de Celdas fotovoltaicas

Empresa	Marca	Características	Precio	
Alta Devices	UAV GaAs Series	Eficiencia del 31,6%, Hecho GaAs, grosor 45 μ m, masa celular 253 g/m^2	50\$ a 100\$, a por watts	 <small>World Record Efficiency: 28.8% and 31.6% Custom 4x2 Series x Parallel Solar Module</small>



<p>Jxsol</p>	<p>JXM200</p>	<p>Silicio Monocristalino, 72 unid, energía Max de 200Wp, certificado TUVPRO (IP65), marco anodizado aleación de aluminio tipo 6063-t5 blanco. Eficiencia 17.80%</p>	<p>87\$</p>	
<p>Glory Solar</p>	<p>GSP-130W</p>	<p>Silicio Monocristalino, tamaño 125 x 125 mm, con 50 unid, energíaMax 130Wp, eficiencia 22%, revestimientoPVC, se usa en UAV, militar, bicicleta, techocoche., pesa 2.7 JGS. Certificado CE, RoHS, ISO9001</p>	<p>300\$</p>	
<p>Sunket</p>	<p>SKT250M-24-e7c0</p>	<p>Silicio Monocristalino, 1480x992x35mm, 72 células, energía máxima 250Wp, se conoce como 250 W Mono panel solar, eficiencia17.03, tiene 17 kg,marco aleación de aluminio anodizado. Certificado IP67.</p>	<p>145\$</p>	
<p>Company</p>	<p>FlexsolarFSS-F0-171000</p>	<p>Flexible, vieneadaptador de carga, energía máxima 100w, es para Dron, salida 17,3v, peso 2,6 kg, eficiencia >22%, garantía 12 meses.</p>	<p>169\$</p>	



<p>Anhui Canbang</p>	<p>Cbe CBE- SP</p>	<p>Normal, uso industrial, voltaje de salida 110v/220v, energía máxima 260Wp, tiempo 24h, silicio</p> <p>Monocristalino, certificado ISO9001/14001, CE/TUV. Marco aleación de aluminio.</p>	<p>220\$</p>	
---------------------------------	----------------------------	---	--------------	---

Fuente: Análisis de la Investigación realizado por los autores.

Cada de estos paneles tienen la capacidad de producir energía que es enviada al regulador. El regulador constituye una parte importante dentro de este sistema, tiene la función de regular el voltaje que el panel entrega y carga la batería.

El regulador está pendiente de la acción de carga y descarga de las baterías, las protege y alarga la vida útil de la misma.

La batería está diseñada para acumular toda la energía eléctrica que le es entregada y posibilitar el correcto funcionamiento de los equipos tanto en los días sin sol como en la noche. El inversor permite convertir la corriente directa en corriente alterna.

Se denomina acumuladores o baterías eléctricas al dispositivo que se usa para recolectar la energía producida durante las horas de sol y que son usadas al anochecer o en días nublados.

Se deberá valorar las necesidades energéticas, con objeto de ponderar correctamente la capacidad de almacenamiento del acumulador o batería.

Por lo que se necesita averiguar la potencia máxima y media, eso implica conocer la cantidad de equipos que están conectados con la energía eléctrica de las baterías y el número de horas que funcionara cada uno al día. Multiplicando la potencia de cada dispositivo por sus horas de funcionamiento da como resultado la energía diaria consumida.

El sistema de generación compuesto en los paneles solares, que se instalan en áreas con bastante insolación. Son capaces de proporcionar electricidad de una manera continua, si se utilizan los sistemas complementarios apropiados.

Dependiendo del consumo energético y de la capacidad de almacenamiento de acumulación de las baterías se podrá garantizar el vuelo del VANT en tiempo más largo.

4.6 Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión es la relación entre la energía eléctrica generada y la energía incidente utilizada para obtenerla por 100:

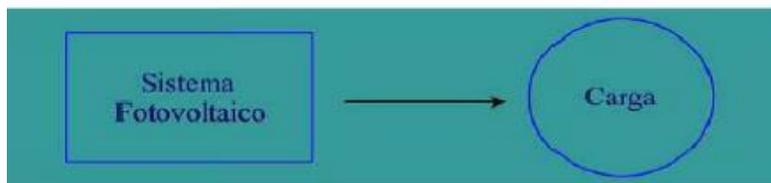
$$\eta\% = \frac{\text{Energía generada}}{\text{Energía incidente}} \times 100$$

Las celdas fotovoltaicas que utilizan semiconductores cristalinos tienen una mayor eficiencia a las que usan semiconductores policristalinos, debido a las imperfecciones en el compuesto.

Conformación de los sistemas de generación de energía

- Directamente conectados a una carga: Es el más simple ya que el generador solar se conecta directamente a la carga, normalmente es un motor de corriente continua.

Figura 106. Directamente conectados a una carga

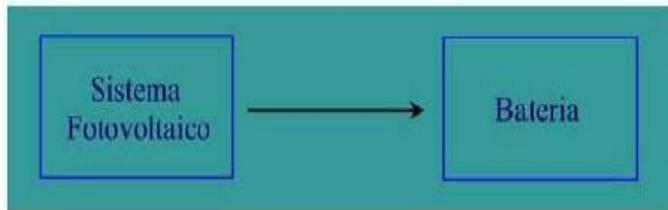


Fuente: Recuperado de

www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca

- Sistema modulo-batería: Se usa para restablecer el auto descarga de una batería, el cual se usa para el arranque de un motor. Otra aplicación en la que el sistema fotovoltaico se conecta de forma directa a la batería es en sistemas de electrificación de pequeña potencia.

Figura 107. Sistema modulo-batería

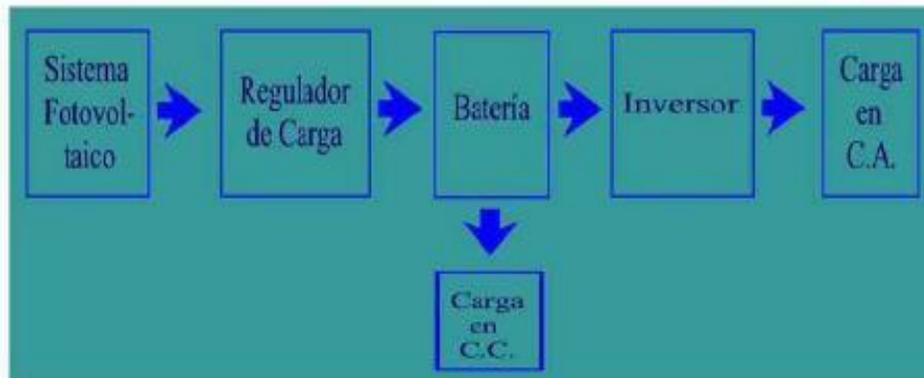


Fuente: Recuperado de

www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca

Sistema Fotovoltaico, Batería y Regulador: Es la distribución más usada en la cual las celdas se acoplan, al generador una batería usando el regulador para que no exista sobrecarga, estas se alimentan en corriente continua.

Figura 108. Sistema Fotovoltaico, Batería y Regulador



Fuente: Recuperado de

www.itlalaguna.edu.mx/Academico/Carreras/electronica/opteca

4.7 Microcontroladores

Se define como un circuito integrado programable, que incluye todos los componentes necesarios para controlar el correcto funcionamiento de una tarea establecida, para esto utiliza muy pocos componentes asociados. Micro porque son pequeños y controladores porque controlan máquina y otros controladores.

Un sistema con microcontrolador debe disponer de memorias, donde se almacena el programa que controla, administra y supervisa el funcionamiento del equipo, una vez programado y configurado, solo sirve para ejecutar la tarea asignada. Usar

microcontroladores en algún circuito reduce el tamaño, número de componentes, se disminuye el número de averías, el peso de los equipos, entre otras ventajas.

Un microcontrolador a diferencia de un microprocesador puede funcionar completamente en solitario sin requerir integrar circuitería de apoyo digital (Convertidores de datos, controlador de bus y memorias externas).

Cuando usamos dispositivos que tienen un microcontrolador que trabaja como “cerebro”, lo que se busca es tratar de imitar nuestro cuerpo. El cerebro necesita información para tomar decisiones y esta es recogida gracias al uso de varios sensores. A su vez este reenvía por medio de señales al mundo exterior utilizando “entradas” y las “salidas”.

Son muy usados en dispositivos y maquinaria controlada automáticamente, también en controles remotos, como las computadoras de control del motor de un auto, herramientas, juguetes y máquinas de oficina, etc. Debido a la alta reducción del tamaño, consumo de potencia de los microcontroladores y costos ha hecho posible el control electrónico de muchos procesos.

Características de los Microcontroladores

Son diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de uso que se dé. Este difiere de un CPU normal porque esta es fácil de convertirla en una computadora con el uso de pocos chips externos de apoyo.

Está pensado para que se coloque un chip en un dispositivo, se enganche a la fuente de energía y de la información que se necesite. Un microprocesador no permite hacer esto, ya que espera que todas sean manejadas por otros chips, y se debe añadir módulos de entrada y salida (puertos) y la memoria para el almacenamiento.

Por ejemplo:

Un microcontrolador típico tendrá un generador de reloj integrado, con una pequeña cantidad de memoria RAM/ ROM/ EPROM/ EEPROM/ FLASH, y hacerlo funcionar todo lo que se necesita son algunos unos programas de control y un cristal de sincronización.

Estos equipos disponen de una variedad de dispositivos de entrada y salida, entre algunos de los cuales podemos mencionar: convertidor analógico y digital, temporizadores, buses de interfaz serie especializados, UARTs (Transmisor y Receptor Asíncrono Universal), como I2C y CAN (Hardware usado en Arduino).

Lo cuales pueden incluir un lenguaje d programación integrado como Basic o C.

Figura 110. Fabricantes y tipos de microcontroladores

Fabricante	8 Bits	16 Bits	32 Bits
Atmel	AVR 89Sxx (obsoleto)		AVR32 AT91SAM (ARM)
Freescale (antes Motorola)	HC05 (obsoleto) RS08 HC08 HCS08 HC11 (obsoleto)	S12 HC12 HC16 56800	Flexis (V1) V2 (ColdFire) V3 (ColdFire) 68k PowerPC ARM
Intel	M5C48 (obsoleto) MCS51 (obsoleto)		
Luminary Micro			Stellaris (ARM Cortex-M3)
Microchip	PIC10 PIC12 PIC16 PIC18	PIC24F PIC24H DsPIC30 DsPIC33	PIC32
National Semiconductor	COP8 (obsoleto)		
Renesas	H8 H8 Tiny	H8S R8C M16C	H8SX R32C M32C M32R SH1 SH2 SH3
ST	STMSS ST6 ST7 uPSD	ST10	STM32 (ARM Cortex-M3) STR7 (ARM7) ATR9 (ARM9)
Texas Instruments		MSP430 C2000	TMS470 (ARM7)

Fuente: Obtenido en <http://anibalbizama.blogspot.com/2012/11/8-empresas-fabricantes-de.html>

Existe una gran cantidad de aplicaciones para los microcontroladores. Algunas son programadas para aplicaciones específicas, por ejemplo, un control para el microondas, o controlar una tostadora, un aeromodelo, o incluso el ABS de su auto (sistema antibloqueo).

El funcionamiento del microcontrolador depende de la tensión de alimentación, de la frecuencia de trabajo y de las cargas que soporten sus salidas, siendo el orden de unos pocos miliamperios. Se comunica con líneas digitales de entrada/salida que trabajan entre 0 y 5 voltios. Todo microcontrolador requiere un circuito llamado reloj u

oscilador, este genera una onda cuadrada de alta frecuencia que utiliza como señal para sincronizar todas las operaciones del sistema.

Es un circuito integrado que contiene todos los elementos electrónicos que usa para funcionar un sistema basado como microprocesador; es decir en un integrado la Unidad de Proceso, la memoria RAM, memoria ROM, puertos de entrada, salidas y otros periféricos.

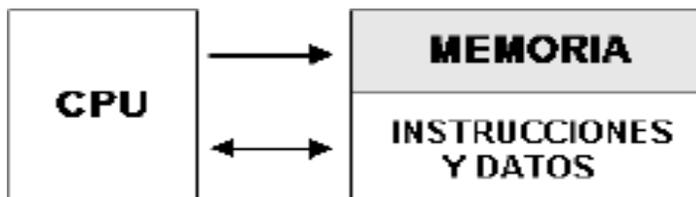
El Reset en un microcontrolador ejecuta la reinicialización del sistema desde cero, en este tipo de equipo un pin de RESET para reiniciar el funcionamiento del dispositivo cuando sea necesario.

La configuración mínima para un microprocesador está diseñada con un micro de 40 pines, además cuenta con RAM y ROM de 28 pines y decodificador de direcciones de 18 pines.

El microcontrolador incluye todos elementos en un solo circuito integrado, esto implica una gran ventaja en la simplificación de circuitería, el tiempo de desarrollo de un proyecto electrónico, en el costo para un sistema basado en microcontrolador es menor.

El procesador es el encargado del procesamiento de las instrucciones, debido a la necesidad de conseguir elevados rendimientos en este proceso, se usa la arquitectura Harvard frente a la tradicional von Neumann, esta se caracteriza por que el CPU se conecta con la memoria, donde coexistían con los datos e instrucciones, a través de un sistema de bus.

Figura 111. Arquitectura Von Neumann

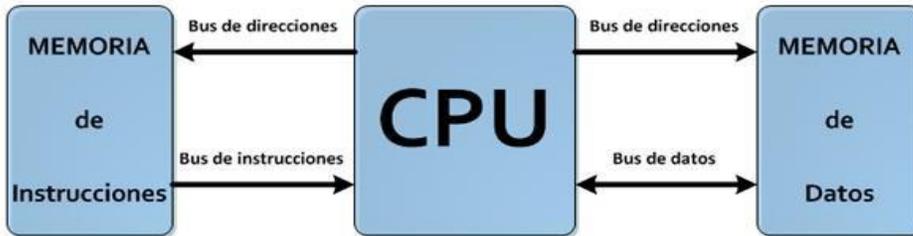


Fuente: Obtenido en <http://cocopdf.com/arquitectura-von-neumann/teor-a-b-sica-de-microcontroladores-proprojects.html>

Con la arquitectura Harvard la memoria de instrucciones trabaja independientemente de la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de bus para el acceso. Esto proporciona el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y de los datos.

Los procesadores modernos de los microcontroladores responden a la arquitectura RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducidos), que se caracteriza por poseer un repertorio de instrucciones de máquina simple y pequeño, de forma que la mayor parte de las sentencias se ejecutan en un ciclo de instrucción.

Figura 112. Arquitectura Moderna Von Neumann



Fuente: Obtenido en <http://cocopdf.com/arquitectura-von-neumann/teor-a-b-sica-de-microcontroladores-proprojects.html>

4.8 Microcontrolador ARDUINO

Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open source), se basa en hardware y software fáciles de usar y muy flexible, automatiza cualquier cosa, y lo trata como agentes autónomos (robots), esto puede visualizar en el control de luces, encendido de motores o dispositivos, y muchas cosas más.

La idea inicialmente fue como un hobby después se añadió para diseñadores y artistas, y cualquier persona que esté interesada en crear objetos o entornos interactivos. Arduino interactúa con el entorno mediante la recepción de entradas desde la variedad de sensores y afecta a su alrededor mediante el control de luces, artefactos y motores.

El microcontrolador de la placa se programa con *Arduino Programming Language* (se basa en *wiring*) y el *Arduino Development Environment*.

Los proyectos en Arduino se pueden comunicar en ejecución en un ordenador (por ejemplo: Flash, Processing, MaxMSP, etc.), o pueden ser autónomos. Las placas se pueden ensamblar a mano o pedir las pre-ensambladas. El software se puede descargar gratuitamente y por lo cual es adaptable a sus necesidades.

Figura 113. Arduino Hardware



Fuente: Obtenido en <https://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino>

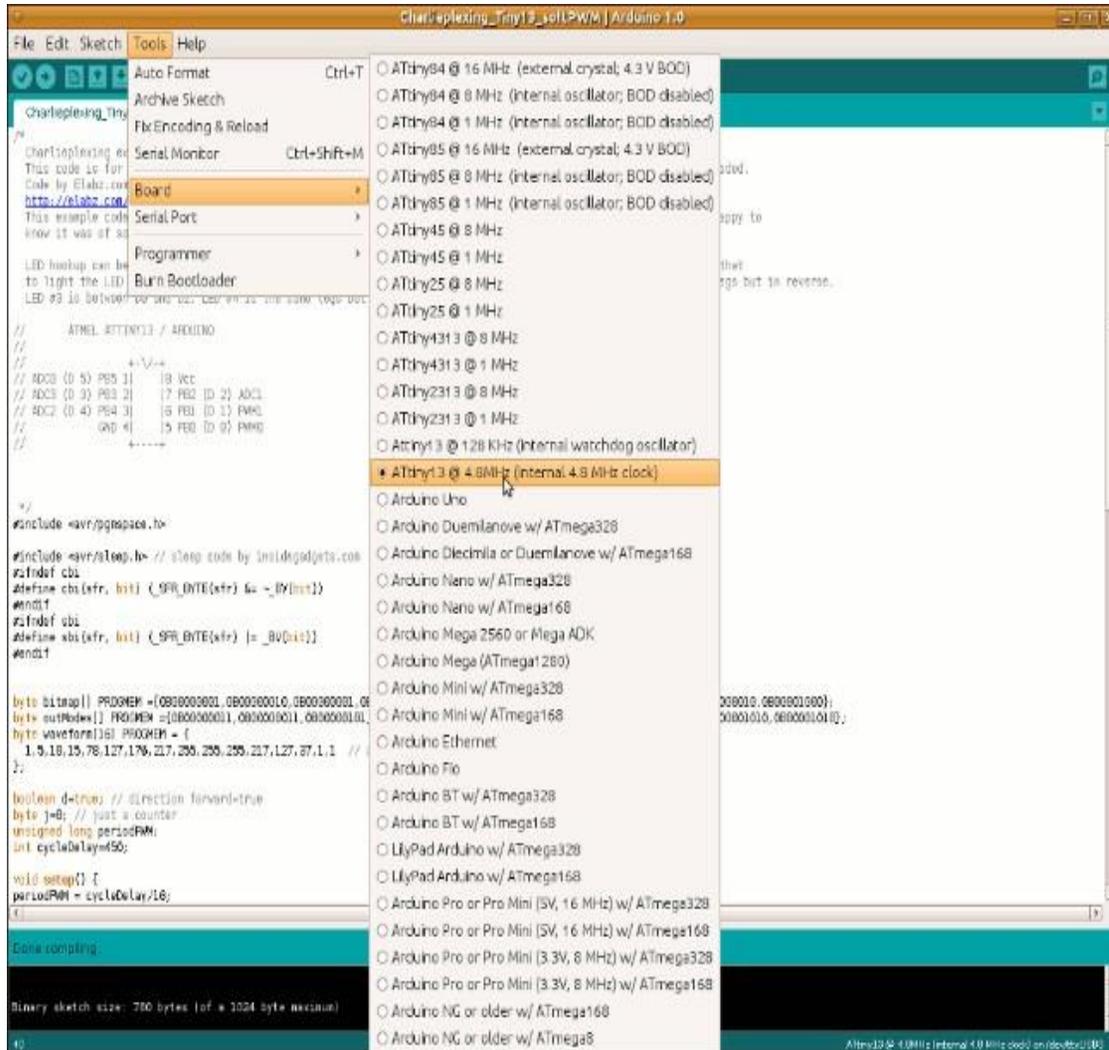
El uso del Arduino se lo puede separar en dos grupos:

1. Cuando se usa como microcontrolador, y se tiene un programa descargado desde un ordenador. Se trabaja independiente de este, ya que controlan y alimentan determinados dispositivos y toma decisiones de acuerdo al programa descargado e interactúa con el mundo exterior debido a los sensores y actuadores.
2. Cuando la placa hace de interfaz entre el ordenador u otro dispositivo, que ejecuta una determinada tarea, para traducir dicha tarea en el exterior por medio de actuadores y viceversa, debido a los sensores que están conectados a la placa Arduino podemos hacer que el ordenador ejecute esa determinada tarea o acción.

Se considera como un ordenador con placa reducida, única o simple (SBC), construido en el reino unido, y bajo coste, se dirigió al inicio para la enseñanza de informática en las escuelas.

Se manejan por contratos de distribución y ventas manejadas por dos empresas, que pueden convertirse en revendedor o redistribuidor de las tarjetas RaspBerry Pi por lo cual tiende a ver como un producto con propiedad registrada, manteniendo el control de la plataforma, pero dando el uso libre tanto a nivel educativo como particular. El software si es código abierto, siendo el sistema base una versión sistema operativo Debian, al cual se denomina como Raspbian, aunque permite utilizar otros sistemas operativos.

Figura 114. Arduino Software



Fuente: Obtenido en <https://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino>

Está compuesto por un procesador Broadcom, memoria RAM, un GPU, Puerto USB, HDMI, Ethernet, 40 pines de GPIO y un conector para cámaras. Se promueve el lenguaje Python, también soporta lenguaje Tiny Basic, Perl y Ruby.

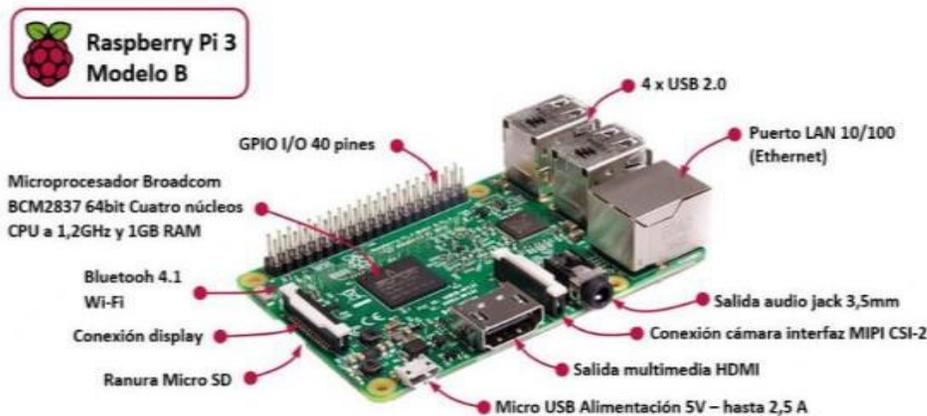
Figura 115. Raspberry



Fuente: Obtenido en <https://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino>

Desde marzo del 2018 apareció Raspberry Pi 3 B+ para actualizar el modelo anterior la Raspberry Pi 3 Modelo B y entre las mejoras cuenta con un procesador mejorado, una mejor conectividad, así que pasa de tener 1.2Ghz a tener 1.4Ghz y en cuanto a la conectividad inalámbrica ahora incorpora doble banda a 2,4GHz y 5GHz, y un puerto Ethernet que triplica la versión anterior, pasa de 100 Mbits/s en el modelo anterior a 300 Mbits/s, también cuenta con Bluetooth 4.2 (Low Energy).

Figura 116. Raspberry Pi 3



Fuente: Obtenido en <https://www.xataka.com/especiales/guia-del-arduinomaniaco-todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-arduino>



Entre las aplicaciones de Raspberry Pi podemos hacer las siguientes observaciones centrándonos de nuevo en la Raspberry Pi, debido a que las utilidades de esta placa son innumerables entre las que mencionamos:

- Servidor web para para alojamiento propio de webs, blogs, etc.
- Aplicaciones en robótica.
- Impresión y Escáner 3D.
- Sistema de video vigilancia.
- Domótica.
- Fabricación de miniordenador.
- Centro multimedia para TV.
- Teléfono móvil.
- Estación de meteorología.

4.9 Materiales y métodos

Para la recolección de datos de la propuesta de investigación científica, se utiliza como técnica de campo las entrevistas que se realiza al administrador de hacienda, al supervisor y lo personal del campo, para determinar si los resultados obtenidos en el laboratorio son viables de reproducir para el proyecto FCI.

La investigación científica se realizó en algunas granjas ubicada en la región costa en la provincia del Guayas, la información se adquirió en el transcurso de esta propuesta investigativa, e implica que se puede analizar de una forma significativa y notable para la propuesta de este proyecto investigativo.

Las entrevistas y las muestras serán los instrumentos utilizados para obtener datos de costos para el monitoreo de cultivo de Pitahaya, y para entender la percepción que tiene el usuario que usa este tipo de tecnología con el uso del VANT, para minimizar costos en relación al uso de monitoreo tradicionales.

Los instrumentos de investigación empleados para la selección de información son:

Bibliografías: Se logró obtener mediante una investigación exhaustiva la información requerida para la propuesta de estudio.

Internet: También se logró encontrar información en la web, con contenido que se analizó y fue útil en la investigación desarrollada.

Registro de Observación. Se anotan todos los valores obtenidos de las distintas pruebas de campo que se llevaron a cabo, para validar que el sistema fotovoltaico sea más eficiente.



Para el procesamiento y análisis de la información se usa información obtenida en las pruebas de campo, en la que se utilizó un Arduino equipado con un sensor eléctrico, led para mostrar los resultados y la configuración de un complemento Excel que ayuda a la captura del voltaje y corriente. Se registra en una hoja de cálculo los datos obtenidos tabulados, con la finalidad de mostrar los porcentajes y gráficos.

Tabla 98. Resultados diarios de la muestra tomadas

FECHA	HORAS	VCC.M ONO	ICC.M ONO	PT.M ONO	NUM_C ELL_M	VCC.P OLI	ICC.POLI	PT.P	NUM_C ELL_P	TEMP	RADIA CION
16/7/2 018	8:00	11,97	1,92	22,98	21	11,8	1,89	22,3 0	22	28	4
	8:20	11,97	1,92	22,98	21	11,8	1,89	22,3 0	22	28	4
	8:40	11,97	1,92	22,98	21	11,8	1,89	22,3 0	22	28	4
	9:00	11,97	1,92	22,98	21	11,8	1,89	22,3 0	22	28	4
	9:20	11,97	1,92	22,98	21	11,8	1,89	22,3 0	22	28	4

CAMPOS	SIGNIFICADO
Fecha	Día en el que se realiza la muestra (15 Días de toma de muestra)
Hora	Hora en la que toma de muestra (21 muestra, con una diferencia entre ellas de 20 minutos)
Vcc. Mono	Voltaje obtenido de las Celdas Solares Monocristalino
Icc. Mono	Corriente obtenida de las Celdas Solares Monocristalino
Pt. Watt_M	Potencia obtenida de multiplicar Voltaje por Corriente. (Celdas Monocristalinas).
Num_Cell_M	Cantidad de Celdas para completar voltaje y corriente (12V y 2A).
Vcc. Poli	Voltaje obtenido de las Celdas Solares Policristalino
Icc. Poli	Corriente obtenida de las Celdas Solares Policristalino
Pt. Watt_P	Potencia obtenida de multiplicar Voltaje por Corriente. (Celdas Monocristalinas).
Num_Cell_M	Cantidad de Celdas para completar el voltaje, corriente (12V y 2A).
Temp	Temperatura durante la toma de la muestra

Radiación	Radiación existente durante la toma de la muestra
------------------	---

Se realiza la observación del comportamiento de 2 tipos de paneles solares, lo cuales tienen diferentes características:

La celda solar monocristalina, tiene un tamaño de 3,5 cm de ancho x 12,5 de largo, y es capaz de producir individualmente 0.49 Voltios como mínimo y 0.66 Voltios como máximo. Se juntan en serie 4 bloques de (5, 6, 6, 6), lo que equivale a 23 celdas solares con un peso de 30 gramos, que nos permite obtener los 12 Voltios, y en paralelo para obtener 2 Amperios, los necesarios para el VANT.

La celda solar policristalina, tiene un tamaño de 6,3 cm de ancho x 12,5 de largo, y es capaz de generar individualmente 0.55 Voltios como mínimo y 0.70 Voltios como máximo. Se juntan en serie 4 bloques de (5, 5, 5, 5), equivalente a 20 celdas solares con un peso de 70 gramos, que nos permite obtener los 12 Voltios y en paralelo puede obtener 2 Amperios necesarios para el VANT.

En el siguiente cuadro se indica los voltajes obtenidos con distintas celdas solares:

Tabla 99. Resultados de la muestra de voltajes y corriente

CELDA SOLAR	VOLTAJES (V)			CORRIENTE (A)			POTENCIA(W)		
	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM
MONOCRISTALINA	11,8	12,5	12,079	1,8	2,15	2,018	21,36	27,95	24,301
POLICRISTALINA	11,65	12,98	11,797	1,8	2,1	1,95	21,17	25,7	23,053

Figura 117. Porcentaje de Voltajes Monocristalino y Policristalino

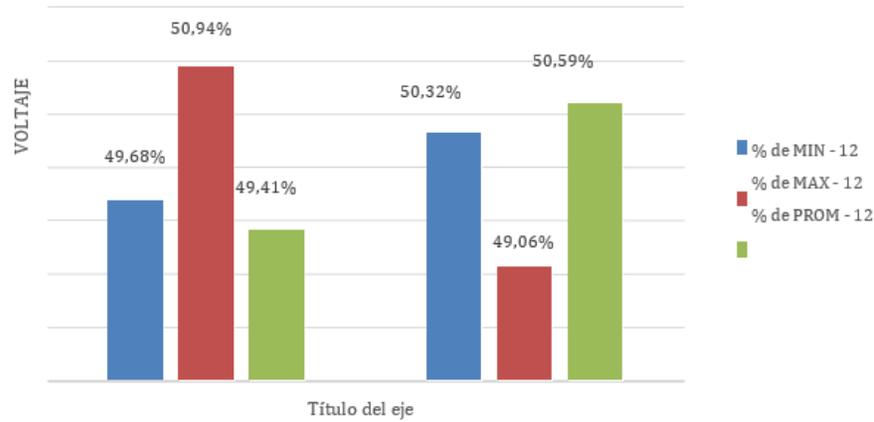


Figura 118. Porcentaje de Corriente Monocristalino y Policristalino

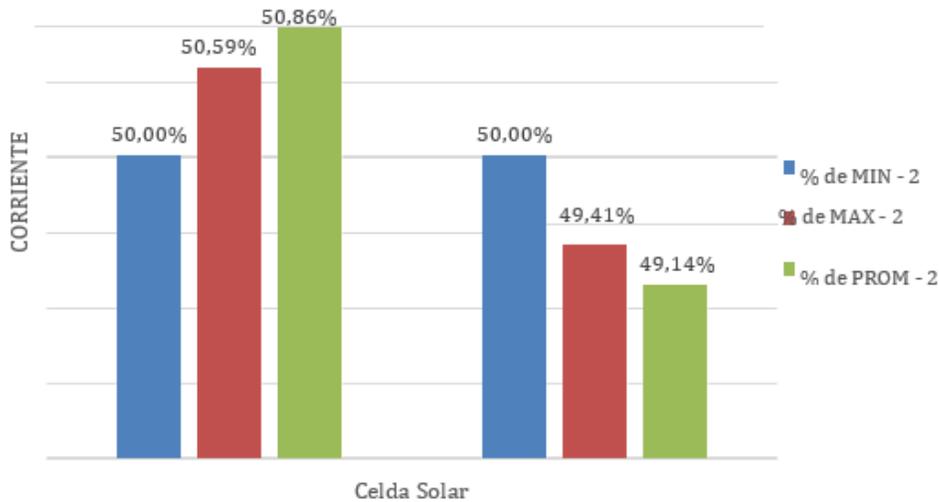
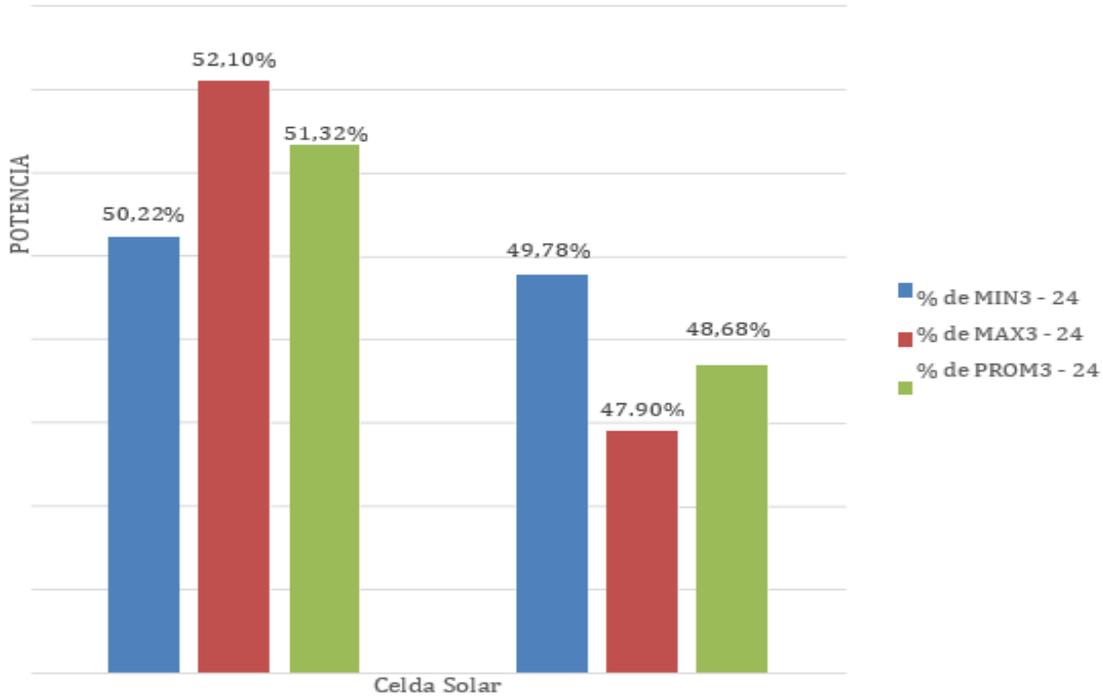


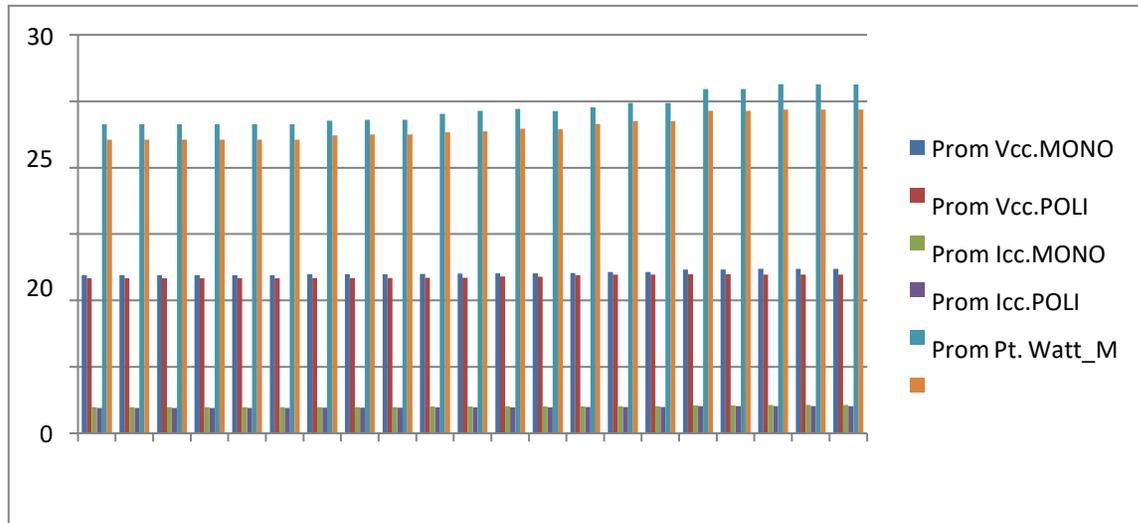
Figura 119. Porcentaje de Potencia Monocristalino y Policristalino



4.10 Técnica y Análisis de la Correlación de Pearson para las variables cuantitativas

El gráfico 120, tiene como finalidad visualizar el promedio de voltaje y corriente que se consigue durante un lapso de tiempo del 16 al 22 de Julio del 2018, con distintos tipos de celda solar.

Figura 120. Comparativa del uso de celdas durante (16 al 22) de julio 2018

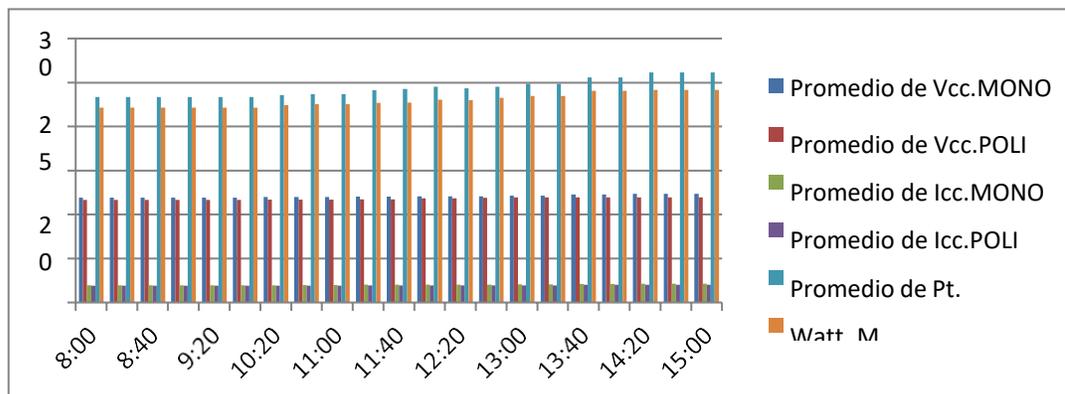


La celda solar monocristalina refleja una mayor producción de energía desde las 11:20am hasta las 15:00pm en la que alcanzó una potencia eléctrica de 26,28 Watt.

La celda solar policristalina refleja una mayor producción de energía desde las 12:40am hasta las 15:00pm en la que alcanzó una potencia eléctrica de 24,36 Watt.

El gráfico 121, tiene como finalidad visualizar el promedio de voltaje y corriente que se consigue durante un lapso de tiempo del 23 al 29 de Julio, con distintos tipos de celda solar:

Figura 121. Comparativa del uso de celdas 4 semanas de julio del 2018



La celda solar monocristalina refleja una mayor producción de energía desde las 11:20am hasta las 15:00pm en la que alcanzó una potencia eléctrica de 26,28 Watt.

La celda solar policristalina refleja una mayor producción de energía desde las 12:40am hasta las 15:00pm en la que alcanzó una potencia eléctrica de 24,36 Watt.

4.11 Criterio de toma de decisiones

La potencia entregada por los paneles solares en distribución serie-paralelo de 22 paneles es de 24 watts que se elabora artesanalmente sigue una distribución normal con una desviación de 20 W. Su potencia media está garantizada como un mínimo de 23W.

Se escoge al azar una muestra de 20 casos de un lote y luego se comprueba que se obtiene una vida media de 24 W.

Con un nivel de significación de 0,01, ¿Habría que rechazar la distribución serie paralelo de celdas solares monocristalina por no cumplir con la potencia requerida?

Definir variable

Potencia generada (Watt) da una potencia de 24 watts. Desviación 21V.

Plantear las hipótesis estadísticas

Se afirma que se produce una potencia de 24 watts.

Donde:

H_0 = Afirmación de que el panel produce una potencia media de $\mu = 24W$, que llamaremos hipótesis Nula.

$H_0: \mu \geq 24W$

H_1 = Afirmación alternativa o hipótesis alternativa en que declaramos que la media producida es menor $\mu < 24W$.

$H_1: \mu < 24$

Cómo la hipótesis alternativa afirma que μ es menor que un cierto valor, entonces podemos determinar que la prueba es unilateral izquierda: la zona de rechazo queda ubicada a la izquierda. La distribución de ambos estadísticos es normal.

Así que el diagrama con la distribución del estadístico y la zona de rechazo a izquierda Dónde:

$H_0: \mu \geq 24$ $H_1: \mu < 24$



H_0 = Afirmación de que el panel produce una potencia media de $\mu = 24W$, que llamaremos hipótesis Nula.

H_1 = Afirmación alternativa o hipótesis alternativa en que declaramos que la media producida es menor $\mu < 24W$.

Es así:

¿Cuál es el valor de la variable normal estándar que acumula una probabilidad de 0,01 a su izquierda?

$$z_{0,01} = -2,33$$

Entonces la regla de decisión es:

Rechazo H_0 si $e_p \leq -2,33$. No rechazo H_0 si $e_p > -2,33$

$$e_p \text{ Obs} = (23-24) / (20/\sqrt{20}) = -0,224 > -2,33$$

Donde:

$e_p \text{ obs}$ = es estadístico de prueba en observación

H_0 = Afirmación de que el panel produce una potencia media de $\mu = 24W$, que llamaremos hipótesis Nula.

H_1 = Afirmación alternativa o hipótesis alternativa en que declaramos que la media producida es menor $\mu < 24W$.

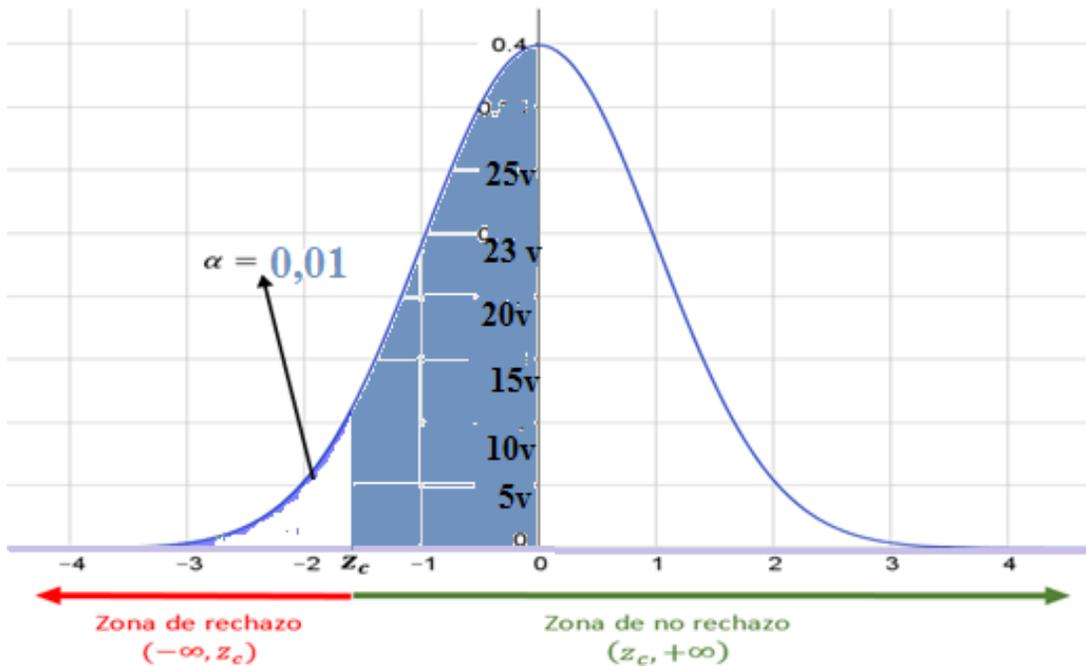
Sqrt= Raíz Cuadrada

Cómo el valor observado del estadístico de prueba 24 watt, cae en la zona de no rechazo $(-\infty, -0,224)$, se decide no rechazar la hipótesis nula.

Con un nivel de significación de 0,01 no se rechaza la hipótesis nula, que afirma que la media de la potencia generada para el VANT es de 24 Watts, a favor de la hipótesis no rechazo, que afirma que la media es superior a 23 Watts.

Entonces es factible usar la distribución serie paralelo ya que este genera la potencia requerida para la recarga del VANT.

Figura 122. Zona de rechazo y la regla de decisión



4.12 Resultados

El resultado que se va a obtener a través de este proyecto de investigación se validará la adecuada cantidad de paneles, para que se consiga con el VANT la mejor autonomía de vuelo para cumplir con las tareas encomendadas en el monitoreo de cultivo durante el transcurso del día sin que afecte el rendimiento del vehículo no tripulado, y beneficiando al medio ambiente.

Con los resultados obtenidos de los experimentos de laboratorio y de campo se podrá determinar la validez de la herramienta y que esta sea favorable. Además de determinar el momento más adecuado para realizar las tareas de monitoreo.

4.13 Conclusiones

Como conclusión de estos experimentos, se concluye que el caso de aeronaves de consumo de baja potencia, con el uso de celdas fotovoltaicas Mono cristalino, se puede validar que se cumple con el consumo de energía requerida por el VANT, examinando los distintos tipos de baterías existentes del VANT o UAV en la ciudad se pudo demostrar que el tiempo de carga es limitado, por lo que es necesario recargarlo para que el equipo realice las tareas que se tienen planificadas.



Es necesario recalcar que, dependiendo del tipo de material de los paneles solares, de la luz solar (depende de lugar o de la estación del año), y además de las condiciones atmosféricas donde sobrevuele el VANT, será mayor la energía almacenada por los paneles solares.

Por ser la energía solar de libre acceso y fuente de energía renovable, el uso y aplicación de la misma es económica, segura, confiable y es largo plazo. Debido a estas razones se puede tener un gran de acción en el monitoreo de cultivos en los próximos años, esto dependerá de los avances tecnológico sobre la eficiencia de las celdas fotovoltaicas.

Se recomienda el uso de paneles solares Mono cristalino, con conexiones en paralelas, para alcanzar la intensidad de corriente que requiere el VANT, 44000 mha.

Se recomienda que en la planificación de los sobrevuelos del VANT, se considere que el mejor momento es entre las (10 am y las 2 pm). Porque según los estudios realizados es el tiempo que el sol cae perpendicularmente y pega con la mayor fuerza.

Se recomienda limpiarlos 3 a 4 veces en el año, la manera ideal de limpiar paneles solares es usar una esponja o gamuza suave, y un recipiente con agua en el que habrás diluido una pequeña cantidad de lavavajillas. No uses demasiada cantidad de jabón o será más difícil aclararlo del todo y correrás el riesgo de que queden restos. Antes de nada, moja bien el panel y asegúrate de que la suciedad esté bien empapada para que sea más fácil retirarla y no rayes la superficie del panel al pasarle con la gamuza o esponja. Aclara abundantemente con agua de buena calidad (no aguas duras o procedentes de pozos).

Capítulo 5. Sistema para la gestión de información y análisis estadístico del proceso del cultivo de Pitahaya con luz artificial

En Ecuador, la provincia del Guayas es la mayor productora de Pitahaya a nivel nacional, sin embargo, no existe una página web con información científica con la cual se pueda incrementar la producción de Pitahaya. El presente proyecto estará enfocado en desarrollar un prototipo de página web que permitirá realizar publicaciones con información científica de la Pitahaya, con este prototipo se podrá ayudar a los futuros Productores.

Este aplicativo está elaborado en Laravel y como prototipo su información será almacenada en una base de datos local en la cual lo investigadores podrán realizar publicaciones y obtener información sobre la Pitahaya, mediante el aporte del proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” fue aprobado por el Honorable

Consejo Universitario de Guayaquil (UG) el 23 de abril del 2018 mediante RCU-SO-04-121-04-2018.

5.1 Introducción

La Pitahaya es una planta que proviene de América central y México, hay diferentes especies de las mismas que han logrado sobresalir en el mercado mundial que son la Pitahaya amarilla, roja y roja remolacha. Su nombre varía dependiendo de los países teniendo diferentes modificaciones genéticas que pueden adaptarse a diferentes condiciones medioambientales, la mayoría de estas plantas cactáceas viven en sitios áridos, pero la Pitahaya amarilla se encuentra en sitios elevados, niveles de pluviosidad y humedad ambiental y la es producida en Ecuador.

Este proyecto FCI tiene como objetivo aportar al proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” fue aprobado por el Honorable Consejo Universitario de Guayaquil (UG) el 23 de abril del 2018 mediante RCU-SO-04-121-04-2018.

Expuso en el diario expreso acerca del exceso de oferta de la Pithaya amarilla que se vio afectado por el coronavirus que afecto a todo el mundo, afectando la preocupación del ministro de agricultura, Xavier Lazo, la Corporación Financiera Nacional (CFN) y BanEcuador. Datos oficiales del Banco Central del Ecuador arrojan una cifra importante de exportación anual, 45 millones de dólares donde la ubican como la segunda fruta de exportación después del banano y el plátano. (Pitahaya: El Ministro Lazo y La CFN Están Preocupados, n.d.)

Según la revista Espacios habla sobre un proyecto de inversión, que lleva un riesgo el cual se debe tratar de minimizar el peligro para la toma de decisiones, es decir, si bien existen indicadores frecuentemente usados se entiende que no son criterios para la toma de decisiones, pudiendo exportar datos para la realización de un proyecto de inversión ecológica de siembra de Pitahaya contando con:

- Paneles solares policristalinos de 250 W.
- Aerogeneradores de eje vertical (VAWT) de 600 W.
- Baterías.
- Reguladores de carga.
- Inversores.
- Soportes de los aerogeneradores y los paneles.
- Relojes (Timers) Programables.
- Cables y accesorios eléctricos.

Generando indicadores financieros para el proyecto que parte de la minería de datos recolectados para su fin. (Fernández et al., 2018)

El principal problema para los investigadores es no conocer variables relacionadas con el crecimiento de la Pitahaya y debido a diversos factores en el manejo agronómico del cultivo, adecuadamente a que la flor solo se abre en la noche y en la mayoría de los casos se hace uso de la polinización manual.

Esta investigación está motivada para incrementar la productividad de la Pitahaya que es un producto cotizado en los mercados de Europa y Asia por lo que planeamos utilizar gestión de información para el cultivo de la Pitahaya exponiendo a las plantas a la energía luminosa artificial durante la noche, esperando tener resultados que incrementen la productividad y desarrollo de las plantas para ayudar a los investigadores, ya que hay muy poca información científica que puedan ser usada correctamente para la producción de la Pitahaya en el Ecuador.

Por tal motivo, se desarrollará un aplicativo web que permita llevar un control para la captura de información y gestión de información del análisis del proceso de cultivo de la Pitahaya donde comenzaremos a recopilar información, esperando incrementar la productividad y la calidad del producto, obteniendo información valiosa que permita a los investigadores llevar un control que se sostenible y que ahorre tiempo para la producción de la Pitahaya.

Debido a que la fruta escasea en el año se evidencio que los investigadores no poseen un sistema de gestión para la optimización de proceso del cultivo de la Pitahaya, por lo cual se ven obligados a tomar decisiones tecnológicas para mejorar la gestión relacionadas con el proceso de cultivo de la Pitahaya, de esta manera no se perdería el cultivo de estas plantas.

El objetivo de la investigación es diseñar un aplicativo web para el análisis del proceso de experimentación del cultivo de la Pitahaya mediante herramientas open source.

La Propuesta para el desarrollo de una plataforma de reporte Científico nos permite una mejor interacción con el fin de realizar una automatización de los fotoperiodos, guiando con un informe para gestionar el proceso de cultivo de la Pitahaya.

Este Prototipo beneficiara a los Investigadores involucrados en el proyecto FCI Drones para el cultivo de Pitahaya” fue aprobado por el Honorable Consejo Universitario de Guayaquil (UG) el 23 de abril del 2018 mediante RCU-SO-04-121-04-2018.



El aplicativo proporciona una solución para el desarrollo de informes con el fin de enseñar las limitaciones que se obtienen con el desempeño de los fotoperiodos en el fruto.

La utilidad de este proyecto se da a consideración de las necesidades que tiene la fruta al estar expuesta a la luz artificial, con ello se obtendrá un mejor aprendizaje del crecimiento de este fruto.

El diseño estructurado de la investigación permite plantear el proyecto tecnológico por medio de una investigación formal la cual nos permite obtener los datos estadísticos considerando el tipo de estudio de las técnicas de investigación y de población.

La principal limitante es que debido al covid-19 no se pueden realizar visitas a las fincas donde se encuentra la producción y el cultivo de la Pitahaya con la que se impidió recolectar la debida información necesaria para la implementación de los fotoperiodos para ejecutar actividades de análisis con el cual se procederá al desarrollo del aplicativo web.

5.2 Antecedentes del estudio

Los antecedentes del estudio permiten solicitar investigaciones relacionadas al ámbito del proyecto, con el deseo de determinar el desarrollo del cultivo, problemáticas y aspectos que puedan satisfacer las necesidades de los investigadores tomando como referencia las características de la Pitahaya.

A continuación, se describe el proyecto del cultivo de la Pitahaya mediante la revisión de bibliografía para profundizar el tema planteado.

En el primer trabajo de estudio mostrará la investigación realizada por el trabajo titulado “Incremento de la actividad antioxidante en la Pitahaya roja como respuesta al estrés provocado por la modificación del proceso fotosintético”, el objetivo de este estudio se centra en evaluar la actividad antioxidante de la planta sometida a estrés fotosintético tomando en cuenta tres aspectos de la fruta tales como: la semilla, la pulpa y la cascará durante 18 meses. (Mónica et al., 2019)

Se implementó el método estadístico de ANOVA para la valoración de la Pitahaya en donde según los datos obtenidos, se pudo constatar como resultado que la exposición a intensidad lumínica durante 6 horas nocturnas las plantas aumentaron su capacidad de antioxidante lo que favorece a la calidad del fruto. (Mónica et al., 2019)

5.3 Evolución de la Web

Web: no son sinónimos de internet, internet es la red de redes donde toda la información siendo un entorno de aprendizaje abierto más allá de todas las instituciones educativas formales. La web es un conjunto de internet que contiene información a la que se puede acceder usando un navegador. (Historia de La Web, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 – Blog Marino Latorre, 2018).

La web 1.0 fue la primera (apareció por 1990) y en ella solo podía consumir contenido, se trataba de información a la que se podía acceder, pero sin posibilidades de interactuar; era unidireccional.

La web 2.0 (aparece en 2004) y contiene los foros, los blogs, los comentarios y después las redes sociales, la web 2.0 permite compartir información.

La web 3.0 (empezó su operación en 2010) y se asocia a la web semántica, un concepto que se refiere al uso de un lenguaje en la red.

La web 4.0 (comenzó en 2016) se centra en ofrecer un comportamiento más inteligente y predictivo de un modo que podamos, con solo realizar una afirmación o una llamada, poner en marcha un conjunto de acciones que tendrán como resultado aquello que pedimos. (Historia de La Web, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 – Blog Marino Latorre, 2018).

5.4 Lenguajes de programación

Existen varios lenguajes de programación para sistemas de escritorio, mediante avanza la tecnología se han creado nuevos lenguajes para el desarrollo de aplicativos webs entre los cuales se encuentran:

JavaScript Técnicamente JavaScript es un lenguaje de programación ligero, interpretado o compilado justo a tiempo con sus funciones de primera clase, si bien es más conocido como un lenguaje de scripting para páginas web y es usado en muchos entornos fuera del navegador tal como Node.js, Apache CouchDB y Adobe Acrobat. JavaScript es un lenguaje de programación basada en prototipos, multiparadigma, de un solo hilo, dinámico como soporte para programación orientada a objetos, imperativa y declarativa. (MDN web docs, 2021).

HTML Con el nombre de HTML dinámico se engloba un conjunto de técnicas con dos objetos claros: proporcionar un control absoluto del diseñador de páginas HTML y romper con el carácter estático de este tipo de documentos, una vez mostrado un documento HTML, nada podía hacerse para modificarlos (Matias Fossati, 2018).



Python Es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace índice en una sintaxis que favorezca un código legible, define como lenguaje multiplataforma debido a que soporta orientación a objetos, programación imperativa y menor medida programando funcional. (Knowlton & Knowlton, 2009).

PHP se define como un lenguaje open source de alto nivel el cual se puede interpretar como multiplataforma sus siglas en inglés (acrónimo de “PHP: Hypertext Preprocessor”), embebido en páginas HTML y ejecutado en el servidor, este lenguaje es muy parecido a C. (Matias Fossati, 2018).

Tabla 100. Ventajas y desventajas de PHP

Ventajas	Desventajas
<p>Lenguaje totalmente libre y abierto. Posee una curva de aprendizaje muy baja. Los entornos de desarrollo son de rápida y fácil configuración. Fácil acceso e integración con base de datos. Posee una comunidad muy grande. Es el lenguaje con mayor usabilidad en el mundo. Es lenguaje multiplataforma.</p>	<p>Si no configuras o proteges correctamente dejas abierta muchas brechas de seguridad que a la larga tendremos problemas. Solo se ejecuta en un servidor y se necesita un servidor web para que funcione.</p>

5.5 Framework

Podemos asociar el término “*framework*” a un subsistema y/o conjunto de librerías que proveen funcionalidades estándar a cualquier sistema; sin embargo, esta definición es incompleta ya que además nos brinda:

- Una estructura de carpetas y archivos para organizar el código.
- Una arquitectura para desarrollar un proyecto.
- Seguridad ya que los *frameworks* son actualizados frecuentemente para poder implementar medidas contra nuevas amenazas.
- Robustez porque los *frameworks* son utilizados por muchos programadores en diversos proyectos, cada *framework* está expuesto a un alcance mucho mayor al que podemos lograr escribiendo nuestro propio código.
- Soporte ya que al ser utilizado por otros programadores es muy fácil encontrar a alguien que haya tenido el mismo problema que podamos tener nosotros y que no logremos resolver. (Ciceri Vazquez, 2018).

Ventajas de usar Framework

Una de las principales ventajas del uso de *framework* es el aumento de la velocidad a la hora de programar.

Uno de los puntos más fuertes en el área de trabajo es la posibilidad de reutilizar código.

Al usar *framework* los miembros de un equipo de desarrollo pueden compartir código y trabajar de forma conjunta.

Los *frameworks* suelen incluir distintos complementos que faciliten la programación y desarrollo.

Es muy importante dedicar tiempo para estudiar un problema el cual debemos resolver, analizando las herramientas disponibles en el mercado antes de elegir una para crear nuestra aplicación. (Ciceri Vazquez, 2018).

5.6 Laravel 8

En el año 2011, uno de los *frameworks* PHP más populares era CodeIgniter. Sin embargo, muchas funcionalidades para la creación de aplicaciones web como la autenticación no se encontraban incorporadas por el cual el motivo Taylor Otwell, un programador web decidió crear un *framework* que las incluyera.

En el Principio Laravel no fue creado con la arquitectura del patrón MVC y su foco estaba puesto principalmente en resolver problemas de autenticación, no obstante, la primera versión incorporada funcionalidades que fueron bien recibidas, y de forma rápida, por la comunidad de desarrolladores. (Ciceri Vazquez, 2018).

Características de Laravel posee una buena curva de aprendizaje la cual tiene una documentación muy completa simple y gratuita, cuenta con una gran comunidad de desarrolladores, <http://laravel.io>. Utiliza muchos componentes de Symfony el cual es el segundo proyecto PHP más popular de github, este nos brinda un conjunto de servicios y herramientas de infraestructura que facilitan su puesta en funcionamiento en diferentes entornos, tales como Forge y Homestead, nos ofrece versiones LTS (Long Term Support). Su última versión LTS, la 5.5, fue lanzada en agosto de 2018 y tendrá actualizaciones de seguridad hasta 2020, lo cual la hace ideal para llevar a cabo proyectos de amplia longevidad, sigue un patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MCV). (Ciceri Vazquez, 2018).

Para todas las versiones de Laravel, las correcciones de errores se proporcionan durante 18 meses y las correcciones de seguridad se proporcionan durante 2 años.

Para todas las bibliotecas adicionales, incluida Lumen, solo la última versión recibe correcciones de errores.

Tabla 101. Políticas de soporte Laravel

Versión	PHP(*)	Liberar	Corrección de errores hasta	Corrección de seguridad hasta
6(LTS)	7.2 - 8.0	3 de septiembre del 2019	25 de enero de 2022	6 de septiembre de 2022
7	7.2 - 8.0	3 de marzo de 2020	6 de octubre de 2020	3 de marzo de 2021
8	7.3 - 8.1	8 de septiembre de 2022	8 de agosto de 2023	8 de febrero de 2024
9	8.0 - 8.1	8 de febrero de 2022	8 de agosto de 2023	8 de febrero de 2024
10	8.0 - 8.1	7 de febrero de 2023	7 de agosto de 2024	7 de febrero de 2025

5.7 Definiciones conceptuales

Vue.js Es un entorno progresivo para formar interfaces de usuario, a diferencia de otros entornos monolíticos Vue. Js está elaborado desde cero para ser adoptable de forma incremental. La biblioteca principal se centra solo en la capa de vista ya que es fácil de recolectar e integrar con otras bibliotecas o proyectos existentes. (Vue.js, 2021).

Base de Datos Una base de datos es un conjunto ordenado y estructurado de datos que representan una realidad objetiva que están organizados independientemente de las aplicaciones, significa que pueden ser utilizadas y compartidas por usuarios y aplicaciones diferentes. Un sistema de gestión de datos (SGBD) consiste en una recolección de datos interconectado y un grupo de programas para ceder a dichos datos ya que la finalidad principal de un SGBD es suministrar una forma de almacenar y recuperar la información de una base de datos de manera que sea tanto práctica como eficiente. (Pisco et al., 2017).

Modelo de datos. Es una colección de herramientas conceptuales para describir los datos las relaciones que existen entre ellos, semántica a los datos y restricciones de consistencia.

Modelo lógico basado en objetos se usa para describir datos en los niveles conceptuales y de vistas, con este modelo representamos los datos de tal forma como nosotros los captamos en el mundo real ya que tiene una capacidad estructurada bastante flexible y permiten especificar restricciones de datos explícitamente.

Modelo lógico basados en registros se utilizan para describir datos en los niveles conceptuales y físico, se utilizan registros e instancias para representar la realidad, así como las relaciones que existen entre estos registros.



Modelo Relacional este modelo se representan los datos y las relaciones entre estos a través de una colección de tablas en las cuales los renglones equivalen a cada uno de los registros que contendrá la base de datos y las columnas corresponden a las características de cada registro localizado en los renglones.

Modelo de red este modelo representa los datos mediante colecciones de registros y sus relaciones se representan por medio de enlaces los cuales pueden verse como punteros.

Modelo Jerárquico es similar al modelo de red en cuanto a las relaciones y datos ya que estos representan por medio de registros y sus enlaces, la diferencia radica en que están organizados por un conjunto de árboles en lugar de graficas arbitrarias. (Pisco y otros., 2017).

MySQL es el grupo más completo de tareas avanzadas, herramientas de administración y soporte técnico para lograr los niveles más altos de estabilidad, seguridad confiabilidad y tiempo de actividad de MySQL. (MySQL, 2021).

Oracle *Database* ofrece rendimiento, estabilidad, confiabilidad y seguridad líderes en el mercado tanto en las instalaciones como en la nube, el sistema de gestión de base de datos multimodelo y convergente, así como bases de datos en memoria, NoSQL y MySQL. (Oracle, 2021).

PostgreSQL se crea en el año 1986 como una planificación en la universidad de california en Berkeley y en el presente tiene más de 30 años en el mercado.

Cuenta con licencia gratuita y es *open source*, además es compatible con todos los sistemas operativos. (PostgreSQL, 2021).

Tabla 102. Características de Oracle, MySQL, PostgreSQL

BASE DE DATOS	LICENCIA PAGADA	MULTIPLATAFORMA	ORDBMS	PROPIEDAD ACID	OPEN SOURCE
ORACLE	X	X	X	X	
MYSQL	X	X		X	X
POSTGRESQL		X	X	X	X

Metódica de progreso existen varias metódicas o entornos de producción para el desarrollo del programa, entre las más conocidos están:

Kanban esta metódica que busca alcanzar un proceso benéfico, organizado y eficaz. Esta técnica fue creada en Toyota para controlar el proceso del trabajo realizado a lo largo de una cadena de suministro, Kanban es parte de la metódica Lean Manufacturing que se basa en el uso de técnicas Just-In Time (JIT).

La finalidad de Kanban es garantizar una producción sostenible para evitar el exceso de producto final, los cuellos de botella y el retraso en la entrega. Los trabajos en curso deben organizarse de acuerdo con la capacidad de los centros de trabajo y equipos de trabajo. (Kanban: Y JUST-IN-TIME EN TOYOTA - Japan Management Association - Google Libros, 2018)

Xp o Xtream Programming es una metodología de desarrollo de software que se adapta a los postulados de manifiesto ágil priorizando a la adaptabilidad y no el seguimiento de un plan, esta metodología fue propuesta por Kent Beck en (1999). Básicamente esta metodología se centra en la prueba y error para el desarrollo de un producto de Software funcional, permitiendo la participación activa del cliente en todo el proceso como condición fundamental para el resultado exitoso del proceso, promoviendo el trabajo en equipo e impulsando el buen clima laboral. (Salazar et al., 2018)

SCRUM es una metodología para el desarrollo de software iterativa e incremental, debe su nombre a la jugada de rugby llamada de la misma manera, se dice que es iterativa ya que se ejecuta en bloques temporales cortos y fijos (menos de dos semanas) que recibe el nombre de Sprints y es incremental en tanto se obtienen funcionalidades de producto final al terminar cada iteración. Dentro de las características de Scrum, se relaciona que está definido en base a roles, reuniones y artefactos. (Salazar et al., 2018)

Sistema conjunto de normas, reglas, principios y procesos que tienen relación entre sí y regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.

Aplicación en informática se define como un programa diseñado para realizar una operación o funciones específicas en un ordenador o dispositivo electrónico.

Open source hace referencia al software de código abierto que es diseñado para que sea accesible a todo público: todos pueden Observar, corregir y dividir el código de la forma que consideren inconveniente. (RedHat, s.f.).

Framework cuando empleamos el término *framework*, nos estamos refiriendo a una forma de software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de aplicaciones informáticas.



Prototipo los prototipos son “instrumentos” utilizados dentro del desarrollo de un software y se emplean para conseguir distintos objetivos.

Internet es una red que conecta varias redes de equipos a través del protocolo de comunicación TCP/IP.

Intranet es una red interna de la empresa mediante la cual se distribuye información o servicios instalados de la estructura.

Metodología Es un conjunto de procesos la cual nos facilita trabajar en grupos ayudando a prevenir riesgos durante la ejecución de la planificación.

Scrum Metodología ágil que sirve para desarrollar un proyecto mediante casos de uso o historias de usuario.

Laravel Es un *framework* utilizado para el avance de sistemas web.

API (*Application Program Interface*)

Interfaz de programación de aplicaciones. Conjunto de constantes funcionalidades y protocolos que permiten programar aplicaciones, ya que facilita todas las piezas y el programador solo tiene que unirlos para lograr lo que desea.

Composer Es un manejador de paquetes para PHP es decir si el proyecto necesitas librerías que fueron desarrolladas por terceros que a su vez esta depende de otras librerías, el *composer* instala todas las requeridas.

SGBD Por sus siglas en español SISTEMA GESTOR DE BASE DE DATOS a sus siglas en ingles DATABASE MANAGEMENT SYSTEM, (DBMS).

Bootstrap Es un *framework* encargado del diseño web de la aplicación creando diseños amigables y configurables ajustándose a cualquier tamaño de pantalla.

5.8 Propuesta Tecnológica

El desarrollo de este sistema web para generar datos estadísticos tiene como propósito general eliminar los inconvenientes que ocasionan las actualizaciones de los sistemas de escritorio, con esto podemos evitar un costo económico por las licencias, además se podrá mejorar la seguridad de los datos de los usuarios y el acceso a los módulos. Brindando un mejor sistema para el uso de los investigadores participantes del proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” fue aprobado por el Honorable Consejo Universitario de Guayaquil.

Los usuarios que manejen el sistema podrán contar con un sistema innovador con el cual se podrá trabajar directamente desde la web sin tener la preocupación que en algún momento de la jornada laboral pueda llegar a ser interrumpida por alguna actualización o que el sistema deje de funcionar por no contar con la respectiva licencia. El aplicativo web cuenta con las siguientes características:

El usuario podrá consultar los datos de los horarios en que ha sido expuesto el fruto a la luz artificial teniendo presente que cada tipo de luz tiene un tiempo límite al día. Según el rol que tenga el usuario podrá crear, modificar u eliminar reportes o usuarios dando sus respectivos permisos.

El investigador podrá registrar, actualizar, eliminar la información relacionada a los datos respecto a los reportes y así poder registrar nuevas recomendaciones.

El sistema brindara ayuda a los investigadores en sus reportes estadísticos con esto puede llegar a ser más eficiente y rápido el manejo de los reportes.

Las contraseñas de los usuarios están protegidas mediante encriptación, para el robo o modificación de la base de datos.

Análisis de factibilidad

Teniendo en cuenta que los investigadores no cuentan con un sistema en el cual puedan trabajar, se propone el desarrollo de un prototipo web utilizando programación y framework web open source, así los investigadores puedan contar con un sistema que no necesite constantes actualizaciones para que impida con sus respectivas labores.

De esta manera se podrá satisfacer la necesidad que presentan los investigadores con el sistema propuesto se brinda un producto de calidad a los investigadores, con recursos reducidos como técnicos y económicos.

Una vez identificado los problemas que tienen los investigadores se procede a realizar un análisis en el cual se plantea la factibilidad de desarrollar un sistema de web con los módulos (aquí irán los módulos definidos). Entre las factibilidades que se van a considerar son las siguientes:

- Factibilidad operacional
- Factibilidad técnica
- Factibilidad legal
- **Factibilidad económica**

actibilidad operacional

En la actualidad los investigadores no cuentan con un sistema estadístico, este proyecto tiene la finalidad de realizar un sistema web libre que no necesite licencia, en este caso el usuario podrá acceder mediante un navegador, teniendo así un sistema rápido, fácil de manejar, amigable para el usuario. Este prototipo contara con un módulo de seguridad que permite llevar la gestión de los usuarios en cuanto a su creación, roles y permiso, también un módulo de administración en el cual se puede acceder a los reportes.

Factibilidad técnica

Para el desarrollo de este aplicativo web se analiza las prioridades técnicas con las que se cuenta, entre las cuales tenemos los equipos de hardware y software. Teniendo en cuenta que el software es *open source* esto proporciona gran ayuda al momento de desarrollar el sistema permitiendo realizar consultas en la web.

Se detallará a continuación el detalle específico de los equipos de hardware y software que se van a utilizar para el desarrollo es este proyecto.

Hardware

Tabla 103. Especificaciones de hardware - Joffre Rubio

Hardware	Características
Ram	8 GB RAM
Disco duro	1 TB
Procesador	AMD Ryzen 4500u 2.37Ghz

Tabla 104. Especificaciones de hardware – Ángel Serrano

Hardware	Características
Ram	8 GB RAM
Disco duro	1 TB
Procesador	Intel Core™ i7- 8565U 1.80 Ghz

Con análisis se puede determinar que los equipos son aptos para desarrollar el sistema web.

Software

Como se está utilizando software *open source* no es necesario invertir en programas, licencias ya que de esta manera el diseño y el desarrollo es fácil de implementar. Este

sistema podrá ser visualizado desde cualquier navegador, las características de software para desarrollar el sistema web son:

Tabla 105. Características del *software*

Software	Características
Base de Datos	MySQL
Navegador	Microsoft Edge, Google Chrome, Mozilla Firefox
Sistema operativo	Windows 10 Home
Lenguaje de programación	PHP, JavaScript
Servidor	Apache

Factibilidad legal

Mediante el decreto ejecutivo N°1014 emitido el 10 de abril de 2008, se dispone el uso de Software Libre, por lo que no existe ningún impedimento para el desarrollo del sistema web de datos estadísticos ya que su desarrollo se basa en el uso de herramientas *open source*, las cuales son libres y no necesitan de licencia para el desarrollo de sistemas web.

A continuación, se detallan las herramientas *open source* que se van a Utilizar:

- Base de datos: MySQL.
- Lenguaje de programación: PHP, JavaScript.
- Framework: Laravel.

Factibilidad económica

En el factor económico no refleja mucha preocupación, porque el sistema web será desarrollado bajo herramientas *open source*.

Tabla 106. Presupuesto del Proyecto

Equipos Utilizados	Costo
Recursos Humanos	\$0
Laravel, PHP, MySQL	\$0
Costos Varios	\$300

Por medio de la investigación si los costos se justifican con los beneficios que se pueden obtener con el sistema propuesto. “Los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto.

Con análisis de costos/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación de ellos.

A continuación, se presentan formatos sugeridos para esta sección:

Tabla 107. Tecnologías a utilizarse en el proyecto

Tecnología		Versión		
	Framework		Laravel	8
Lenguaje de programación		Php 8.1.1		
	Base de datos		MySql	5.7.33
Sistema Operativo		Windows 10 <i>Home Single Language</i>		

Nota: En esta tabla se presentan las herramientas que se han seleccionado para el presente proyecto, una vez que se ha realizado un análisis comparativo con otras de iguales bondades en el mercado tecnológico actual.

Tabla 108. Costos por recursos humanos en el proyecto

Cargo	Costo	Cantidad	Total
Investigador	\$700,00	1	\$700,00
Diseñador	\$600,00	1	\$600,00
Desarrollador	\$850,00	1	\$850,00
Líder de proyecto	\$1.100,00	1	\$1.100,00
		To tal	\$3.250, 00

Nota: En esta tabla se presentan los principales recursos que se han considerado en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 109. Costos de inversión en hardware en el proyecto

Equipo	Costo	Cantidad	Total
Servidor de aplicaciones	\$1.100,00	1	\$1.100,00
Servidor de base de datos	\$1.200,00	1	\$1.200,00
Servidor de archivos	\$1.050,00	1	\$1.050,00
		Total	\$3.350,00

Nota: En esta tabla se presenta la inversión a realizar en hardware que se ha considerado en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 110. Costos de inversión en software en el proyecto

Descripción	Costo	Cantidad	Total
Laravel 8	\$0	1	\$0
Visual Studio Code	\$0	1	\$0
MySql Classic	\$399	1	\$399,00
Windows Server 2012	\$6.155,00	1	\$6.155,00
Total			\$6.554,00

Nota: En esta tabla se presenta la inversión a realizar en software que se ha considerado en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 111. Resumen de costos de inversión en el proyecto

Tecnología		Versión	
	Recurso humano		\$3.400,00
Hardware		\$3.000,00	
	Software		\$36.602,99
Total		\$43.002,99	

Nota: En esta tabla se presenta un resumen de los costos de inversión para el presente proyecto. La elaboración es propia.

5.9 Metodologías del proyecto

La metodología Scrum es considerada como un método que nos ayuda para trabajar de manera colaborativa en equipo y obtener el mejor resultado posible del proyecto. Es decir, tiene como fin la entrega de valor en periodos cortos de tiempo y para eso la metodología tiene como base tres pilares fundamentales que son: la transparencia, inspección y adaptación, es perfecta para proyectos en entornos complejos, donde se necesite obtener resultados lo más pronto posible, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son necesarias.

En la metodología Scrum un proyecto se realiza en ciclos temporales cortos y de duración fija, iteraciones que usualmente son de dos, tres y hasta cuatro semanas.



La metodología de investigación que se va a realizar en este capítulo es la exploratoria, “La investigación exploratoria, se efectúa normalmente cuando el objeto a examinar un tema o problema de investigación tiene poco estudio, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. En otras palabras, esta metodología se implementa cuando no se tiene mucha información o conocimiento de la problemática, realizando una investigación mucho más profunda del mismo.

Población y muestra

La población seleccionada en este proyecto serán los investigadores dedicados a los proyectos relacionados a el cultivo de la Pitahaya los cuales están en una cantidad de 15 investigadores lo cual muestra una población finita.

Debido a que la población es menor a cien personas se toma como muestra la misma cantidad de población que en este caso sería 15.

Procesamiento y análisis

Los mecanismos que se utilizaron para el procesamiento de información es el análisis estadístico, que surge del estudio de la muestra de una población, obteniendo datos mediante encuestas, entrevistas entre otras. Con la finalidad de definir los métodos de uso en el prototipo detallando lo metodología dentro del análisis de la información.

Empleando el análisis estadístico en las encuestas que se realizaron vía online a los docentes de la carrera, los cuales respondieron según su criterio las preguntas realizadas en base a los objetivos del proyecto. Complementando con la obtención de patrones una vez analizados los datos, es decir analizado las preguntas y las opciones que se les da a los investigadores para conocer cuáles son los intereses similares de lo que se presentan en el catálogo.

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos sirven para conocer mejor sobre los individuos a los que se vayan a evaluar para la respectiva que se preste cada uno de los procesos de recopilación de datos.

Para la recolección de datos se elaboró una encuesta por medio de Google formulario, usando como medio de internet, la cual fue aprobada y revisada por el tutor, dentro de la encuesta se efectuó tipos de preguntas tales como:

Preguntas abiertas: Son aquellas preguntas que son contestadas por la persona encuestada con sus propias palabras, por lo tanto, da total libertad en la respuesta que desea dar.

Preguntas con respuesta a escala: Este tipo de preguntas son utilizadas para evaluar el grado de intensidad. La elección de la encuesta a escala es de manera numérica por que se caracteriza con una evaluación de números que pueden ser del 1 al 5 o del 1 al 10.

Preguntas de elección única: Solo pueden escoger una opción planteada entre las opciones de la pregunta, es decir, son preguntas excluyentes. Estas, son dicotómicas ya que solo se responden con un sí, no o un tal vez.

Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información

En general, la estadística trata acerca de contenidos que se encuentran basados en datos de interés. Al hablar de los términos estadísticos, estos pueden referirse tanto a la información, como a los métodos que se utilizan.

Se puede decir que no todo argumento se llega a considerar como un dato analizable, es decir, los valores que establecen en conjunto deben ser analizables de manera significativa, siendo aptos para ser comparados, analizados e interpretados.

Los métodos estadísticos estarán clasificados en 5 pasos básicos tales como:

Recopilación: Estos datos se pueden clasificar en 2 (internos o externos), dependiendo de la localización de la información.

Organización: Uno de los pasos importantes para una Buena organización es ordenar y corregir los datos recopilados, si estos son necesarios.

Otro de los pasos es determinar la clasificación apropiada para la inclusión de los elementos.

Presentación: en estos puntos se pueden presentar el conjunto de datos en tres formas, tales como, enunciados o textos, tablas estadísticas y graficas estadísticas.

Análisis: Podemos encontrar diferentes métodos de análisis estadísticos, pero solo se enumerará los más usados:

- Análisis estadístico
- Inducción estadística
- Análisis de series tiempo
- Análisis de relación

Interpretación: Después de los resultados que se obtiene por el análisis se puede llegar a una conclusión de lo que se ha interpretado.

5.10 Análisis de encuestas realizadas

A continuación, se muestran los valores absolutos y relativos que corresponde a la tabulación de cada pregunta aplicada en la encuesta a 15 investigadores.

Tabla 112. Resultados de la pregunta 1. ¿Cuál es el nivel de aplicación de técnicas adecuadas para la producción de Pitahaya en Ecuador?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Ninguna	0	0%
2		8	6.7%
3		3	53.3 %
4		3	20%
5	Muy alto	15	20%

Los resultados de este grafico un 6.7% de investigadores conocen el nivel de técnicas para la producción de Pitahaya, por lo consiguiente un 53.3 % de investigadores tienen un nivel un poco más alto de conocimiento en técnicas para la producción de Pitahaya.

Tabla 113. Resultados de la pregunta 2. ¿Conoce usted otra técnica o estrategia para incrementar la producción de la Pitahaya que no sea aplicar luz artificial durante la noche y si es así, cuál sería?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Sí	3	20%
2	No	12	80%

Los resultados muestran un 20% de investigadores encuestados conocen otra técnica para la producción de Pitahaya que no se aplicar la luz artificial, por lo contrario que un 80% de los investigadores no conocen otra técnica de producción de Pitahaya que no sea con la aplicación de luz artificial.

Tabla 114. Resultados de la pregunta 3. ¿En qué nivel está satisfecho con los rendimientos en la producción de Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Nada satisfecho	0	0%
2		0	0%
3		6	40%
4		6	40%
5	Muy satisfecho	3	20%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos en este gráfico muestran que un 40% de los investigadores están satisfechos con los rendimientos de producción de Pitahaya, por lo contrario, un 20 % de investigadores no se encuentran satisfechos con los rendimientos en la producción de Pitahaya.

Tabla 115. Resultados de la pregunta 4. ¿Que probable es incrementar la producción de Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Muy alto	4	26.7%
2	Alto	6	40%
3	Medio	5	33.3%
4	Bajo	0	0%
5	Muy bajo	0	0%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos muestran que un 40% de los investigadores tienen una probabilidad alta de incrementar la producción de Pitahaya, por lo contrario que un 33.3% de investigadores tienen una probabilidad media de incrementar la producción de Pitahaya.

Tabla 116. Resultados de la pregunta 5. ¿Qué tan riesgoso es introducir nuevas técnicas y estrategias en la producción de Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Muy riesgoso	2	13.3%
2	Alto riesgoso	6	40%
3	Medianamente riesgoso	3	20%
4	Riesgo bajo	4	26.7%
5	Riesgo muy bajo	0	0%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos en este grafico muestra que un 40% de investigadores definen que es algo riesgoso la introducción de nuevas técnicas y estrategias en la producción de la Pitahaya, por lo contrario, un 26.7% de investigadores definen que tiene un riesgo bajo el introducir nuevas técnicas y estrategias en la producción de la Pitahaya.

Tabla 117. Resultados de la pregunta 6. ¿Qué tan rentable resulta la introducción de nuevas técnicas y estrategias en la producción de Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Muy rentable	4	26.7%
2	Rentable	9	60%
3	Medio	1	6.7%
4	Algo rentable	1	6.7%
5	Nada rentable	0	0%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos en el siguiente grafico muestran que un 60% de investigadores definen que es restable la introducción de nuevas técnicas y estrategias en la producción de Pitahaya, por lo contrario, un 6.7% de investigadores

definen que es medianamente rentable la introducción de nuevas técnicas y estrategia en la producción de Pitahaya.

Tabla 118. Resultados de la pregunta 7.- ¿Reciben ayuda del estado cuando tienen problemas con la producción de la Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Siempre	1	6.7%
2	A veces	7	46.7%
3	Nunca	7	46.7%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos en el siguiente grafico muestran un 46.7% de investigadores que nunca han recibido ayuda del estado cuando tienen problemas con la producción de la Pitahaya, por lo contrario, un 46.7% de investigadores definen que a veces han recibido ayuda del estado cuando tienen problemas con la producción de la Pitahaya.

Tabla 119. Resultados de la pregunta 8. ¿Estaría dispuesto a compartir su experiencia o información con los productores que recién van iniciando con la producción de la Pitahaya?

Ítem	Categoría	Frecuencia	Porcentaje
1	Nunca	0	0%
2		0	0%
3		4	26.7%
4		10	66.7%
5	Siempre	1	6.7%
Total		15	100%

Los resultados obtenidos muestran que un 66.7 de investigadores estarían dispuestos a compartir su experiencia o información con los productores que recién van iniciando con la producción de la Pitahaya, por lo contrario, muestra que un 26.7% de investigadores no estarían dispuestos a compartir sus experiencia o información con los productores que recién van iniciando con la producción de la Pitahaya.



5.11 Desarrollo del proyecto

Tabla 120. Roles del equipo *Scrum*

Nombre	Contacto	Rol
M. Sc. Maikel Leyva	0967780247	<i>Scrum Master</i>
M. Sc. Maikel Leyva	0967780247	<i>Product Master</i>
Jonathan Rubio	0982999152	<i>Scrum Team</i>
Ángel Serrano	0960780902	<i>Scrum Team</i>

Tabla 121. *Product Backlog*

N	DescripciónHistoria	Prioridad	sprint
1	Análisis de requerimientos	Alta	Conocer cuáles son las condiciones para gestionar la información del proceso de cultivo de Pitahaya para poderimplementarlo en el aplicativoweb.
2	Análisis de Plataforma y tiposde lenguaje de programación	Alta	Analizar que Plataforma de Desarrollo es más convenientepara un Proyecto a corto plazo.
3	Levantamiento de información	Alta	Conocer cuáles son las zonas deproducción de la Pitahaya
4	Diseño de modelo entidad relación del Proyecto	Alta	Los modelos entidad relación nos ayuda a verificar los actores principales que participan en la interacción del aplicativo
5	Diseño de la arquitectura del Proyecto	Alta	Se crea un modelo con respectoal diseño de como varia la estructura
6	Desarrollo del diseñovisual de la aplicación	Media	Crear un diseño administrativo
7	Construcción módulo de menú de la aplicación	Alto	El módulo de menú contendrá cada componente pertenecienteal aplicativo
8	Diseño de modulo galería	Alto	La construcción del módulo degalería
9	Alojamiento de publicaciones enbase de	Alto	Para almacenar las fincas pertenecientes a cada cantónGuayas se hará uso de la BD



	datos		
10	Elaboración del módulo publicación	Alto	la construcción del módulo publicación
11	Diseño de componentes para el módulo de publicación	Alto	El módulo contendrá información, verificada actual de la Pitahaya.
12	Pruebas integrales	Alto	Realizar pruebas de los módulos con sus respectivas funcionalidades
13	Correcciones de errores y mejoras	Alto	Ejecutar la respectivas correcciones y mejoras en la funcionalidad de los módulos
14	Despliegue del aplicativo web	Alto	Efectuar el despliegue del aplicativo web

Tabla 122. Prioridad del Producto Backlog

Nº	Descripción de la Historia
1	Análisis de Requerimientos
2	Análisis de Plataforma y tipos de lenguaje de Programación
3	Levantamiento de Información
4	Diseño de modelo entidad relación del Proyecto
5	Diseño de la arquitectura del proyecto
6	Desarrollo del diseño visual de la aplicación
7	Construcción módulo de menú de la aplicación
8	Diseño de modulo galería
9	Alojamiento de publicaciones en base de datos
10	Elaboración del módulo publicación
11	Diseño de componentes para el módulo de publicación
12	Pruebas integrales
13	Corrección de errores y mejoras
14	Despliegue de la Aplicativo web



Tabla 123. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Análisis de requerimiento
Descripción	Como desarrollador debemos conocer cuáles son los datos estadísticos del cultivo de la Pitahaya
Importancia en el Proyecto	8
Valor de esfuerzo	9

Tabla 124. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación.
Descripción	Se requiere en análisis de cual plataforma de programación es más conveniente para realizar nuestro proyecto y definir el lenguaje a implementar
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 125. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Levantamiento de información
Descripción	Se necesita conocer las zonas de producción de Pitahaya y los tipos de datos estadísticos que manejan.
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9



Tabla 126. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de modelo entidad relación del proyecto
Descripción	Se requiere conocer el modelo de entidad relación que se implementara en el aplicativo web
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 127. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de la arquitectura del proyecto
Descripción	Diseño Arquitectónico de cómo se vería la estructura del aplicativo web
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 128. Historia de Usuario

Nombre de Historia de Usuario	Desarrollo del diseño visual del aplicativo web
Descripción	Presentación del diseño de módulos del aplicativo web
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9



Tabla 126. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Construcción módulo de menú del aplicativo web
Descripción	Crear un menú que contenga cada uno de los nombres de las funciones del aplicativo web
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 127. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de modulo galería
Descripción	Disponibilidad del contenido de imágenes en la aplicación
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 128. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Alojamiento de Publicaciones en base dedatos
Descripción	Uso de la Base de Datos para el almacenamiento de las publicaciones estadísticas.
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 129. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Elaboración del módulo publicación
Descripción	Crear un módulo publicación donde estará disponible la información sobre los datos estadísticos del cultivo de la Pitahaya.
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 130. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Pruebas Integrales
Descripción	Se realiza una evaluación de todos los módulos con sus respectivas funcionalidades.
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	8

Nota: Realizado por Joffre Rubio y Ángel Serrano. Datos de la investigación

Tabla 131. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Corrección de errores y mejoras
Descripción	Realizar las correcciones respectivas y mejoras de cada módulo, en caso de que llegue a existir algún error en el aplicativo web
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 132. Historia de usuario

Nombre de Historia de Usuario	Despliegue del Aplicativo Web
Descripción	El despliegue del aplicativo web se lo realizara una vez se haya hecho todas las pruebas y correcciones pertinentes en el aplicativo.
Importancia en el Proyecto	9
Valor de esfuerzo	8

Tabla 133. Planificación de los *sprint*

N°	Descripción de la historia	Esfuerzo	Valor	Horas	N° Sprint
1	Análisis de requerimientos	10	10	40	1
2	Análisis de plataforma y tipos de lenguajes de programación	10	10	24	
3	Levantamiento de información	8	9	20	
4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto	8	9	8	
5	Diseño de la arquitectura del proyecto	9	10	25	2
6	Desarrollo de diseño visual del aplicativo web	8	8	25	
7	Alojamiento de publicaciones en la base de datos	10	10	4	3
8	Elaboración del módulo publicación	10	10	5	
9	Diseño de componentes para el módulo de publicación	10	10	2	
10	Pruebas integrales	10	10	2	4
11	Corrección de errores y mejoras	10	10	2	
12	Despliegue del aplicativo web	10	10	1	

5.12 Fase de codificación y diseño

A continuación, se detalla cada uno de los *sprint* que se plantearon para cada actividad para el desarrollo del proyecto.

Para la elaboración y detalle de la fase de codificación y diseño se plantearon los siguientes:

- Nombre de las historias de Usuario establecidas en las tareas



- Horas empleadas para la elaboración de las historias
- Importancia de las historias en el proyecto
- Descripción de cada una de las historias
- Criterio de aceptación de las historias
- Sprint Burn Down de cada uno de los Sprint

SPRINT 1

Tabla 134. Historia de Usuarios Sprint 1

Título de la tarea	Estado	Responsables
Análisis de los requerimientos	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Levantamiento de información	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Diseño de modelo entidad relación del proyecto	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño

Tabla 135. Historia de Usuario 1 Sprint 1

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Análisis de los requerimientos	40	8
Descripción	Como desarrolladores debemos conocer la gestión de información del cultivo de la Pitahaya.	
Criterio de Aceptación	La información brindada debe establecer los requerimientos para evaluar el alcance del aplicativo web.	

Tabla 136. Historia de Usuario 2 Sprint 1

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación.	24	9
Descripción	Se Requiere analizar la plataforma de Desarrollo más conveniente para nuestro proyecto.	
Criterio de Aceptación	La plataforma debe ser conocida por los usuarios y el lenguaje de programación de fácil entendimiento.	



Tabla 137. Historia de Usuario 3 Sprint 1

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Levantamiento de Información	20	9
Descripción	Se requiere conocer las Zonas de producción de Pitahaya y lostipos de datos en el informe	
Criterio de Aceptación	Las zonas de producción de Pitahaya deben pertenecer a la provincia del Guayas.	

Tabla 138. Historia de Usuario 4 Sprint 1

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de modelo entidadrelación del proyecto	8	9
Descripción	Se requiere conocer el modelo entidad relación que seutilizara en el aplicativo web.	
Criterio de Aceptación	El diseño del modelo entidad relación debe tener coherenciade acuerdo con la necesidad de la aplicación.	

BURN DOWN DEL SPRINT 1

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 1*.

Tabla 139. *Burn Down Sprint 1*

N°	Descripción de laHistoria	Total, dehoras	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	Análisis de requerimientos	40	8	8	8	8	8
2	Análisis de plataformasy tipos de lenguajes de programación	24	4	4	4	4	8
3	Levantamiento de información	20	4	4	4	4	4



4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto	8	4	1	1	1	1
---	--	---	---	---	---	---	---

SPRINT 2

Tabla 140. Historia de usuarios *Sprint 2*

Título de la tarea	Estado	Responsables
Diseño de arquitectura del Proyecto	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Desarrollo de diseño visual del aplicativo web	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño

Tabla 141. Historia de usuario 1 *Sprint 2*

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de la arquitectura del aplicativo web	25	9
Descripción	Se diseñan diferentes modelos de visualización de la aplicación para conocer cómo se expondrá el contenido.	
Criterio de Aceptación	El diseño de la arquitectura del aplicativo web debe permitir un flujo rápido de datos y un tiempo de respuesta corto.	

Tabla 142. Historia de usuario 2 *Sprint 2*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Desarrollo del diseño visual del aplicativo web.	25	9
Descripción	Se requiere la presentación visual del diseño de módulos en el aplicativo web.	
Criterio de Aceptación	El diseño visual de los módulos debe ser elegante y que la funcionalidad de cada uno de los módulos sea lo esperado.	

BURN DOWN DEL SPRINT 2

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 2*.



Tabla 143. *Burn Down Sprint 2*

N°	Descripción de la Historia	Total, de horas	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
1	Diseño de la arquitectura del aplicativo web	25	5	5	5	5	5
2	Desarrollo del diseño visual del aplicativo web	25	5	5	5	5	5

SPRINT 3

Tabla 144. Historia de usuarios *Sprint 3*

Título de la tarea	Estado	Responsables
Alojamiento de publicaciones en la base de datos	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Elaboración del módulo publicación	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Diseño de componentes para el módulo publicación	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño

Historia de usuario 1 Sprint 3

Tabla 145. Historia de usuario 1 Sprint 3

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
-----------------------	-----------------	--------------------------



Alojamiento de publicaciones en la base de datos	4	9
Descripción	El uso de la base de datos se utilizará para almacenar informaciones pertenecientes a la producción de la Pitahaya.	
Criterio de Aceptación	En la base de datos se almacenará los datos de producción de Pitahaya.	

Tabla 146. Historia de Usuario 2 Sprint 3

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Elaboración del módulo publicación.	5	9
Descripción	Se crea el módulo publicación donde estará disponible información sobre el estado del cultivo de la Pitahaya	
Criterio de Aceptación	El diseño de este módulo ayudara a dar información actualizada sobre el estado del cultivo del fruto.	

Tabla 147. Historia de usuario 3 Sprint 3

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de componentes para el módulo de publicación	1	9
Descripción	Elaboración de datos estadísticos que muestran el estado de los cultivos de Pitahaya	
Criterio de Aceptación	Mediante estos datos estadísticos se podrá mostrar el estado actual de los cultivos de Pitahaya.	

BURN DOWN DEL SPRINT 3

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 3*.

Tabla 148. *Burn Down Sprint 3*

N°	Descripción de la Historia	Total, de horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Alojamiento de publicaciones en la base de datos.	4	1	1	1	1	0
2	Elaboración del módulo publicaciones	5	1	1	1	1	1



3	Diseño de componentes para el módulo publicación	2	1	0	0	0	1
---	--	---	---	---	---	---	---

SPRINT 4

Tabla 149. *Historia de usuarios Sprint 4*

Título de la tarea	Estado	Responsables
Pruebas Integrales	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Corrección de errores y mejoras	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño
Despliegue del aplicativo web	Completado	Joffre Jonathan Rubio Sánchez Angel David Serrano Cedeño

Tabla 150. *Historia de usuario 1 Sprint 4*

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Pruebas integrales	2	9
Descripción	Se evaluará todos los módulos con sus respectivas funcionalidades.	
Criterio de Aceptación	Se realizará las respectivas pruebas funcionales del aplicativo web.	

Tabla 151. *Historia de usuario 2 Sprint 4*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Corrección de errores y mejoras	2	9
Descripción	Realizar las correcciones respectivas y mejoras de cada módulo en caso de que llegue a existir algún error en el aplicativo.	
Criterio de Aceptación	En caso de que surja alguna complicación en las pruebas inmediatamente se realizara las respectivas correcciones.	

Tabla 152. Historia de usuario 3 Sprint 4

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Despliegue del aplicativo	1	9
Descripción	El despliegue del aplicativo se lo realizara una vez se haya realizado las pruebas y correcciones pertenecientes al aplicativo.	
Criterio de Aceptación	Una vez que el aplicativo pase las pruebas y haber realizadolas debidas correcciones se procede a realizar el despliegue.	

BURN DOWN DEL SPRINT 4

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el Sprint 4.

Tabla 153. Burn Down Sprint 4

N°	Descripción de la Historia	Total, de horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Pruebas integrales	2	1	0	0	1	0
2	Corrección de erroresy mejoras	2	1	0	0	0	1
3	Despliegue delaplicativo web	1	0	0	0	0	1

5.13 Fase de pruebas

En esta sección se procede con el cumplimiento de las pruebas necesarias para la validación y funcionamiento de nuestro aplicativo web, como procede en la ayuda hacia los investigadores involucrados en el proyecto FCI. Después de llevar a cabo las pruebas preliminares se realizará el proceso de corrección y mejoras que se establecieron durante la etapa de prueba.

Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

Los investigadores involucrados en el proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” fue aprobado por el Honorable Consejo Universitario de Guayaquil (UG) el 23 de abril del 2018 mediante RCU-SO-04-121-04-2018 serán los beneficiarios directos porque en este proyecto se mantendrán informados mediante la página web que habrá recopilado los datos de la Pitahaya (producción, fruto, temperatura, técnicas de cultivo, flores, etc..) y con eso poder observar todos los datos que serán almacenados en una base de datos local para realizar consultas y así poder generar información sobre sus investigaciones mediante publicaciones.



Los beneficiarios indirectos están relacionados a los productores agrícolas que se dedican al cultivo de la Pitahaya, quienes podrán obtener la información científica aportada por el aplicativo web y con eso podrán mejorar el rendimiento de los cultivos.

Entregables del proyecto

Para el presente proyecto de titulación se darán los siguientes entregables:

Manual de usuario: El cual detallara todo el manejo del sistema web para que los usuarios puedan manipular la información que se almacene y poder mostrar el manejo de las consultas de datos.

Manual técnico: Este detallara los recursos de software y hardware que se utilizaron para el desarrollo de este sistema web.

Además de entregar el código fuente del proyecto, los Framework y la entrega del prototipo final.

5.14 Propuesta

El presente proyecto de titulación tiene como propuesta desarrollar un aplicativo web para que los investigadores involucrados en el proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” puedan visualizar y controlar la información de manera eficaz de las zonas de los cultivos de Pitahaya en la provincia de Guayas.

Se realizó la perteneciente evaluación del aplicativo web mediante el juicio de expertos a docentes a fines de la carrera, que harán uso de la aplicación con la finalidad de que ayuden con la aprobación de este proyecto. Los indicadores a evaluar fueron los siguientes:

1. Claridad
2. Objetividad
3. Actualidad
4. Suficiencia
5. Intencionalidad
6. Consistencia
7. Metodología
8. Aplicabilidad

La puntuación que se asigno fue de 0-20 como deficiente, 21-40 como regular, 41-60 como buena, 61-80 como muy buena, 81-100 como excelente.

Al realizar la validación de experto se obtuvo como resultado en los indicadores lo siguiente: Claridad 95/100; Objetividad 100/100; Actualidad 95/100; Suficiencia 95/100; Intencionalidad 100/100; Consistencia 100/100; Metodología 95/100; Aplicabilidad 95/100. Para la validación del usuario los criterios de aceptación se obtienen del resultado de todos los indicadores totales.

Criterios de aceptación del producto o servicio

Se realiza la respectiva evaluación con base en los criterios de aceptación del tema que se ha propuesto, para lo siguiente se evaluó el funcionamiento de la página web con el usuario.

Tabla 154. Criterio de aceptación por parte del usuario

Criterio de aceptación	No cumple	Cumple con el 25%	Cumple con el 50%	Cumple con el 75%	Cumple con el 100%	Observaciones
Inicio de sesión en la página web bajo roles de administrador y usuario					si	
La página web presenta los módulos funcionales.					si	
La página web presenta mediante graficas la información almacenada					No	
La página web permite realizar consultas por medio de filtros en informes					si	
La página web presenta una interfaz amigable con el usuario					si	
Suma					500	
Suma Total					500	Sobre :700

5.15 Conclusiones

Se identificaron como procesos prioritarios la falta de información detallada para la producción de Pitahaya para su implantación en a la página web.

Se determinaron los requisitos de la aplicación mediante historia de usuario según metodología SCRUM

Se diseñaron módulos en la aplicación web estos son: publicaciones, usuarios, categoría y etiquetas.



Se implementó la aplicación web con tecnología PHP utilizando el framework Laravel y se validaron mediante las pruebas integrales.

La revisión de los principales sistemas de iluminación rojo que se usó en el modelo RGB basado en luces LED es el más eficiente.

Se recomienda ampliar la funcionalidad de la aplicación mediante la implementación de técnicas de aprendizaje automático, extender el uso de la propuesta a los productores de Pitahaya a nivel nacional, desarrollar una chatbot que brinde información los productores e implementar una aplicación web que automatice el control de información mediante las aplicado al cultivo de la Pitahaya.

Capítulo 6. Desarrollo de un complemento de código abierto en PYQGIS para la automatización del análisis de imágenes multiespectrales aéreas destinadas a la agricultura de precisión

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo la automatización del análisis de imágenes multiespectrales e índices de vegetación, implementando un plugin el cual será un software open source, esto se lo realizara mediante la API PyQGIS, este nos permitirá optimizar y mejorar el proceso de obtención de información de los cultivos ya que actualmente este tipo de tecnologías no está correctamente implementadas ya sea por la complejidad en el uso o falta de fiabilidad de estas herramientas en el sector agrícola de nuestro país, la metodología a ser utilizada es la tradicional basada en prototipos ya que se desarrollará dicho plugin y se lo probará debidamente.

Para su validación se especifica el proceso necesario para el análisis de las imágenes de un cultivo ejemplo como en este es la plantación de Pitahaya y según sus índices analizados determinar el estado de los cultivos, humedad del terreno, entre los diferentes software se escogió QGIS ya que esta herramienta es de código libre y trabaja bajo un lenguaje de programación dinámico y multiplataforma como Python, con esto se logra que el plugin pueda ser implementado sin inconvenientes a sistemas de agricultura de precisión y a su vez sea de libre acceso facilitando las tareas y mejorando la productividad de los agricultores ecuatorianos.

6.1 Introducción

La FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) asegura que, los habitantes tendrán que cambiar a sistemas de alimentación más sostenibles y hacer mejor uso de las tierras, el agua y otros insumos. Ante estos cambios, los productores agrícolas se han visto en la necesidad de buscar la forma de satisfacer las necesidades de los consumidores. En base a esta



demanda, se optó por la implementación de nuevas tecnologías como la agricultura de precisión en donde se lleva a cabo la automatización de los procesos que pueden ayudar a mejorar la eficiencia y la producción de las cosechas.

Gran parte de los agricultores basan su trabajo en un modelo de agricultura tradicional y no en una agricultura tecnificada que les permita aumentar su rendimiento y bajar costo en la producción; viéndose reflejado el poco interés y desconocimiento sobre la utilización de nuevas tecnologías en los diversos cultivos. Esto reduce las posibilidades de sistematizar algunos procesos, que permitan mejorar la forma con la que se trabaja en la agricultura.

Para ello, la agricultura de precisión, es la técnica acorde a la necesidad de los agricultores porque permite que, el objetivo de estos no sea simplemente aumentar la producción, sino también la disminución de esfuerzos y toma de decisiones acertadas apoyándose en la tecnología. Una de las herramientas más utilizadas, en la agricultura de precisión es el análisis de imágenes multiespectrales, siendo estas; representaciones visuales que poseen información al ser capturadas por un sensor introducido en una plataforma. De esta forma, la agricultura posee una serie de ventajas en base recolección de datos de los cultivos, su análisis e interpretación respectiva, y con ello: ayudar a los agricultores a saber cuáles son las necesidades exactas de insumos en sus cosechas, disminuir las pérdidas de estos, optimizar mejor los recursos, y hacer de la siembra, una actividad más rentable.

Unos de los principales problemas de la agricultura de precisión es no tener participación en el agro ecuatoriano debido a que se complica su implementación, ya sea por falta de conocimiento en el manejo de software o el hardware requerido es muy costoso. Esto reduce las posibilidades de sistematizar algunos procesos, los cuales permiten mejorar la toma de decisiones, hoy en día el uso de tecnología no se debe considerar como un lujo sino en una gran alternativa para lograr maximizar el nivel de producción. De esta manera se busca promover y aumentar el impacto de la agricultura de precisión mediante el manejo de imágenes multiespectrales, para mejorar el desempeño de producción y monitorear, gestionar sus activos agrícolas de una manera más eficiente y confiable.

Para el cultivo de la Pitahaya se deben cumplir condiciones de cosecha ya que las características físicas y químicas de los frutos de la Pitahaya varían de acuerdo a las condiciones ambientales y ubicación geográfica, para la preparación del terreno se realizan mecanización del lote y la construcción de drenaje. El plugin planea facilitar esta tarea de revisión de los lotes ya que puede realizar un estudio inmediato de las condiciones de humedad, fertilidad y ubicación del suelo.

De esta manera se incorpora la agricultura de precisión, inmediatamente se puede llegar a pensar en mapas, drones, sensores, imágenes satelitales y aplicaciones, pero para muchos agrónomos, la agricultura de precisión se trata de un proceso el cual permite mejorar la toma de decisiones facilitado por herramientas tecnológicas, es así que mediante la agricultura de precisión permite predecir con mayor exactitud el rendimiento y la producción de los cultivos en el agro.

Algunas de las situaciones más comunes que se presentan es la falta de conocimiento en este tipo de herramientas las cuales pueden ser implementadas en Drones y cámaras multiespectrales, aquellas requieren un nivel de aprendizaje para su manejo pero que al utilizarlas estas pueden ahorrar tiempo y esfuerzo, ya que permiten determinar índices de vegetación los cuales son fundamentales para saber el estado del cultivo, estas se las realizan manualmente, al aplicar el uso de estas herramientas se genera una mayor productividad con mayor eficiencia, debido a que dentro de un campo es muy probable que la producción no se realice de manera homogénea por que puede haber sectores donde se deba intensificar el cuidado y tratamiento y determinar sectores por prioridad así mejorando exponencialmente la producción.

La dirección de este proyecto está destinada a promover y facilitar el uso de tecnologías de análisis multiespectrales en el sector agrícola del Ecuador, esto se puede lograr mediante la agricultura de precisión ya que esta contribuye específicamente a optimizar el uso de los recursos e insumos al utilizarlos en el lugar y momento preciso, existen diversas alternativas como el análisis de imágenes multiespectrales de un sector de sembrío determinado, pero estas no son implementadas de manera adecuada, ya sea por desconocimiento general, dificultad para su utilización, desconfianza de su funcionalidad (García & Flego, 2019).

Debido a esto se desarrolla un Plugin para el software QGIS el cual tiene como objetivo automatizar y mejorar la efectividad del análisis de imágenes multiespectrales de los cultivos sin llegar a ser una alternativa costosa o desconocida, esto aportara al sector agrícola al momento de evaluar sus cultivos.

El alcance de este proyecto se limita a la creación de un complemento para la plataforma QGIS, el cual permitirá reducir la carga cognitiva y automatizar el proceso de análisis de imágenes multiespectrales; llegando así a reducir la dificultad y aumentar la eficiencia para analizar dichas imágenes de los cultivos con la plataforma. Este complemento estará desarrollado bajo una licencia de código abierto utilizando la librería PYQGIS, el mismo que será extrapolable a diversos tipos de cultivos del Ecuador.



El complemento permitirá obtener índices de vegetación: NVDI, SAVI, CIG, NDWI, además de sus respectivos histogramas, los cuales serán utilizados por los agricultores para la toma de decisiones dentro de sus cultivos. Para el proceso de creación del complemento, se realizará una investigación para conocer el proceso de análisis de imágenes multiespectrales y las diferentes herramientas necesarias para el desarrollo de este complemento, y al culminar el proceso de desarrollo, se procederá a evaluar el mismo; por medio de casos de prueba y de esta forma medir los resultados finales frente a análisis muestrales.

6.2. Antecedentes del estudio

El proyecto plantea la creación de un complemento para QGIS con la finalidad de realizar la automatización del análisis de imágenes multiespectrales aéreas destinadas a la agricultura de precisión, de esta manera se busca la reducción de tiempo y mejorar la producción de los cultivos.

En un estudio realizado en la Universidad Politécnica de Valencia se evidencio que al momento de utilizar las imágenes multiespectrales generan un beneficio para la agricultura de precisión porque permite reducir y ejecutar fácilmente la cobertura de la zona geográfica obteniendo unos resultados completos y de alta resolución, de manera podemos tener una visualización de la vegetación o plantaciones en el área, a su vez aumenta el rendimiento económico, eficacia agrícola y la evolución de la producción, tomando en cuenta posibles escenarios como: detección de cultivos con plagas o enfermedades, detección de mayor o menor índice de riego y por ultimo detección de uso óptimo de fertilizantes a las plantaciones (Mitsikostas, 2017).

Se consideran a la fotogrametría infrarroja como una herramienta que permite acceder a una información espectral muy útil no accesible en las imágenes de RGB, fundamentalmente sirven para realizar el monitoreo de la salud de los cultivos en todo tipo de situación climática, la supervisión de equipos de riego, la identificación de malas hierbas en el campo y la creación de la receta de fertilizante según el análisis de imágenes realizado para cada plantación debido a que el rango NIR del espectro es el que las plantas reflejan con mayor intensidad y que dicha intensidad varía según la especie y el estado vegetativo de las mismas.

El cálculo de diferentes índices vegetativos permite interpretar e analizar la información de las imágenes NIR y RGB captadas mediante técnicas de fotogrametría, mostrando el NDVI el vigor de las plantas, el GNDVI el nivel de nitrógeno, el CWSI el nivel de estrés hídrico de las plantas y el SAVI un ajuste de los estudios agronómicos al tipo de suelo en las plantaciones entre otros (Evora Jiménez y otros., 2016).



Según el estudio realizado por (Rodríguez-Moreno, n.d.) Tuvo como objetivo realizar una evaluación comparativa de la variación temporal y espacial de los índices NDVI, SAVI, TSAVI y NDII en un ecosistema semiárido, cubriendo las temporadas de calor y frío, con la expectativa de evidenciar y documentar una mayor variabilidad de los resultados de los dos últimos. En el proceso de cálculo de los índices se planteó un objetivo secundario, evaluar el impacto de la aplicación (o no) de una corrección topográfica a los datos crudos antes de calcular la radiación y la reflectancia superficial. El uso de esta corrección no se menciona a menudo, pero parece apropiado dada la ecuación para el cálculo de los índices y la geomorfología agreste de la región de estudio.

Según al estudio realizado en la Universidad de Guayaquil se planteó la idea de implementar el uso de drones que realicen el control sobre el análisis de agricultura de precisión con el uso de imágenes multiespectrales, las mismas que serán interpretadas mediante dos softwares libres, uno que permitirá realizar el control de vuelo de forma autónoma para la obtención de datos y otro que permitirá analizar y evaluar las imágenes capturadas por el dron (FRANCO & PÉREZ, 2020). Para el análisis de este tipo de imágenes multiespectrales se utilizó el software denominado QGIS, al poseer características de análisis de espectros visibles de suelos.

En términos de funcionamiento de QGIS 3.0 posee la característica de automatizar la comprobación del campo geográfico, con la respectiva recopilación, búsqueda y tratamiento de los datos, esto conlleva a realizar el respectivo análisis de datos y del complemento para el uso adecuado de las herramientas de consultas y automatización en QGIS, los resultados serán guardar y almacenados en base de datos creadas por el usuario (Lapuente, 2018).

En la Universidad Complutense de Madrid se analizó la potencialidad del uso de los UAS/RPAS en agricultura, en cuestión trata de facilitar a los agricultores la capacidad de observar la producción desde el aire, teniendo así un mejor control de sus cultivos que les permita detectar posibles incidencias en cada cosecha. Las amenazas como las infestaciones de plagas y hongos que no se ven a ras de suelo. Esto se lleva a cabo gracias a que cada tipo de cobertura presenta una firma espectral típica, directamente relacionada con sus características de composición y geometría de esta forma, la cantidad proporcional de luz incidente que es reflejada, absorbida o transmitida dependen en sí de las características del suelo y de la longitud de onda analizada (García-Cervigón y otros., n.d.).

6.3 Software Libre QGIS

El software libre respeta la libertad de los usuarios y la comunidad, se basa en que los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar un software.

Según el trabajo de investigación realizado por (Gómez Díaz, 2016) detalla que esta definición fue precisada por la Fundación del Software Libre (Foundation Software Foundation, FSF), creada en 1985 por Richard M. Stallman, pero es preciso señalar que, con anterioridad, ya existían programas cuyo protocolo de distribución correspondía a este concepto. Entre los ejemplos más conocidos mencionamos TEX de Donald Knuth (1978) o la Berkeley Software Distribution (BSD) del Computer Systems Research Group de la Universidad de California (1977-1995).

Las libertades esenciales que proporcionan el uso de software libre son:

- Poder ejecutar el programa como se desee, sea este de cualquier tipo de propósito.
- La libertad de estudiar cómo funciona el programa, y cambiarlo para que realice lo que se desee. Es por ello el principal requisito es el acceso al código fuente.
- Poder distribuir copias de versiones modificadas a terceros. Esto permite ofrecer a la comunidad la oportunidad de beneficiarse de cualquier tipo de modificaciones.

El sistema QGIS, (*Quantum Geographical Information System*), es un software libre y de código abierto que nos proporciona una aplicación GIS para el manejo y análisis de información geográfica que podemos utilizar en forma de mapas. QGIS permite abrir archivos que tienen mapas digitalizados. Podemos consultar la información que está codificada en dichos mapas, y producir nuevos mapas en los cuales se resalte el resultado de nuestra consulta. Esto permite visualizar relaciones espaciales que no podríamos apreciar en una consulta de una base de datos ordinaria. También podemos combinar la información de dos o más mapas distintos, e integrarla para producir un nuevo mapa en el cual podamos estudiar las relaciones espaciales entre las variables que estén representadas en los mapas que tomaríamos como insumo (Vista de QGIS: Geografía, Computación, Matemáticas, n.d.).

La calculadora ráster de QGIS es una herramienta que permite realizar múltiples operaciones sobre archivos ráster, entre operaciones matemáticas, lógicas, reclasificaciones y reasignaciones a su vez tiene diversos tipos de archivos ráster que le permite realizar cálculos y operaciones sobre los archivos ráster en múltiples

formatos. Se puede emplear la opción de Banda ráster el que contiene las denominadas capas de ráster previamente cargadas y posteriormente ser utilizadas para agregar un ráster a la expresión de la calculadora existen dos formas la primera es hacer doble clic en el nombre lista de campos, para después construir las denominadas expresiones de cálculo o escribirlas en el cuadro (Perez, 2018).

Histograma

Es uno de los elementos que puede proporcionar el QGIS, muestra la caja de diálogo de propiedades de la capa, este se genera a partir del calculo que se realice en la capa ráster. Comúnmente es representado por líneas o por barras, permite hacer acercamientos, ver y marcar valores gráficos y a su vez permite modificar el contraste en la imagen visualizando el histograma de las diferentes bandas (Project, 2016).

La representación gráfica de los datos tiene claras implicancias en la capacidad de entender mediante una primera aproximación cuáles son las posibles asociaciones que hay entre una determinada variable(s) y la calidad/rendimiento de un cultivo. De la misma forma, cuando ya se ha analizado la información, obteniendo determinados índices de asociación entre las variables y correlaciones de tipo espacial, la visualización de los datos en los mapas complementa dichos análisis desarrollados.

PyQGIS

(Qgis, 2020) denomina a PyQGIS como un plugin en Python el que se utiliza desde la versión 0.9 de QGIS, en la que existen varias formas de utilizarlo, como emitir comandos en la consola de Python dentro de QGIS, crear plugin o complementos. La principal ventaja de los complementos de C++ es la simplicidad de la distribución y el desarrollo más fácil.

Los complementos de Python cumplen diversas tareas, como el de instalar diversas funciones para que el usuario pueda buscar, actualizar y eliminar complementos. De esta manera se podrán crear scripts para automatizar procesos, pues eso lo hace posible PyQGIS.

Plugin

Normalmente estos son herramientas que proporcionan estos complementos, siendo estos que garantizan el uso de todas las funciones.

Como funciones de esta herramienta es aportar funciones adicionales de páginas web o programas. Esta herramienta se ejecuta gracias a las interfaces de programación estandarizadas o también llamadas API (*Application programming Interfaces*). Estas son las encargadas de unificar la transmisión de datos entre las diferentes partes del

programa al acceder a bibliotecas de uso compartido. Se puede decir que esta herramienta puede utilizar determinados elementos del programa original sin alterar el código fuente (*Project*, 2016).

6.4 Índices de vegetación

Según (Martínez-Casasnovas & Bordes, 2005) indica los Índice Diferencial Normalizado de Vegetación, o NDVI, es el indicador para analizar la presencia de masas de vegetación, estos permiten trabajar la presencia de vegetación, incluso con imágenes a color natural cuando cuentas con imágenes convencionales a color natural. El mítico NDVI presenta el inconveniente de ofrecer datos enmascarados por la reflectividad del suelo. Ayuda a discriminar zonas desnudas y presencia de agua haciendo del índice un parámetro cualitativo interesante, pero interfiere en la identificación de presencia de vegetación cuando el suelo se encuentra parcialmente cubierto. Índices, como el SAVI, pueden ayudar a obtener mejores resultados frente al tradicional NDVI.

Existen varios tipos de índices los cuales les detallaremos los parámetros utilizados por cada uno de ellos.

SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo).

¡Fue diseñado para minimizar las influencias del brillo del suelo. Contiene un factor de ajuste del suelo L a la ecuación del NDVI para corregir los efectos del ruido del suelo (color del suelo, humedad del suelo, variabilidad del suelo entre regiones, etc.), que tienden a afectar a los resultados.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$$

Figura 123. Cálculo de SAVI a partir de una imagen Sentinel 2.



Nota: Muestra de imagen de cultivos en la cual se puede apreciar el índice de vegetación SAVI.

Estos índices son utilizados para regiones áridas con vegetación escasa (menos del 15% de la superficie total) y superficies de suelo expuestas.

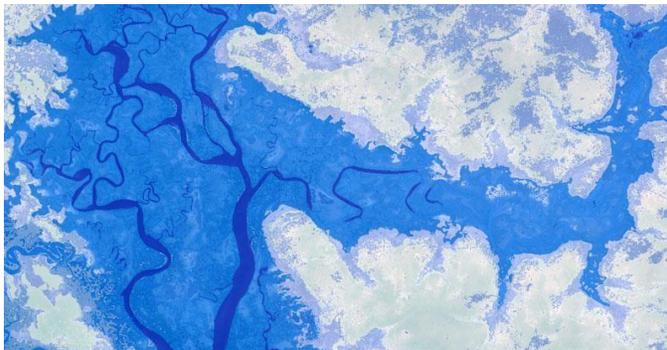
NVDI (Índice Diferencial de Agua Normalizado).

Es un índice que, apoyándose en variaciones en la radiación del infrarrojo cercano y la luz verde visible, sirve para destacar y delinear masas de agua abierta. También permite obtener lecturas sobre la cantidad de humedad que posee el suelo, así como el contenido de agua de la vegetación.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

Figura 124. Cálculo de imagen NDWI



Nota: esta imagen es una muestra toda desde Sentinel el cual apreciamos el índice NDWI.

De esta forma podemos emplear el índice como unidad de medida para determinar el estrés hídrico en vegetación, saturación de humedad en suelo o realizar delimitaciones directas de masas de agua como lagos y embalses.

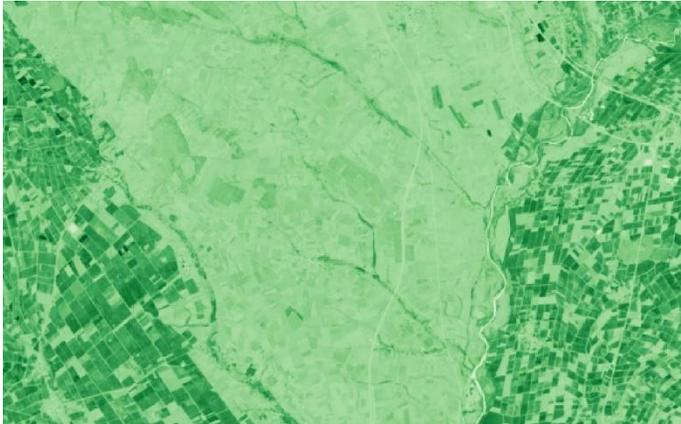
GCI (Índice de Clorofila Verde).

Se usa para estimar el contenido de clorofila de las hojas en varias especies de plantas. El contenido de clorofila refleja el estado fisiológico de la vegetación; disminuye en plantas atrofiadas, por lo tanto, puede usarse como un evaluador de la vigorosidad de las plantas.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$GCI=(NIR/GREEN)-1$$

Figura 125. Cálculo de imagen GCI



Nota: Esta imagen fue obtenida de un trabajo de investigación el cual fue procesada una imagen Sentinel, el cual apreciamos el índice de vegetación.

Este Índice de Vegetación es útil para monitorear el impacto de la estacionalidad, el estrés ambiental o, también, la aplicación de los pesticidas en su efecto sobre la salud de las plantas.

La ventaja principal del uso de esta herramienta es equipar fácilmente a los programas y aplicaciones de nuevas funciones sin alterar la aplicación principal, este tipo de herramienta también puede ser manipulado por algún usuario externo al agregarle más funcionalidades sin afectar el código fuente.

6.5 Definiciones conceptuales

API: (*Application programming Interfaces*) son un conjunto de definiciones y protocolos que te ayudan para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones. Simplificadamente sirve para conectar su propia infraestructura a través del desarrollo de aplicaciones nativas de la nube, a subes permite compartir sus datos con clientes y otros usuarios externos (RED HAT, 2020).

Cámara multiespectral: Con estas cámaras se pueden adquirir imágenes en diversas longitudes de onda como en el espectro visible e infrarrojo cercano, y pueden ser utilizadas para obtener el nivel de estrés de un cultivo (González, 2015).



PIX4D: Es un software de fotogrametría profesional que utiliza imágenes para generar nubes de puntos, modelos digitales de superficies y de terreno, modelos texturizados y otros (Pix4D - SenseFly ES, n.d.).

GPS: El sistema de posicionamiento global es un sistema de radionavegación de los estados unidos, que proporciona servicios de posicionamiento, navegación y cronometría y es accesible por todos los usuarios del mundo (Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite., 2018).

Saturación: Es el punto donde la intensidad de la luz no aumenta la velocidad de la fotosíntesis y se denomina punto de saturación de la luz (Chen, 2018).

GIS: “Un sistema de información geográfica, es un sistema informático que analiza y muestra información referenciada geográficamente. Utiliza datos adjuntos a una ubicación única.” Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS] (s. f.)

Pitahaya: Es una fruta originaria de Centro América. Tiene forma ovalada, con espinas por fuera y se pueden encontrar tres variedades: amarilla por fuera y pulpa blanca con semillas por dentro, roja por fuera y pulpa blanca o pulpa roja con semillas por dentro. Es muy aromática y su sabor es muy dulce y agradable (Yugsi et al., 2015).

Sentinel: Es una constelación de dos satélites de órbita polar colocados en la misma órbita síncrona con el sol, en fases a 180 ° uno del otro. Su objetivo principal es monitorear la variabilidad en las condiciones de la superficie terrestre (AGENCIA ESPACIAL EUROPEA, 2021).

Multiespectral: Es una imagen de paleta de colores que identifica la especie mineral a la que ha sido asignado cada píxel (Carlos Catalina & Castroviejo, 2017).

Interfaz gráfica: Es la responsable de transmitir o hacerle saber al usuario lo que es capaz de hacer el producto (Claudia Albornoz et al., 2017).

6.6 Propuesta Tecnológica

Actualmente el proyecto que se está llevando a cabo tiene como finalidad brindar una información que sea muy útil para el usuario y a la vez optimizar recursos mediante el cumplimiento de los objetivos planteados con el uso de la herramienta de código abierto QGIS e imágenes multiespectrales obtenidas desde una base de datos de PIX4D, cuyas imágenes podrán ser analizadas por el complemento y dará como resultado los índices de vegetación en histogramas que podrán ser utilizados para la toma de decisiones con respecto a la salud de los cultivos.



Análisis de factibilidad

El desarrollo de este proyecto de titulación es factible ya que permitirá tener un enfoque diferente de la manera tradicional en la que se cosechan los productos en el agro ecuatoriano. El plugin basado en el análisis de imágenes multiespectrales servirá para análisis y posterior toma de decisiones sobre la producción de Pitahaya tomando en cuenta que se podrá mejorar los cultivos de otras variedades de cultivos ya que el plugin se podrá adaptar para el monitoreo de múltiples campos de producción agrícola.

Factibilidad operacional

La funcionalidad del plugin consta de analizar los índices de vegetación con el uso de múltiples imágenes espectrales tomadas desde drones equipados con cámaras multiespectrales.

La herramienta permitirá el análisis de los índices de vegetación de cultivos, mediante un plugin desarrollado en la plataforma QGIS que funcionará como una extensión de la misma.

De esta manera una manera sencilla y eficaz, la cual ayudará a tener datos sobre la fertilidad del suelo, identificar plagas o malezas y una posible estimación de la cosecha, logrando así una optimización en la productividad del producto.

Para el desarrollo del presente proyecto colaboraran dos personas, con el conocimiento previo y con los equipos necesarios tanto en hardware como en software para el desarrollo del mismo y así poder cumplir con los objetivos antes planteados.

Por lo consiguiente, hemos de concluir que el proyecto es factible operacionalmente.

Factibilidad técnica

Como podemos apreciar en la tabla 3 se muestran los recursos a utilizar en el presente trabajo de titulación, así damos a conocer los recursos que utilizamos para la realización de plugin que permitirá mostrar los índices de vegetación, cuyos resultados serán analizados posteriormente para la toma de decisiones con respecto a los cultivos. Para la ejecución de este proyecto hemos utilizado las siguientes herramientas.

Tabla155. Tecnologías a utilizarse en el proyecto

Recursos	Tecnología	Versión
Framework	QGIS	3.12
Lenguaje de programación	PyQgis	
Sistema Operativo	Windows	Windows 10 – 64bits

Nota: En esta tabla se presentan las herramientas que se han seleccionado para el presente proyecto, una vez que se ha realizado un análisis comparativo con otras de iguales bondades en el mercado tecnológico actual.

Factibilidad legal

En este trabajo de titulación y su desarrollo de software se desarrollará libremente y no tendrá problemas legales o jurídicos, el desarrollo se está basando en problemas que afectan el agro ecuatoriano y no incumplen con ninguna de las leyes ecuatorianas vigentes a la fecha, en especial los artículos 28y 29 que trata sobre Ley de Propiedad Intelectual.

La plataforma sobre la cual se está trabajando y la documentación de este trabajo son tecnologías de software libre, así como los equipos a utilizar son de propiedad de los mismos autores, con todo lo antes mencionado se puede cumplir que este proyecto es factible legalmente.

Factibilidad económica

Para el desarrollo del trabajo de titulación se ha utilizado versiones de software de uso libre sin costo de utilización y necesario para llevar a cabo este proyecto. En cuanto al hardware, documentación, administración y recursos humanos, los desarrolladores del proyecto disponen de los recursos económicos necesarios sin contratiempos y culminar con éxito el proyecto.

Sin embargo, para la utilización de imágenes multiespectrales de plantaciones de cultivos reales tomadas desde satélites se deberán adquirir mediante formas de paga de las plataformas que ofrecen este tipo de servicios. Por este motivo se ha optado por la utilización de imágenes de cultivos genéricos que se pueden adquirir de forma gratuita solo con el registro de nuestros usuarios.

En la parte económica tanto en software como en hardware se cuenta con un control de los mismos logrando que el proyecto se mantenga dentro de una factibilidad económica y evitando gastos al no adquirir licencias que requieran algún valor agregado.



Tabla 156. Costos por recursos humanos en el proyecto

Cargo	Costo	Cantidad	Tiempo	Total
Investigador	\$500,00	1	3	\$1.500,00
Desarrollador	\$1200,00	1	3	\$2.400,00
		Total		\$3.900,00

Nota: En esta tabla se presentan los principales recursos que se han considerado en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 157. Costos de inversión en hardware en el proyecto.

Equipo	Costo	Cantidad	Total
Laptop Asus Core i5	\$900,00	2	\$1.800,00
		Total	\$1.800,00

Nota: En esta tabla se presentan los costos de los equipos tecnológicos que se van a utilizar en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 158. Costos de inversión en software en el proyecto

Descripción	Costo	Cantidad	Total
QGIS	\$00,00	1	\$00,00
PIX4D	\$00,00	1	\$00,00
		Total	\$00,00

Nota: En esta tabla se presentan los costos de los programas que se van a utilizar en el presente proyecto. La elaboración es propia.

Tabla 159. Resumen de costos de inversión en el proyecto

Tecnología	Versión
Recurso humano	\$1.400,00
Hardware	\$1.800,00
Software	\$00,00
Total	\$3.200,00

Nota: En esta tabla se presentan los costos del talento humano que se necesita para la elaboración de este proyecto. La elaboración es propia.

6.7 Etapas de la Metodología del Proyecto

La metodología Scrum es un proceso de desarrollo de software interactivo y creciente utilizado, comúnmente, basado en el desarrollo ágil del software. Se empleó esta metodología ya que consigue la entrega de un desarrollo en un entorno flexible y colaborativo y en tiempo y costes.

Podemos decir que define las formas de desarrollo ágil tiene como base la idea de creación de ciclos breves para el desarrollo, que comúnmente se llaman interacciones y que en Scrum se llamarían “Sprint”, que son actividades a realizarse normalmente en un lapso de tiempo. Durante cada sprint se prioriza los requerimientos del aplicativo ya que esto garantiza que se desarrollen las funciones y características que se consideren más importantes.

Metodología de investigación

Para el presente proyecto se ha utilizado la investigación diagnóstica como metodología de investigación. Este tipo de investigación permite analizar una situación específica y permite realizar un amplio estudio de los inconvenientes sucesos en base al sector agrícola de la provincia del Guayas, con el objetivo de realizar un estudio de la situación y ofrecer una solución en base a los problemas manifestados.

La técnica utilizada para el desarrollo de este es:

Encuesta: Es una herramienta que se utiliza para la obtención de datos de los involucrados, en este caso parte del sector agrícola de la provincia del Guayas, esta puede ser físicas o digitales y se las emplean a cierta cantidad de personas de una población como muestra, con el objetivo de conocer la opinión sobre un aspecto relativo de la misma.

Población y muestra

La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados. o. Posterior a definir la población de estudio, el investigador debe especificar los criterios a cumplir por los participantes. Los criterios que especifican las características que la población debe tener se denominan criterios de elegibilidad o de selección. Estos criterios son los de inclusión, exclusión y eliminación, que delimitan la población elegible. (Arias-Gómez et al., n.d.)

Para este proyecto la información fue obtenida tomando en cuenta como población los siguientes tipos de personas:



- Personas que no sepan de agricultura de precisión.
- Personas que se dediquen a labores agrícolas o familiares.
- Personas que hayan utilizado QGIS.
- Personas que hayan implementado programas utilizando imágenes multiespectrales.

Después de haber definido la población se procede con la selección de sujetos o individuos para obtener la información necesaria del cual se definió un tamaño de población de 80 personas y así obtener poder obtener resultados confiables para nuestro tema de investigación.

La muestra es una pequeña parte de la población que depende de lo que se va a estudiar, adicionándolo a un método de investigación y el uso de fórmulas para obtener su resultado.

Para obtener el cálculo del tamaño de muestra de nuestro proyecto, se utilizó la siguiente ecuación.

$$n = \frac{m}{e^2 2(m - 1) + 1}$$

Tabla 160. Descripción de variables estadísticas

Variable	Descripción
n	Tamaño de la muestra
m	Tamaño de la población
e	Error de estimación

Nota: En esta tabla se realiza la descripción de cada variable utilizada en la ecuación que representa el cálculo de la muestra en el proyecto.

Se consideran los siguientes valores para calcular el tamaño de la muestra:

Tabla 161. Valoración de variables estadísticas

Variable	Descripción
n	Tamaño de la muestra

m	79
e	0.6

Nota: en esta tabla se realiza la descripción de la valoración de variables estadísticas.

A través de la fórmula anterior se obtuvo que el tamaño de la muestra debe de ser de 62 personas de los encuestados para poder obtener el 95% de confianza en cada una de las respuestas encuestadas, dentro de este valor las personas no han implementado el uso de nuevas tecnologías como lo son el uso de imágenes satelitales y las personas que si han utilizado el QGIS dentro de la provincia de Guayas.

Procesamiento y análisis

Como se evidencio el problema radica en que los agricultores siguen utilizando la forma tradicional de trabajar sus cultivos no conocen los beneficios que puede brindarle estas herramientas de *open source* que les ayudara a reducir el trabajo, gastos o costos elevados que implican el poder contar con estos tipos de análisis. El monitoreo de zonas agrícolas mediante el uso de imágenes multiespectrales es un tema nuevo para las personas que conforman el sector agrícola, y no conocen los beneficios que les implicaría contar con esta herramienta.

El presente trabajo plantea desarrollar un plugin el cual os permita obtener índices de vegetación mediante el uso de imágenes multiespectrales tomadas desde satélites o drones con el fin de cooperar con la tecnificación del agro ecuatoriano, con la implantación de este software se podrá reducir costos, horas de trabajo e implicara un aumento en la economía del sector agrícola.

6.8 Resultados de la encuesta

Pregunta 1: ¿Conoce usted sobre agricultura de precisión?

Tabla 162. Resultados de la pregunta 1

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	12	26,83%
No	67	75 %%
TOTAL	79	100,00%



Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 1 aplicada en la encuesta a los 385 individuos seleccionados para la investigación.

Como se puede apreciar la mayor parte de los encuestado no tienen conocimiento de la agricultura de precisión por lo que determinamos que este tema si es de conocimiento público.

Pregunta 2: ¿Ha implementado algún método basado en la agricultura de precisión?

Tabla 163. Resultados de la pregunta 2

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	78	97,6%
No	1	2,4%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 2 aplicada en la encuesta a los 45 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 97,6 no ha puesto en práctica ninguna de las técnicas de la agricultura de precisión, en cambio el 2,4% si han utilizado métodos basados en la agricultura de precisión.

Como es evidente que es un tema nuevo lo de agricultura de precisión nadie ha utilizado este tipo de técnicas para cultivos, en cambio los que si la utilizaron fue para proyectos educativos dado que eran estudiantes de carreras afines.

Pregunta 3: ¿Sabía usted que se puede tener información de los cultivos por medio del análisis de fotografías aéreas?

Tabla 164. Resultados de la pregunta 3

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	33	34,1%
No	46	65,9%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 3 aplicada en la encuesta a los 385 individuos seleccionados para la investigación.

El 65,9% de los encuestados no tenían idea de que se pudiera tomar fotografías aéreas de cultivos para posterior análisis, y el 34,1% si ha escuchado, leído, investigado de algún artículo que se puede realizar este tipo de monitoreo.

Es desconocido para muchos que por medio de fotografías se pudieran utilizar para laboriosos trabajos como para el sector agrícola que les permitirá tener un análisis más técnico de los cultivos.

Pregunta 4: ¿Conoce usted alguna plataforma de análisis de imágenes “multiespectrales”?

Tabla 165. Resultados de la pregunta 4

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	13	29,3%
No	66	70,7%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 4 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los 41 encuestados el 70,7% no han utilizado ninguna plataforma de análisis de imágenes en cambio el 29,3 si han utilizado este tipo de plataformas. Las plataformas de imágenes multiespectrales no solo se pueden utilizar para la agricultura, también se usan para la construcción, composiciones de suelos, mapeo de zonas geográficas.

Pregunta 5: ¿Alguna vez ha utilizado imágenes multiespectrales?

Tabla 166. Resultados de la pregunta 5

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	10	22%
No	69	78%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 5 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 78% no ha utilizado imágenes multiespectrales, a excepción del 22% que si la han utilizado. Los resultados muestran que si realizan actividades utilizando las imágenes multiespectrales con diferentes fines tanto como educativos o para trabajos de campo.

Pregunta 6: ¿Conoce el software QGIS?

Tabla 167. Resultados de la pregunta 6

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	11	24,4%
No	68	75,6%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 6 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 75,6% no conoce acerca de QGIS, pero el 24,4% si tiene conocimiento del software. Un gran número de encuestados no conoce sobre el software QGIS esto demuestra que el software no es muy conocido.

Pregunta 7: ¿Alguna vez ha utilizado QGIS para el monitoreo de cultivos?

Tabla 168. Resultados de la pregunta 7

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	6	12,2%
No	73	87,8%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 7 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 87,8 no ha utilizado QGIS como herramienta para monitoreo de cultivos y el 12,2% si lo ha utilizado. Como se puede evidenciar en esta encuesta esta herramienta es poco utilizada para labores de monitoreo, pero a su vez es muy eficiente para los que la utilizan.

Pregunta 8: ¿Conoce alguna herramienta destinada a la agricultura de precisión?

Tabla 169. Resultados de la pregunta 8

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	15	31,7%
No	64	68,3%
TOTAL	79	100,00%



Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 8 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 68,3% no conoce herramientas que se utilicen en la agricultura de precisión en cambio el 31,7 si tiene conocimiento de otras herramientas. Como se puede evidenciar en gran parte no se conocen otros tipos de herramientas destinadas a la agricultura de precisión, pero un pequeño número de encuestados si han utilizado otras herramientas con el mismo fin de utilizarla para la agricultura de precisión.

Pregunta 9: ¿Considera útil contar con alguna herramienta que analice imágenes multiespectrales de cultivos?

Tabla 170. Resultados de la pregunta 9

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Totalmente de acuerdo	47	56,1%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	20	26,8%
En desacuerdo	6	12,2%
Totalmente desacuerdo	0	0%
	6	4,9%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 9 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

De los encuestados el 56,1% está de acuerdo con el uso de herramientas para analizar imágenes multiespectrales, el 26,8% solo está de acuerdo, el 12,2 le es indiferente esta práctica y el 4,9% se considera en total desacuerdo. Con los resultados obtenidos hemos evidenciado que, si se considera útil el utilizar alguna herramienta para el sector agrícola, aunque la gente desconozca acerca de este tipo de herramientas.

Pregunta 10: ¿En qué puede ayudar tener una herramienta que analice los índices de vegetación en los cultivos?



Tabla 171. Resultados de la pregunta 10

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Reduce costos	39	41,5%
Ahorra tiempo	55	61%
Mayor productividad	55	58,5%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 10 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

El 41,5% respondió que este tipo de herramientas puede llegar a reducir costos de producción, el 61,1% opino que puede llegar a ahorrar tiempo y el 58,5% opina que tendría una mayor productividad en cultivos.

En su totalidad de las opiniones solo se puede llegar a una conclusión que el uso de herramientas tecnológicas para el agro solo provocara efectos positivos que beneficiarían a las agriculturas y sus cultivos y al consumidor.

Pregunta 11: ¿Cuál sería el impacto de la utilización de una herramienta para el monitoreo de cultivos?

Tabla 172. Resultados de la pregunta 11

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Muy negativo	2	4,9%
Algo negativo	2	4,9%
Ni negativo ni positivo	8	14,6%
Algo positivo	26	43,9%
Muy positivo	41	31,7%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 11 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

El 31,7% opina que es muy negativo, el 4,9% opina que es algo negativo el 14,6% considera ni negativo ni positivo, el 43,9% opina que es algo positivo y el 31,7% piensa que será muy positivo.

Con estos datos se llega a la conclusión que si puede llegar a tener un impacto positivo el implementar herramientas que puedan monitorear los cultivos, lo negativo sería la falta de conocimientos sus principales beneficios.



Pregunta 12: ¿Considera útil contar con alguna herramienta que analice imágenes multiespectrales de cultivos?

Tabla 173. Resultados de la pregunta 12

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Totalmente de acuerdo		
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	39	29,3%
En desacuerdo	25	39%
Totalmente desacuerdo	5	9,8%
	4	7,3%
	6	14,6%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 12 aplicada en la encuesta a los 385 individuos seleccionados para la investigación.

El 29,3 está totalmente de acuerdo, el 39% de acuerdo, el 9,8% tienen opiniones divididas ni de acuerdo ni en desacuerdo, el 7,3% solo de acuerdo y el 14,6% está en total desacuerdo.

Se ha obtenido un resultado positivo ya que gran parte de los encuestados piensan que es una buena idea el uso de imágenes multiespectrales, en cambio los que dieron una respuesta negativa se pudiera entender que puede ser por el poco conocimiento que se tiene acerca del uso de las denominadas imágenes multiespectrales.

Pregunta 13: ¿Qué tan importante será para el sector agrícola el desarrollo de un complemento de código abierto para la potenciación de las zonas agrícolas?

Tabla 174. Resultados de la pregunta 13

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
No es importante		
Poco importante		
Neutral	4	9,8%
Importante	1	2,4%
Muy importante	7	14,6%
	26	39%
	41	34,1%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 13 aplicada en la encuesta a los 385 individuos seleccionados para la investigación.

El 34,1% opina que no es importante, el 2,4% le parece poco importante, el 14,6% le es indiferente, el 39% le parece importante y al 34,1% le es muy importante en contar con la tecnología en zonas agrícolas.

Por los resultados obtenidos gran parte manifiesta que si se deberían implementar nuevas tecnologías como se está proponiendo el uso de un código libre que permitirá el monitoreo de zonas agrícolas.

Pregunta 14: ¿Consideraría usted utilizar tecnologías de análisis de imágenes aéreas “multiespectrales” para el análisis del estado de los cultivos?

Tabla 175. Resultados de la pregunta 14

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Nunca		
Casi nunca		
A veces	1	2,4%
Frecuentemente	3	4,9%
Casi siempre	17	39%
	27	31,7%
	31	22%
TOTAL	79	100,00%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 14 aplicada en la encuesta a los 41 individuos seleccionados para la investigación.

El 22% respondió que nunca lo utilizaría, el 4,9% opino casi nunca, el 39% lo utilizaría a veces, el 4,9% tendría un uso frecuente y el 2,4% lo usaría siempre. Al parecer los resultados muestran que hay poco interés en el uso de estas tecnologías que beneficiarían al agricultor en tomas de decisiones, el mejor plan sería iniciar una campaña que muestren los beneficios que tendrían al implementar estas tecnologías.

6.9 Metodología de desarrollo del proyecto

El proyecto se realizó usando la metodología SCRUM, conocida por ser una de las principales metodologías que ayudan en la gestión de proyectos para el desarrollo de software en forma de iteraciones, ya que permite realizar mini proyectos en bloques de trabajo, conocidos como sprint; que sirven para mejorar la eficacia del proyecto principal, cada bloque es revisado antes de continuar con el siguiente bloque de trabajo, de esta manera se planifican los resultados esperados en la siguiente semana.

Figura 125. Metodología Scrum



INICIO DE SCRUM

Objetivo: Desarrollar un complemento de código abierto para la plataforma QGIS que permita automatizar la gestión y análisis de imágenes multiespectrales aéreas aplicadas a la agricultura de precisión, utilizando la librería PYQGIS.

La metodología implica definir roles que conforman parte de la realización del proyecto, a continuación, se pone a conocimiento las personas que intervienen con sus respectivos roles, en la siguiente tabla.

Tabla 176. Equipo Scrum con sus respectivos roles

Nombre	Roles
Ing. Jorge Avilés	Scrum Master
Ing. Jorge Avilés	Product Owner
Sr. Gerson Zavala Sr. José Rodríguez	Scrum Team

Sprint Backlog

En este apartado vamos a encontrar las tareas que se plantean realizar por el equipo Scrum durante el trabajo. Además, se cuenta con los detalles de los procesos que el equipo va a realizar.

Historia de usuario 1

Título: Como usuario quiero que se defina la problemática del agro ecuatoriano con respecto a los cultivos de Pitahaya.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 14 Sprint asignados: 1

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se deben definir los actuales métodos de cultivos que utilizan los agricultores y una posible mejora a sus técnicas.

Historia de usuario 2

Título: Como usuario quiero que se delimite la causa de esta problemática.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 10 Sprint asignados: 2

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se deben evaluar los aspectos más importantes como sus afectaciones principales sobre el agro.



Historia de usuario 3

Título: Como usuario quiero que se defina las causas y las consecuencias que surgen en la agricultura convencional.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 3

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: se deben definir las afecciones que sufren los agricultores al no contar con este tipo de tecnologías.

Historia de usuario 4

Título: Como usuario quiero que se definan los objetivos por el cual vamos a realizar este plugin de los índices de vegetación.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 10 Sprint asignados: 3

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se deben definir las soluciones y las forma de como las vamos a realizar.

Historia de usuario 5

Título: Como usuario quiero que se defina el alcance que se plantea con este proyecto.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 10 Sprint asignados: 4

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se debe definir la solución propuesta y algunas características con la que contara esta solución.

Historia de usuario 6

Título: Como usuario quiero que se defina la justificación e importancia del proyecto.

Prioridad en negocio: Alta



Días estimados: 10

Sprint asignados: 5

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se analizará las razones por la cual se está trabajando en este proyecto, se deben presentar juicios razonables y de interés de lo que conlleva este proyecto.

Historia de usuario 7

Título: Como usuario quiero conocer si existen otros tipos de trabajos que tengan el mismo beneficio hacia los agricultores.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 10 Sprint asignados: 6

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se deberá realizar una investigación previa de proyectos que en su contexto se evidencie automatizaciones en los procesos actuales de cultivos.

Historia de usuario 8

Título: Como usuario quiero una conceptualización de todos los procesos y herramientas que se vayan a utilizar.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 10 Sprint asignados: 7

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se deben realizar investigaciones basadas en ideas que fundamenten la base nuestros estudios, y así poder argumentar nuestro trabajo.

Historia de usuario 9

Título: Como usuario quiero que se defina la factibilidad operacional, económica y legal de este proyecto.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7



Sprint asignados: 8

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se debe analizar si cumple con las leyes con respecto a la utilización de software libre eh imágenes satelitales multiespectral, si es rentable económicamente la realización de este plugin y su utilización pueda ser óptima.

Historia de usuario 10

Título: Como usuario quiero realizar una encuesta analítica que nos permita evaluar e conocimiento sobre este tipo de tecnologías.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 9

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se creará una encuesta para evidenciar el conociendo sobre Qgis, agricultura de precisión y alguna perspectiva que tengan de la utilización de este plugin.

Historia de usuario 11

Título: Como usuario quiero definir la versión de Qgis que se vaya a utilizar.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 10

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se definirá la versión del QGIS con la cual nos permita desarrollar el plugin.

Historia de usuario 12

Título: Como usuario quiero tener los complementos de desarrollo del plugin.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7



Sprint asignados: 10 responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: se realizará la descarga e instalación del ambiente de desarrollo Python.

Historia de usuario 13

Título: Como usuario quiero un ejemplo experimental que muestre los índices de vegetación de alguna plantación genérica.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 10

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se realizará una demostración de los cálculos de bandas que se pueden llegar a obtener.

Historia de usuario 14

Título: Como usuario quiero crear la interfaz de botones que interactuara con el usuario.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 11

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se diseñará la pantalla interactiva que utilizaremos como modelado de la interfaz.

Historia de usuario 15

Título: Como usuario quiero poder programar cada una de las validaciones y funciones que contara los botones de nuestro plugin.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 12

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se validarán las opciones y funciones de los botones.

Historia de usuario 16



Título: Como usuario quiero poder obtener las imágenes que se utilizaran como prueba.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 13

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: las imágenes serán obtenidas de la plataforma PIX4D ya que están cumplen con las características que necesitamos.

Historia de usuario 17

Título: Como usuario quiero seleccionar y ordenar cada una de las imágenes multibanda.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7 Sprint asignados: 14

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: se definirán las capas de las imágenes como NIR, GRE, REG Y RED.

Historia de usuario 18

Título: Como usuario quiero definir las ecuaciones que se utilizaran para la obtención de cada capa.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 15

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se seleccionará la ecuación según el índice que se vaya a obtener.

Historia de usuario 19

Título: Como usuario quiero poder tener un botón que muestre las capas ráster de cada una de las capas de las imágenes.



Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 16

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se desarrollará la interfaz de calculadora ráster el cual mostrará las bandas resultantes.

Historia de usuario 20

Título: Como usuario quiero tener una interfaz de salida el cual mostrara la capa resultante.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 17

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se creará un directorio donde almacenará los resultados de los índices obtenidos.

Historia de usuario 21

Título: Como usuario quiero mostrar el histograma de frecuencia.

Prioridad en negocio: Alta

Días estimados: 7

Sprint asignados: 18

Responsable: Gerson Zavala – José Rodríguez

Criterio de aplicación: Se mostrarán los valores mínimos y máximos de las frecuencias de las capas resultantes.

Tabla 177. Product backlog

Epopeyas	Sprint	Tarea
Levantamiento de información	1	Conocer los actuales procesos que tiene los agricultores.
Acordar una delimitación a esta problemática	2	Conocer los requerimientos y los objetivos del proyecto.
Indagar posibles causas y consecuencias	3	Tener conocimiento de cuáles son los índices que se van a utilizar.
Acordar los objetivos generales y específicos	3	Tener conocimiento sobre las distintas bandas para la correcta utilización de las ecuaciones para obtener los índices de vegetación.
Definir el alcance al cual se plantea llegar.	4	Análisis de las funciones que va a tener el plugin.
Definir la importancia de esta problemática	5	Realizar una conclusión que justifique la importancia de este tipo de proyectos.
Indagar trabajos anteriores que evidencien antecedentes en relación a nuestro trabajo	6	Recopilar investigaciones que demuestren otros tipos de ideas de la tecnificación del agro.
Investigar los conceptos de todos los componentes a utilizar	7	Tener claro de forma conceptual cada una de las herramientas y componentes que vamos a utilizar.
Definir factibilidades económicas, legal y operacional	8	Describir acuerdos legales, rentabilidad económica y el grado de complejidad de cada una de sus funciones.
Realizar encuestas de conocimiento generalizado	9	Conocer el portaje de personas que tienen conocimiento de agricultura de precisión y de análisis de imágenes multiespectrales.
Instalación de QGIS	10	Verificar las versiones del QGIS.
Instalación de complementos	10	Enlazar el QGIS con el ambiente de desarrollo Python
Obtención de índice de vegetación directamente del Qgis	10	Familiarizar con el programa calculando el índice de vegetación sin usar el complemento Python.
Crear interfaz interactiva.	11	Diseñar la pantalla que interacción con el usuario
Validación de botones	12	Validar los botones del combo box de permitirán seccionar la imagen multibanda.
Descargas de imágenes multiespectrales	13	De la plataforma PIX4D seccionar y descargar las imágenes de prueba .TIF.



Especificar capa de las imágenes.	14	Las capas a utilizar pueden ser NIR, GRE, REG y RED
Selección de fórmulas para cada uno de los índices a obtener.	15	Aplicar la fórmula correcta con respecto al tipo de índice que se obtendrá.
Interfaz calculadora raster	16	Muestra la nueva capa creada a partir de las imágenes multibanda.
Selección capa de salida	17	Crear directorio donde se guardará la capa resultante.
Histograma de frecuencia	18	Muestra valores mínimos y máximos dependiendo del índice de vegetación.

Burndown Chart

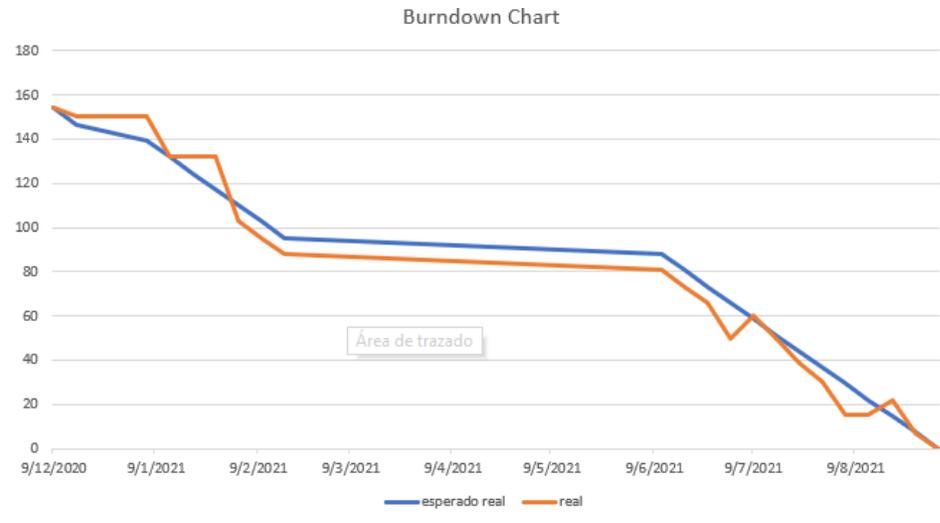
En este apartado se mostrará la gestión de plazos con relación a los logros de los objetivos, ya que el proyecto se desarrolla mediante la metodología ágil SCRUM.

Figura 126. Información del sprint

INFORMACION DEL SPRINT		Miembros del equipo	
Campo	Valor		
Fecha de comienzo	11/06/2021	Gerson Zavala	
Longitud de sprint (bruto)	54	José Rodríguez	
Días de vacaciones	1		
Tamaño del equipo	2		
Ocupación máxima del equipo	100%		
Jornada de trabajo diaria en horas	6,0		
Numero de sprint actuales	21		
INFORMACION DEL SPRINT			
Fecha de fin de sprint	29/09/2021		
Longitud de sprint (neta)	21		
Horas disponibles totales	180		
Suma de puntos de usuario	21		
Puntos de historias abiertas	3		
Numero de histograma de sprint	1		
Historias completas	21		

El control de los tiempos se realiza mediante se van cumpliendo los Sprint y también se ve apreciado la dinámica que se muestra por cada uno de los miembros del equipo.

Figura 127. *Burndown Chart* del proyecto



Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

Beneficio directo: El presente proyecto plantea ayudar a automatizar la labor agrícola mediante el uso de un plugin desarrollado en QGIS el cual permitirá obtener los índices de vegetación mediante el uso de imágenes multiespectrales tomadas desde drones equipados con cámaras multiespectrales.

Beneficio Indirecto: En este apartado los agricultores deberán de contar con expertos de índices de vegetaciones que les puedan interpretar los resultados obtenidos.

Entregables del proyecto

Manual técnico de instalación: Este manual contendrá la instalación del plugin para el análisis de las imágenes multiespectrales.

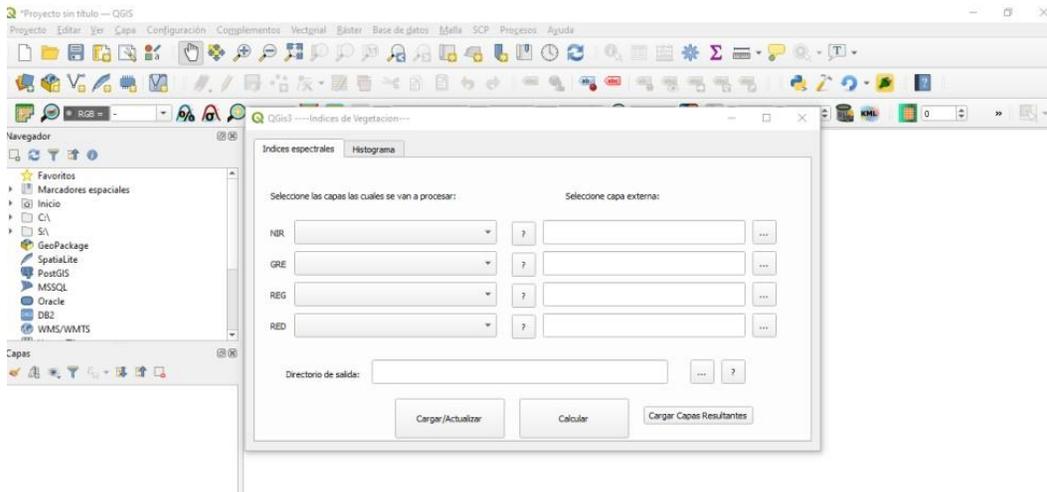
Manual de usuario: Este manual contendrá una descripción de pantallas especificando y detallando el uso de cada una de las funciones que contará el plugin.

6.10 Propuesta

Como propuesta tecnológica para este proyecto se presenta un caso de estudio en el cual, se realiza el desarrollo de un plugin que permita obtener los índices de vegetación para que el usuario pueda evaluar el estado de su cultivo mediante el uso de imágenes multiespectrales, usando como entorno el software de código libre QGIS y su lenguaje de desarrollo Pyqgis el cual nos permite realizar los algoritmos

utilizados, además de una herramienta llamada qt Designer con la cual podemos realizar la creación del interfaz de usuario del complemento; algo que es muy necesario debido a que se centra en que sea lo más intuitivo posible para que no suponga una curva de aprendizaje elevada para el usuario final, llegando así obtener como resultado final, la plataforma adecuada para el usuario.

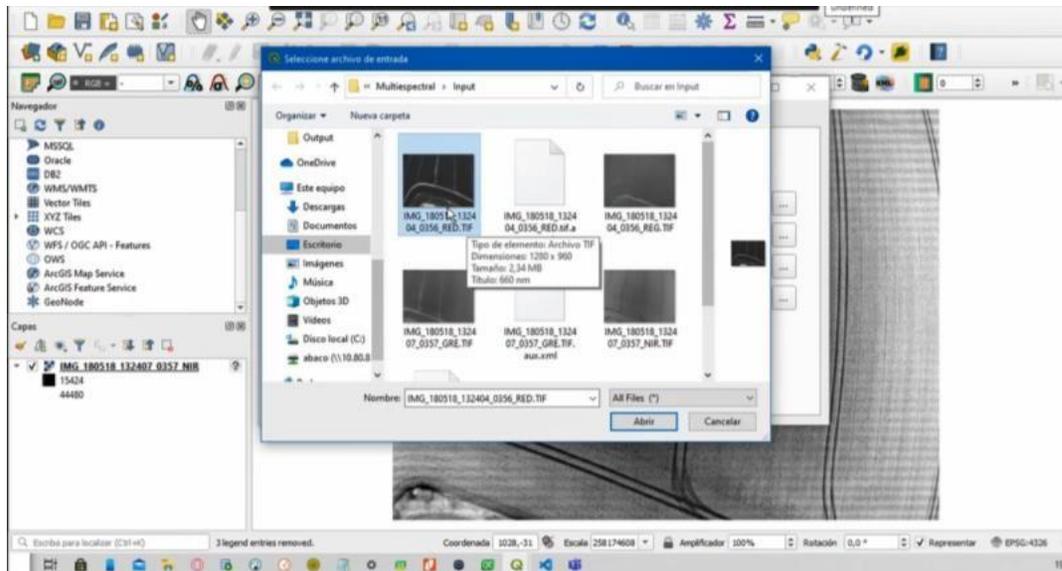
Figura 128. Imágenes previamente cargadas



Nota: En esta imagen se muestra las imágenes con cada una de sus capas precargadas en el plugin.

El plugin contará con 2 modos de trabajo el de índices de vegetación y el histograma las capas principales se las podrán obtener desde el QGIS ya que este modelo se enlaza directamente con la función principal de las capas.

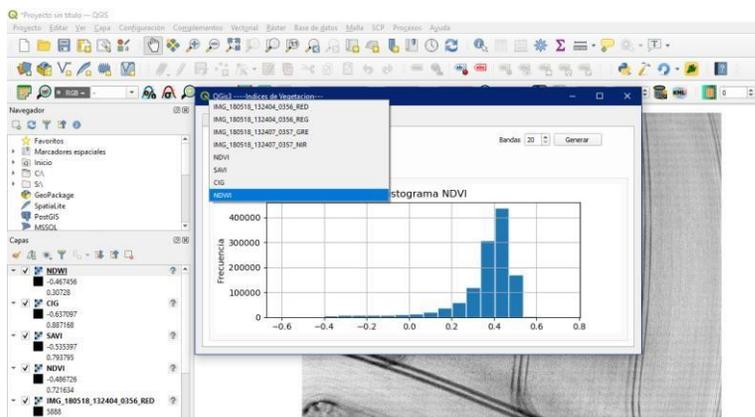
Figura 129. Selección de la capa externa



Nota: En esta imagen se puede visualizar que se selecciona cada una de las capas externas con la que se realizara el cálculo del ráster.

Las capas externas son las imágenes multibanda del terreno seleccionado que se someterán al cálculo de los ráster.

Figura 130. Visualización (C) del histograma de frecuencia



Nota: En esta imagen se muestra el histograma de frecuencia que se genera a partir de la imagen de salida del ráster. Elaboración propia.



Para el análisis de los resultados según la imagen generada se pueden obtener los valores de cálculo de índice de vegetación estos pueden ir desde rango -1 a 1, donde los valores negativos indican zona de vegetación escasa o irregular, esto ayudara al agricultor a saber manejar las zonas de cultivos el cual le evitara perdidas de sembríos en zonas no productivas, en cambio los valores positivos indican los sectores que se encuentran con buena vegetación, este ayudara a que pueda localizar y poder atender con mayor eficacia las zonas productivas y así poder evitar futuras perdidas de cultivos.

Tabla 178. Rangos de valores índice NDVI

Rango de valores	Descripción
1	Vegetación de alta densidad
0.8 a 0.6	Vegetación buena
0.3 a 0.2	Zona de arbustos o vegetación muerta
0.1 a 0	Sector rocoso o arenoso
-1	Zona sin vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los rangos referenciales de los valores del índice NDVI. Elaboración propia.

Tabla 179. Rangos de valores índice SAVI

Rango de valores	Descripción
1	Vegetación en desarrollo
0.5 a 0.01	Zona de poca vegetación
0.01 a -0.55	Zona vegetación media
-1	Zona e gran vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los rangos referenciales de los valores del índice SAVI.



Tabla 180. Rangos de valores índice CIG

Rango de valores	Descripción
2.3	Vegetación con alto índice de clorofila
1 a 0.76	Vegetación con poco índice de clorofila
-0.03	Zona de vegetación baja
-0.84	Zona sin vegetación

Nota: En esta tabla se muestra los rangos referenciales de los valores del índice CIG.

Tabla 181. Rangos de valores índice NDWI

Rango de valores	Descripción
1	Zona con alta humedad
0.78 a 0.44	Zona con humedad media
0.11 a -0.22	Zona con poca humedad
-1	Zona seca

Nota: en esta tabla se muestra los rangos referenciales de los valores del índice NDWI, este índice trabaja con las bandas NIR y GREEN.

6.11 Criterios de validación de la propuesta

La validación del proyecto estará basada a entrevistas con expertos del área relacionadas a sistemas, agricultura y especialistas en QGIS, los cuales validaran el uso del sistema y podrán emitir opiniones y validar la funcionalidad del plugin propuesto de esta manera se obtendrán criterios que puedan acreditar la aprobación de la propuesta.

Como técnica de validación se utilizó la escala de usabilidad del sistema SUS estas tratas de un método rápido para evaluar usabilidad de cualquier sistema. Fue desarrollada por John Brooke y lleva usándose más de 30 años y permite una evaluación de eficacia, eficiencia y satisfacción. Al contrario de otros métodos este ya



consta con enunciados predeterminados. Las respuestas de cada uno de los enunciados esta medida en la escala de Likert.

6.12 Resultados

Se plantío realizar un plugin en QGIS basado en Python el cual muestra como resultado la imagen renderizada con los índices de vegetación y muestra un histograma con las variables mediables de los índices, este trabajo se realizó cumpliendo con todos los requerimientos que se plantearon en el capítulo I del presente proyecto.

En cuestión, se pudo recolectar datos con la metodología de investigación como la encuesta permitieron identificar que existe una mayoría de personas en gran parte agricultores que desconocen acerca de este tipo de herramientas tecnológicas que se pueden usar en el sector agrícola para un mayor control de sus cultivos, pero también existe el interés de emplear este tipo de técnica para poder mejorar la producción usando este plugin. Para el desarrollo de este proyecto se optó por la metodología SCRUM, el cual permitió trabajar de forma eficiente con la detección de errores y poder controlar los avances en gestión del trabajo para que no afecte el cronograma de entregables, facilitando la presentación de avances de forma concurrente a las fechas establecidas y así proporcionar eficacia y eficacia dentro de la gestión del proyecto.

Para el cumplimiento de los criterios de aceptación del proyecto se realizará la validación de las definiciones realizadas en la propuesta tecnológica y los criterios de validación descritos anteriormente, el cual será evidenciada su aceptación mediante un documento donde el experto incluirá su firma como constancia de juicio de experto certificado que realizará la revisión del presente trabajo.

El proyecto se encuentra verificado por un profesional en el área de QGIS, cabe indicar para que el proyecto cumpla con los requerimientos se debieron denotar varios criterios, los cuales estarán descritos a continuación.

Tabla 182. Criterio de eficiencia

Requisitos	Descripción
Recurso	El software utilizado es de código libre el cual permite un amplio acceso a todas sus funciones.
Beneficio	Los índices de vegetación ayudaran a un manejo más adecuado de los cultivos.



Utilidad	El software al ser de código libre no representará costo de utilización.
----------	--

Nota: En esta tabla se muestra el criterio de eficiencia del proyecto realizado. Elaboración propia.

Tabla 183. Criterio de usabilidad

Requisitos	Descripción
Compatibilidad	El plugin puede ser ejecutado en cualquier sistema operativo, pero para mejor rendimiento se recomienda el uso de Windows.
Retroalimentación	El plugin contara con mensajes de error si una de las operaciones estaría mal declarada.
Eficacia	El plugin mostrara los índices de vegetación y el diagrama defrecuencia.
Eficiencia	La interfaz del plugin es muy limpia ya que cuenta con opciones concretas.
Satisfacción	Los resultados son claros y cumplen con los requerimientos plantados.

Nota: En esta tabla se muestra el criterio de usabilidad del proyecto realizado.

Tabla 184. Criterio de portabilidad

Requisitos	Descripción
Facilidad de instalación	El programa base QGIS posee una interfaz amigable de instalación, el plugin se ejecutará una vez sea instalado el programa.

Nota: En esta tabla se muestra el criterio de portabilidad del proyecto realizado.

6.13 Conclusiones

Se investigó sobre el proceso de análisis de imágenes multiespectrales aéreas utilizando la plataforma QGIS y se determinó que dicho software cuenta con una interfaz flexible; a su vez, es multiplataforma y su funcionamiento es similar en cada una de ellas. Al ser un software open source (de código libre) permite utilizar todas

sus herramientas disponibles y realizar modificaciones acordes al criterio de cada usuario desarrollador.

Se determinó que la herramienta óptima para la elaboración de un plugin para el análisis de imágenes multiespectrales es PYQGIS, ya que permite crear aplicaciones interactivas con funcionalidades GIS.

Se realizó una encuesta con la finalidad de conocer el estado actual de la agricultura en el país y se pudo constatar el interés que existe por parte de los encuestados en conocer nuestra propuesta de usar una herramienta tecnológica para la producción de sus cultivos.

Se realizaron pruebas para determinar la eficiencia y efectividad del plugin desarrollado, y los resultados obtenidos se encuentran dentro del alcance esperado; siendo esto comprobado a través del juicio de expertos.

Capítulo 7. Desarrollo de una aplicación móvil para el control de zonas con riego permanente en cultivos de Pitahaya en la provincia del Guayas

La provincia del Guayas es una de las principales productoras de Pitahaya además de ser una de las máximas exportadoras a nivel nacional. Sin embargo, muchos de estos cultivos se ven seriamente afectados por temas climáticos, geográficos o por desconocimiento del proceso de mantenimiento de los sembríos por parte de los agricultores que están encargados de las cosechas, no solo provocando un daño en los sembríos, también la reducción de la cantidad esperada en la producción final, que ocasiona pérdidas económicas en el sector agrícola y a nivel local.

El proyecto estará enfocado en desarrollar una aplicación móvil capaz de reconocer las áreas de siembra y realizar pronósticos de riego para evitar pérdidas en la producción en los cultivos de Pitahaya de la provincia del Guayas, mediante el control de las variables de temperatura y humedad ideales, reportándole al usuario el estado de los distintos cultivos existentes en las fincas de la Costa ecuatoriana, la aplicación estaría elaborada con el SDK de *Google: Flutter*, y el aporte de este aplicativo al proyecto FCI "Drones para el cultivo de Pitahaya" aprobado por el honorable consejo universitario de la Universidad de Guayaquil mediante resolución No. SO-04-121-04-2018 de fecha 17 de abril del 2018.

7.1 Introducción

En la provincia del Guayas el deficiente control en las zonas de cultivo de Pitahaya provoca que la producción se deteriore o disminuya en porcentaje, afectando la economía del sector agrícola que se dedica a la siembra de la fruta.



La deficiencia de control en las zonas de cultivo causa un exceso de humedad, o carencia de esta, teniendo como consecuencia no solo que la planta se enferme y se deteriore, sino que a largo plazo llegue afectar en la exportación y economía del país.

La Pitahaya o fruta dragón, es una fruta de la familia Cactaceae, y su modo de riego es distinto a la de cualquier otra planta. El desconocimiento del proceso termina estropeando muchos cultivos, ya que esta no necesita un exceso de humedad para poder desarrollarse, esto desencadena en que la planta se enferme, tenga problemas de plaga y termine su ciclo vital.

El deficiente control de riegos en las zonas donde se siembra Pitahaya en la provincia del Guayas supone la pérdida o daño en los cultivos de la fruta mencionada. Existen aproximadamente más de 42 hectáreas para la producción de esta fruta, por lo que monitorear el estado de la cosecha es un trabajo complicado. La provincia del Guayas consta de 25 cantones los cuales representan el 5% de la distribución geográfica de los cultivos por provincias.

La Pitahaya es uno de los productos de exportación más demandados, si la producción se reduce o es deteriorada, afectará considerablemente en los ingresos económicos del sector agrícola, que se cuestiona: ¿Cómo establecer un correcto control de zonas de riego en áreas de producción agrícola de Pitahaya de la provincia del Guayas y qué impacto causará en la productividad de ese sector?

La propuesta de este proyecto es el desarrollo de una aplicación móvil que permita el monitoreo de las zonas de riego de los distintos cultivos de Pitahaya ubicados en la provincia del Guayas, además analizar los datos obtenidos para un correcto pronóstico en las áreas que requieran atención y evitar pérdidas en la siembra o cosecha del producto mencionado.

El fin de este trabajo es ayudar que la producción de la fruta Pitahaya de la familia Cactaceae no se vea comprometida y continúe siendo un pilar para la economía de nuestro país.

El proyecto beneficiará a los docentes involucrados en el desarrollo del proyecto FCI de resolución SO-04-121-04-2018 con fecha 17 de abril del 2018 aprobado por el honorable consejo universitario de la Universidad de Guayaquil, que podrán tomar este módulo móvil e implementarlo en el proyecto Drones para el cultivo de Pitahaya donde a través de cámara especto grafica logre tomar fotografías de alta resolución, a su vez estas fotografías permitirán conseguir información relevante , datos que no se pueda obtener en tierra.



La aplicación está contemplada para que funcione en dispositivos con sistema operativo Android, de preferencia superiores a la versión 5.0.

En líneas generales se detalla con más profundidad lo que la aplicación puede realizar:

1. El usuario podrá monitorear las zonas de riego a través de un mapa incluido en la aplicación.
2. Se llevará un control y pronóstico de riego para las zonas registradas en base a las variables de temperatura y humedad del ambiente.
3. El pronóstico de riego se estimará para los siguientes 14 días.
4. El usuario podrá visualizar el acceso a las zonas de cultivos de las distintas fincas productoras de Pitahaya de la provincia del Guayas.
5. La aplicación mostrará una sección de noticias e información sobre ciencia en general, agricultura, drones y la producción de Pitahaya.
6. La aplicación mostrará una sección de galería con la respectiva descripción y fuente de las imágenes.
7. La aplicación mostrará una sección informativa respecto a la siembra y cosecha de Pitahaya.
8. La aplicación no estará contemplada para dispositivos iOS.

Debido a la pandemia ocasionada por el virus COVID-19, se dificulta el acceso a los recintos donde se produce, se siembra y cosecha Pitahaya, además impide la recolección de información relevante acerca del proceso de cultivo de la fruta.

7.2 Las aplicaciones móviles y sus características

Flutter es un SDK de código fuente abierto para el desarrollo de aplicaciones móviles, que utilicen sistema operativo Android o iOS, y también para el desarrollo de aplicaciones Web. Tomado de Quinteros, F. (2019).

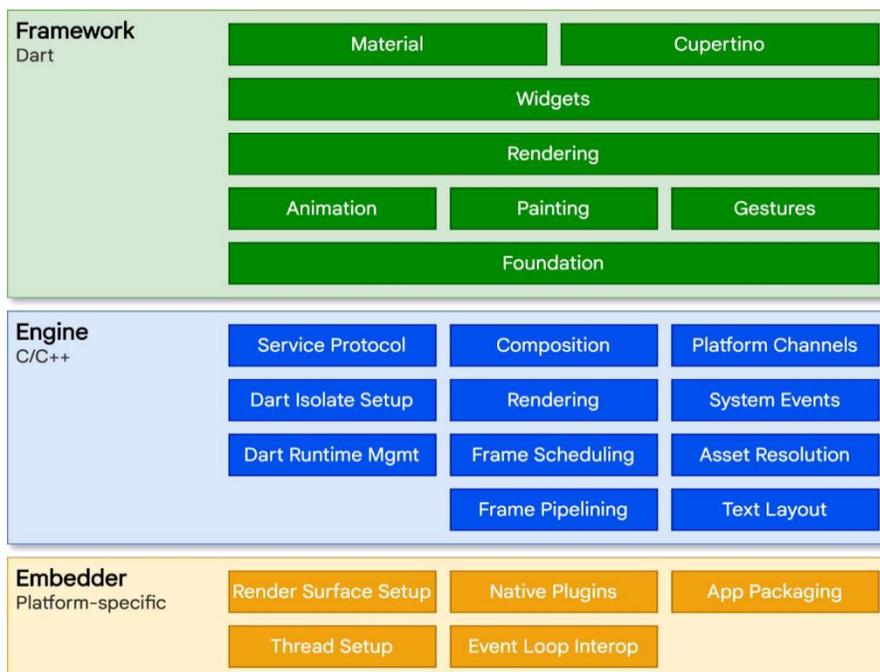
Figura 131. Flutter



En mayo de 2017, Google lanza de manera oficial el kit de desarrollo de software (SDK) *Flutter*, el cual la empresa norteamericana define como un kit de herramientas para crear “aplicaciones hermosas de forma nativa”. (Dagne, 2019)

Flutter es un *framework* de Dart, que es un lenguaje de programación de código abierto, capaz de desplegar aplicaciones en diferentes sistemas de forma nativa, ahorrando costos, tiempo y reestructuración para los desarrolladores y empresas dedicadas a la elaboración de software tanto para móviles como para ambientes web.

Figura 132. Flutter. Capas y arquitectura



Nota: Estructura de trabajo y funcionamiento del SDK *Flutter*. Tomado de Documentación oficial de *Flutter* SDK (2020).

Dart es un lenguaje de programación, de código abierto, desarrollado por la empresa norteamericana Google, cuyo fin es hacer el desarrollo de aplicaciones y módulos más rápido y mucho más sencillo de manipular e interpretar para los desarrolladores.

Dart está puramente orientado a objetos, basado en clases, admitiendo herencia mixta y concurrencia de estilo, muy similares a otros lenguajes que se suele utilizar en el medio para el desarrollo de distintos aplicativos tanto para ordenador. Móvil o web.

Mapbox, es una plataforma de datos de ubicación en tiempo real para aplicaciones web y móviles. Entre los servicios que ofrece esta API se destaca un editor, como Photoshop, para mapas y permite personalizar controles, fuentes, hasta ángulos de la cámara.

Mapbox Web Services API provee un servicio de navegación y marcación de puntos en un mapa, los endpoints para la implementación de estas herramientas se describen en su web oficial.

Figura 133. Mapbox API: Geolocalización y georreferenciación



Nota: Ejemplo de una aplicación móvil implementando el endpoint de geolocalización de Mapbox. Tomado de Documentación oficial de Mapbox API (2020).

Google Maps, es un servicio desarrollado por Google mediante el cual se puede conocer la ubicación exacta de ciudades, negocios, hoteles en internet o a través de las aplicaciones móviles.

Svg Imágenes, es un estándar utilizado para la creación y representación de gráficos e imágenes vectoriales en páginas web y aplicaciones web.

Firestore es más que una base de datos, es una plataforma para facilitar el desarrollo de aplicaciones web/móviles fundada en 2010 y desarrollada por la empresa norteamericana Google. Contiene un sin número de funcionalidades para que los desarrolladores puedan adaptarlas en sus proyectos acorde sus necesidades. (Google *Developers*, 2019)

Figura 134. Firestore: Servicio de consumo y analíticas



Nota: Ejemplo del funcionamiento del servicio de analíticas de Firestore. Tomado de web oficial de Firestore (2020).

7.3 Definiciones conceptuales

Sistema

Conjunto de normas, reglas, principios y procesos que tienen relación entre sí y regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.

Aplicación

En informática se define como un programa diseñado para realizar una operación o funciones específicas en un ordenador o dispositivo electrónico.

Open source

Hace referencia al software de código abierto que es diseñado para que sea accesible a todo público: todos pueden ver, modificar y distribuir el código de la forma que consideren inconveniente. (RedHat, s.f.)

Framework

Cuando empleamos el término framework, nos estamos refiriendo a una estructura de software compuesta de componentes personalizables e intercambiables para el desarrollo de aplicaciones informáticas. (Gutiérrez, 2014)

Prototipo

Los prototipos son “instrumentos” utilizados dentro del desarrollo de un software y se emplean para conseguir distintos objetivos. (Carr & Verner, 2018)

API

Un API (Interfaz de programación de aplicaciones), es un conjunto de definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar el software de las aplicaciones. (Red Hat, 2020)

SDK

Acrónimo de “*Software Development Kit*” o, en español, kit de desarrollo de software, reúne un grupo de herramientas que permiten el desarrollo o mantenimiento de aplicaciones móviles.

Perenne

Que dura siempre o mucho tiempo. (*Oxford Languages*, 2020)

Cactaceae

Grupo de plantas, con aproximadamente 200 géneros y más de 2500 especies, son conocidas como cactus o cactos. Las cactáceas son originarias de América salvo ciertas excepciones.

Fitosanitario

Adjetivo relacionado a la prevención y curación de enfermedades de las plantas o que se relacionen a ello. (*Oxford Languages*, 2020)

Producto fitosanitario

Cualquier sustancia, agente biológico o mezcla de ambas, destinadas a prevenir, controlar o destruir cualquier organismo nocivo, incluyendo las especies no deseadas de plantas, animales o microorganismos que afectan la producción, elaboración o almacenamiento de vegetales y sus productos. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos)

Clorosis

La clorosis es el amarillamiento del tejido foliar causado por la falta de clorofila. Las causas posibles de la clorosis son el drenaje insuficiente, las raíces dañadas, las raíces compactadas, la alcalinidad alta y las deficiencias nutricionales de la planta. (Schuster, n.d.)

Ramificaciones

Es el desarrollo de las ramas en diferentes direcciones (Julián Pérez Porto, 2015)

Widgets

Los Widgets son considerados como objetos temporales, usados para edificar una presentación de la aplicación en su estado actual. (Flutter, n.d.)

Componentes

Son fragmentos precisos que forman parte de un sistema. (Significados, 2017)

Módulo

Es un elemento que tiene como función propia ser concebido para llegar ser agrupado de diferentes maneras con otros elementos constituyendo así una unidad mayor. (Oxford Languages, 2020)

Georreferenciación

La georreferenciación es el manejo de coordenadas de un mapa para llegar a establecer una determinada ubicación espacial a entidades cartográficas (Lorena, n.d.).

Humedad

Se define humedad al agua que se impregna en un objeto determinado ya sea que este vaporizada o combinada con el aire. (Gardey, 2016)

Temperatura

Es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, o de un sistema termodinámico en general. Se representa mediante las escalas Celsius, kelvin, Fahrenheit. (Planas, 2020)

7.4 Propuesta Tecnológica

El siguiente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un aplicativo móvil que sea capaz de reconocer las zonas de sembrío (aprox. 43 hectáreas) y de realizar pronósticos de riegos que eviten pérdidas en la producción de los cultivos de Pitahaya en la provincia del Guayas que permitirá controlar de una manera eficaz las zonas de riego”

Orientado a los docentes participantes del proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya”, aprobado por el Honorable Consejo Universitario.

Análisis de factibilidad

La factibilidad de este proyecto contempla desde una investigación exhaustiva hasta un estudio del proceso de producción de la Pitahaya para el diseño y desarrollo de un aplicativo móvil que permitirá realizar un eficiente control y pronóstico de riego con respecto a las zonas registradas.

Y de esta forma cumplir con los objetivos del proyecto, además de tener en cuenta la información acerca de las principales zonas de producción de cultivo de la Pitahaya en la provincia del Guayas, respetando siempre las etapas de la investigación y desarrollo del proyecto, añadiendo a esto una encuesta para conocer en detalle sobre los sistemas de riego y sobre la preservación de los cultivos de Pitahaya

Factibilidad operacional

En la factibilidad operacional, al proyecto se lo considera viable gracias a que el software a utilizarse es open source, además que la interfaz gráfica de la aplicación sea amigable a la vista del usuario, y puede comprender el funcionamiento de este. La participación de los docentes involucrados en el proyecto FCI y del sector agrícola es muy importantes ya que la aplicación va dirigida a ellos, por ello es esencial tomar en cuenta sus opiniones para de esa manera lograr desarrollar una aplicación que cubra sus intereses y más.



Factibilidad técnica

Para el desarrollo de la aplicación se utilizó tanto herramientas de software como de hardware para garantizar un desarrollo óptimo, y realizando un estudio de mercado se llegó a la conclusión que nuestro proyecto es Viable técnicamente.

Factibilidad legal

Este apartado es sumamente importante ya que nos la potestad a nosotros los desarrolladores de software de tener el derecho de autor del código fuente del aplicativo móvil y de la documentación anteriormente realizada en este proyecto, en esta fase del proyecto se procura analizar que el desarrollo de la aplicación móvil para el control de riego permanente en los cultivos de Pitahaya no infrinja ningún tipo de infracción, que pueda llegar a violar las leyes propuestas en los Anexos y a afectar la elaboración del presente proyecto.

Factibilidad económica

En esta etapa se llevará a cabo un análisis meticuloso acerca de los costes que tiene el desarrollo de una aplicación móvil y que son detallados a continuación:

Tabla 185. Tecnologías a utilizarse en el proyecto

Tecnología	Versión
Framework	Flutter
Lenguaje de programación	Dart
Base de datos	Firestore DB
Sistema Operativo	Android

Tabla 186. Costos por recursos humanos en el proyecto

Cargo	Costo	Cantidad	Total
Investigador	\$450,00	1	\$450,00
Diseñador	\$550,00	1	\$550,00
Desarrollador	\$750,00	1	\$750,00
Líder de proyecto	\$1.000,00	1	\$1.000,00
		Total	\$2.750,00



Tabla 187. Costos de inversión en hardware en el proyecto

Equipo	Costo	Cantidad	Total
Despliegue de aplicación	\$50,00	1	\$50,00
Servidor de base de datos	\$300,00	1	\$300,00
Servidor de archivos	\$300,00	1	\$300,00
Laptop Core i5	\$850,00	1	\$850,00
Laptop Intel Pentium	\$635,00	1	\$635,00
Samsung A51	\$300,00	1	\$300,00
		Total	\$2.435,00

Tabla 188. Costos de inversión en software en el proyecto

Descripción	Costo	Cantidad	Total
Visual Studio Code	\$0,00	1	\$0,00
Firebase	\$0,00	1	\$30,00
Mapbox	\$0,00	1	\$33,99
OpenWeather	\$0,00	1	\$40,00
Google Cloud	\$0,00	1	\$300,00
		Total	\$403,99

Tabla 189. Resumen de costos de inversión en el proyecto

Tecnología	Inversión
Recurso humano	\$2.750,00
Hardware	\$2.435,00
Software	\$403,99
Total	\$5.588,99

7.5 Metodologías del proyecto

La Metodología Scrum es considerada como un método que nos ayuda para trabajar de manera colaborativa en equipo y obtener el mejor resultado posible del proyecto. Es decir que tiene como fin la entrega de valor en periodos cortos de tiempo y para eso la metodología tiene como base 3 pilares fundamentales que son: la transparencia, inspección y adaptación, es perfecta para proyectos en entornos complejos, donde se necesite obtener resultados lo más pronto posibles, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son necesarias.

En la metodología Scrum un proyecto se realiza en ciclos temporales cortos y de duración fija, iteraciones que usualmente son de 2,3 y hasta 4 semanas.

Metodología de investigación

La metodología de investigación que se va a utilizar en este capítulo es la exploratoria, ya que según el autor (Hernandez Roberto, 2016) .“La investigación exploratoria, se efectúa normalmente cuando el objetivo a examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p 79). En otras palabras, esta metodología se implementa cuando no se tiene mucha información o conocimiento de la problemática, realizando una investigación mucho más profunda del mismo.

Población y muestra

Tras un arduo trabajo de investigación podemos constatar que nuestra población está conformada por dos partes la primera parte pertenece a los docentes involucrados en el proyecto de FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” y la otra parte de nuestra población la conforma el sector agrícola, es decir, aquellas personas encargadas de monitorear los cultivos.

Se procede a crear una finita muestra de usuarios que tengan conocimiento en cultivo de Pitahaya, a los cuales se les aplicará la siguiente encuesta para obtener información.

Este análisis va enfocado a los docentes involucrados en el proyecto FCI “drones para el cultivo de Pitahaya” aprobado por el Honorable Consejo Universitario.

A continuación, se detalla los nombres y cargos de los docentes involucrados:

Tabla 190. Docentes involucrados en el proyecto FCI

Nombre	Cargo
Ing. Pedro Manuel García Arias	Director del Proyecto
Ing. Alcides Reyes Guerra	Director Subrogante
Ing. Johana Trejo	
Ing. Paul Álvares	
Ing. Segres García	
Ing. Jorge Avilés Monroy	
Ing. Lorenzo Fernández Arguelles	

Tabla 191. Cálculo de la muestra

Estrato	Población	Muestra
Alto	4	4
Medio	9	8
Bajo	14	13
Total	27	25

Nota: Colocar una descripción de los estratos, población y muestra, según aplique. Es posible mencionar las fuentes de información y criterios que se aplicaron.

Procesamiento y análisis

Una vez realizada todas las actividades para la recolección de datos pasamos hacer el correspondiente procesamiento y análisis de los datos obtenidos.

Todo este procedimiento es realizado gracias a herramientas estadísticas, en nuestro caso decidimos usar el recurso de Microsoft forms llamado Formularios, además que nos facilitan la cuantificación de los datos obtenidos mediante las encuestas realizadas anteriormente.

Técnicas de recolección de datos

La técnica para emplear es la de investigación de campo la cual nos permite recopilar datos con el objetivo de ampliar los conocimientos para realizar un estudio.

Instrumentos para el procesamiento de la información

Los instrumentos son métodos que se utilizan para la recolección de datos:

Encuestas, son utilizadas para recolectar una mayor cantidad información de manera eficaz, con el propósito de obtener datos relevantes para el desarrollo del proyecto.

Entrevistas, son utilizadas para obtener información en el menor tiempo posible entre 2 personas que son el entrevistado y el entrevistador, con el objetivo de obtener información distinguido que nos ayude en el desarrollo de la aplicación.

Personal Encuestado: Docentes involucrados en el proyecto FCI” Drones para el cultivo de la Pitahaya”

7.6 Resultados de las encuestas

Pregunta 1: ¿Conoce sobre el proceso de producción de Pitahaya?

Tabla 192. Resultados de la pregunta 1

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	13	56,52%
No	10	43,47%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 1 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 56,52% de personas que conocen el proceso de producción de Pitahaya por lo cual tendrían mayor comprensión de la utilidad de la aplicación, caso contrario los resultados del 43,47 % de personas que no conocen acerca de este proceso.

Pregunta 2: ¿Conoce usted la importancia del consumo de Pitahaya para la salud humana?

Tabla 193. Resultados de la pregunta 2

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	18	78,26%
No	5	21,73%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 2 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 78,26% de docentes que conocen la importancia de la Pitahaya en la salud humana en este caso a través de la aplicación se pueden ir informando de otros beneficios que tiene la Pitahaya en la salud humana , caso contrario los resultados del 27,73% de docentes que no conocen de la importancia de esta fruta para nuestra salud por lo cual a través de la aplicación se pueden ir informando y conociendo qué importancia y beneficios tiene el consumo de la Pitahaya en nuestra salud.

Pregunta 3: ¿Ha manejado alguna aplicación móvil que maneje reportes y predicción de producción de cultivos de alguna fruta?

Tabla 194. Resultados de la pregunta 3

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	4	17,39%
No	19	82,60%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 3 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 17,39% de docentes que han manejado alguna aplicación respecto al manejo de reportes y predicción de producción de cultivos de alguna otra fruta, en cambio existe un 82,60% de docentes que no han manejado este tipo de aplicación por lo cual se les facilitara el manual de usuario para una mayor comprensión con respecto al manejo de la aplicación.

Pregunta 4: ¿Tiene conocimiento de la temperatura ideal para el proceso de siembra de Pitahaya?

Tabla 195. Resultados de la pregunta 4

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	10	43,47%
No	13	56,52%
TOTAL	23	100%



Los resultados muestran un 43,47% de docentes que tienen conocimientos de la temperatura ideal para el proceso de siembra de la Pitahaya por lo cual la aplicación les ayudara en el control de la temperatura, caso contrario los resultados del 56,52% de docentes que no conocen o no tienen conocimientos de la temperatura ideal.

Pregunta 5: ¿Conoce usted la frecuencia de riego de los cultivos de Pitahaya?

Tabla 196. Resultados de la pregunta 5

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	9	39,13%
No	14	60,86%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 5 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 39,13% de docentes que conocen con qué frecuencia se debe regar los cultivos de Pitahaya por lo cual la aplicación les ayudaría mucho en este aspecto, caso contrario los resultados del 60,86% de docentes que no conocen la frecuencia de riego de los cultivos de Pitahaya.

Pregunta 6: ¿Conoce usted qué plagas y enfermedades afectan los cultivos de Pitahaya?

Tabla 197. Resultados de la pregunta 6

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	9	39,13%
No	14	60,86%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 6 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 39,13% de docentes que conocen las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos de Pitahaya, caso contrario los resultados del 60,86% de docentes no conocen los tipos de plagas y enfermedades afectan a la fruta por lo cual la aplicación en su apartado de noticias les facilitara esta información.

Pregunta 7: ¿Conoce usted qué parámetros de hidratación de suelo se necesita para el cultivo óptimo de la Pitahaya?



Tabla 198. Resultados de la pregunta 7

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	7	30,43%
No	16	69,56%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la pregunta 7 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 30,43% de docentes que tienen conocimientos de los parámetros de hidratación que necesita el cultivo de la fruta, caso contrario los resultados del 69,56% de docentes que desconocen esta información.

Pregunta 8: ¿Conoce los factores que impiden el correcto desarrollo de la planta de Pitahaya?

Tabla 199. Resultados de la pregunta 8

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	10	43,47%
No	13	56,52%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 8 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 43,47% de docentes que ya conocen los factores que impiden el correcto desarrollo de la planta de Pitahaya, caso contrario los resultados del 56,52 pertenecen aquellos docentes que desconocen de esta información.

Pregunta 9: ¿Ha visitado alguna zona de producción de Pitahaya en la provincia del Guayas?

Tabla 200. Resultados de la pregunta 9

Opciones de respuesta	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si	12	52,17%
No	11	47,83%
TOTAL	23	100%

Nota: En esta tabla se muestran los valores absolutos y relativos correspondientes al proceso de tabulación de la Pregunta 9 aplicada en la encuesta a los 23 individuos seleccionados para la investigación.

Los resultados muestran un 52,17% de docentes que han visitado alguna zona de producción de Pitahaya en la provincia del Guayas, por el contrario, los resultados del 47,83% representa a los docentes que no han visitado alguna zona de producción por lo cual mediante el mapa de la aplicación conocer las rutas de las diferentes fincas o haciendas de Pitahaya en la provincia del Guayas.

7.7 Metodología de gestión del proyecto

En esta etapa se elaboró la metodología de Marco Lógico, porque facilita no solo la planificación del proyecto sino también su ejecución, ayuda mucho en el monitoreo y control del progreso del proyecto. Esta metodología consta de 7 partes que son:

1. Definición del problema central.

El problema radica en la falta de control en los riegos de las zonas de cultivo de Pitahaya en la provincia del Guayas, ocasionando plagas, enfermedades que pueden afectar a los sembríos provocando una gran pérdida económica.

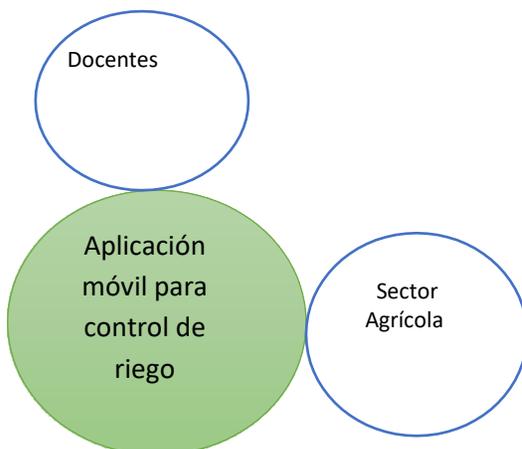
2. Análisis de involucrados.

Desarrolladores: Personas encargadas de llevar a cabo el desarrollo y funcionamiento de la aplicación móvil.

Docentes involucrados en el proyecto FCI “Drones para el cultivo de la Pitahaya”: son las personas que van a manipular la aplicación móvil.

Sector Agrícola: Los productores serán aquellas personas que van a si mismo a manipular la aplicación móvil.

Figura 135. Análisis de los involucrados

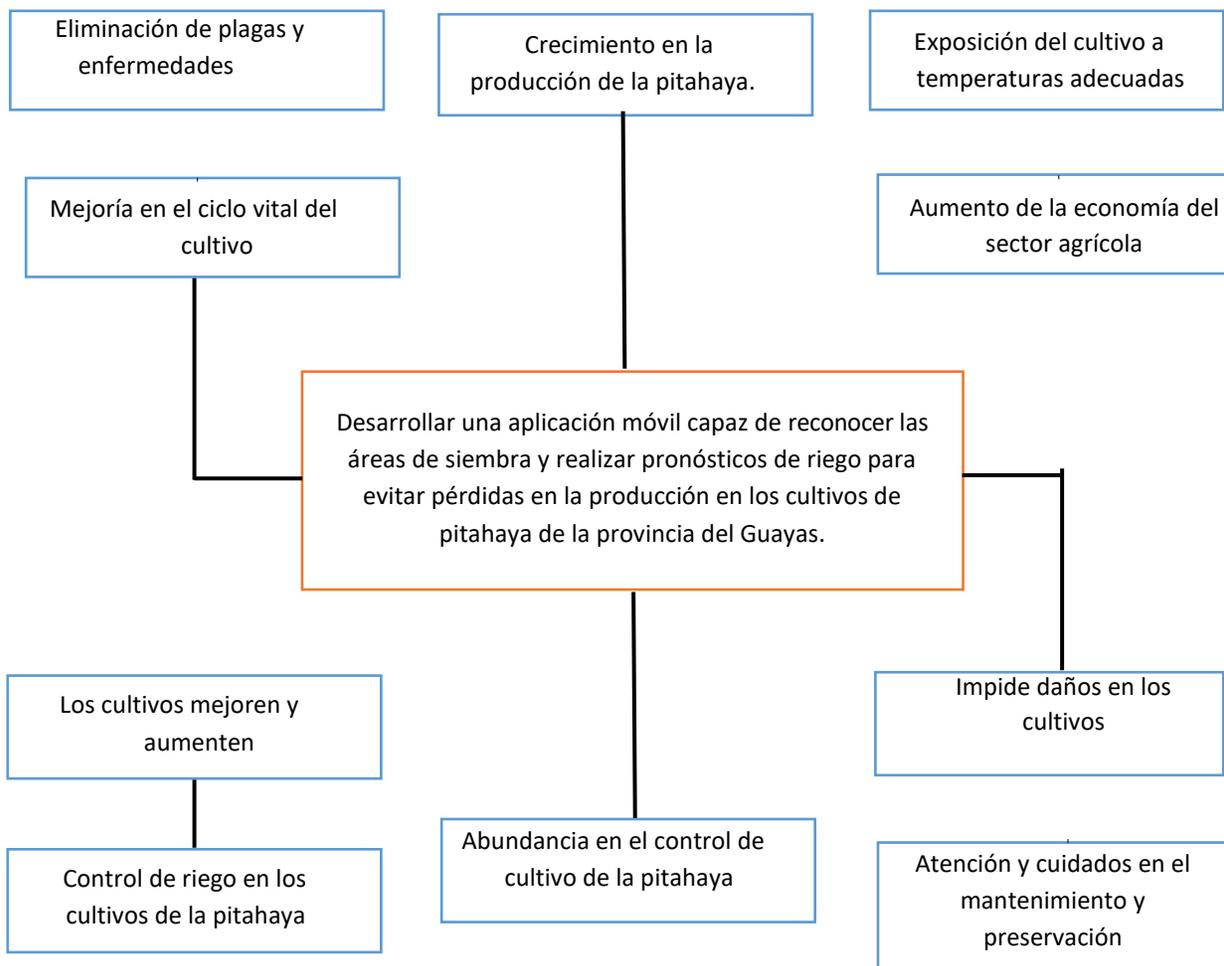


3. Análisis de problemas.

- Los cultivos de Pitahaya se pierdan
- Pérdida o reducción de la producción esperada
- El Deterioro y culminación del ciclo vital del cultivo
- Pérdida económica del sector agrícola
- Control deficiente en las zonas de riego en los cultivos de Pitahaya en la provincia del Guayas
- Plagas, enfermedades en los cultivos
- Ausencia en el control de los cultivos de Pitahaya
- Daños graves o muerte de las plantas de los
- Exceso de riego en los cultivos de Pitahaya

4. Análisis de objetivos.

Figura 136. Árbol de objetivos

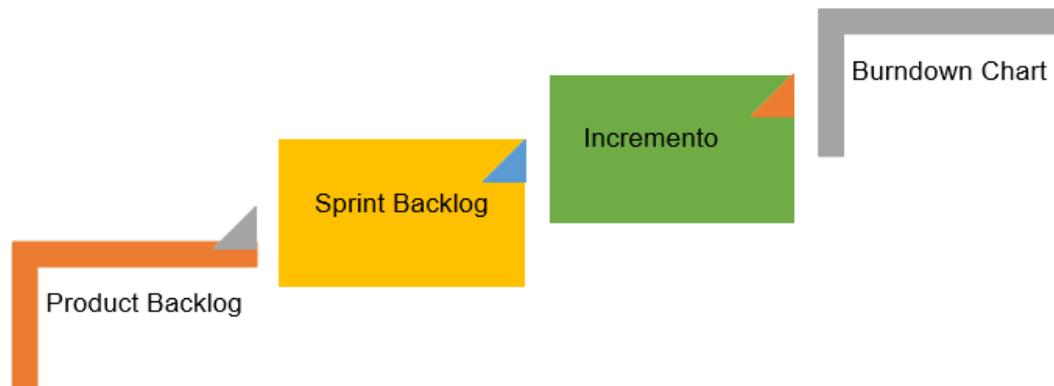


5. Análisis de Alternativas.
6. Diseño de estrategia.
7. Matriz de Marco Lógico.

Etapas de la metodología del proyecto

Para el siguiente proyecto se consideró utilizar la Metodología de desarrollo ágil “*Scrum*” mediante la cual está enfocada en dividir el proyecto en iteraciones o *Sprint*, con la finalidad de cubrir con eficacia cada uno de los objetivos planteados.

Figura 137. Metodología del proyecto – *Scrum*



Metodología de desarrollo del proyecto

Tabla 201. Roles del equipo *Scrum*

Nombre	Contacto	Rol
Ing. Pedro García M. Sc.	0979351784	Scrum Master
Ing. Pedro García M. Sc.	0979351784	Product Master
Luis Farro Terán	0983780998	Scrum Team
Dayanara Terán Lozano	0992233473	Scrum Team

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Teran. Datos de la investigación.

Tabla 202. *Product Backlog*



N.	Descripción de la historia	Prioridad	Sprint
1	Análisis de requerimientos	Alta	Conocer cuáles son las condiciones de riego y mantenimiento de la planta Pitahaya, para poder plasmarlo en una aplicación móvil.
2	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	Alta	Analizar que plataforma de desarrollo es la más conveniente para un proyecto a corto plazo y que esta plataforma cuente con un soporte actualizado.
3	Levantamiento de información.	Alta	Conocer cuáles son las zonas de producción de la Pitahaya y que tipo de sistema de riego utilizan.
4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto.	Alta	El modelo entidad relación nos ayuda a verificar los actores principales que participan en la interacción de la aplicación.
5	Diseño de la arquitectura del proyecto.	Alta	Crear un modelo o arquitectura con respecto al diseño de cómo se vería la aplicación.
6	Desarrollo del diseño visual de la aplicación.	Media	Crear el diseño de cómo se vería las pantallas de la aplicación
7	Construcción módulo de menú de la aplicación.	Alto	El módulo de menú contendrá cada componente perteneciente a la aplicación
8	Diseño de módulo de noticias de la aplicación.	Medio	La construcción del módulo de noticias se la llevara a cabo mediante la API Twitter en conjunto con la API News API.
9	Diseño de módulo galería.	Medio	La construcción del módulo de galería se llevará a cabo mediante la API <i>Cloudinary</i>
10	Diseño de módulo de georreferenciación.	Alto	La construcción del módulo se lo hará mediante la API <i>Mapbox</i>
11	Construcción de mapa en la aplicación.	Alto	El mapa contendrá las ubicaciones geográficas de las zonas de producción de Pitahaya de la provincia del Guayas
12	Alojamiento de marcadores de ubicación en base datos.	Alto	Para almacenar las fincas pertenecientes a cada cantón del Guayas se hará uso de la BD <i>FireBase</i>
13	Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores	Alto	Se pintará las rutas para que los usuarios tengan una mayor visualización de las mismas.



	alojados en la base de datos.		
14	Elaboración de módulo reporte.	Alto	La construcción del módulo de reporte se llevara a cabo mediante la API <i>Open Weather</i>
15	Diseño de componentes para el módulo reporte.	Alto	El módulo contendrá tablas para verificar el estado actual de la Pitahaya
16	Pruebas integrales	Alto	Realizar pruebas de los módulos con sus respectivas funcionalidades.
17	Corrección de errores y mejoras	Alto	Ejecutar las respectivas correcciones y mejoras en las funcionalidades de los módulos
18	Despliegue de la aplicación	Alto	Efectuar el despliegue de la aplicación.

Tabla 203. Prioridad del *Product Backlog*

N#	Descripción de la Historia
1	Análisis de requerimientos
2	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación
3	Levantamiento de información.
4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto.
5	Diseño de la arquitectura del proyecto
6	Desarrollo del diseño visual de la aplicación.
7	Construcción módulo de menú de la aplicación.
8	Diseño de módulo de noticias de la aplicación.
9	Diseño de módulo galería.



10	Diseño de módulo de georreferenciación.
11	Construcción de mapa en la aplicación.
12	Alojamiento de marcadores de ubicación en base datos.
13	Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos.
14	Elaboración de módulo reporte.
15	Diseño de componentes para el módulo reporte.
16	Pruebas integrales
17	Corrección de errores y mejoras
18	Despliegue de la aplicación

Tabla 204. Historia de usuario # 1

Nombre de Historia de Usuario	Análisis de requerimientos
Descripción	Como desarrollador debemos conocer cuáles son las condiciones de riego y mantenimiento de la Pitahaya.
Importancia en el proyecto	8
Valor de esfuerzo	9

Tabla 205. Historia de usuario # 2

Nombre de Historia de Usuario	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación
Descripción	Se necesita analizar la plataforma más conveniente para nuestro proyecto y el lenguaje de programación a emplear
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9



Tabla 206. Historia de usuario # 3

Nombre de Historia de Usuario	Levantamiento de información
Descripción	Se necesita conocer las zonas de producción de Pitahaya y los tipos de sistema de riego.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 207. Historia de usuario # 4

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de modelo entidad relación del proyecto.
Descripción	Se necesita conocer el modelo entidad relación que se va a utilizar en la aplicación
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 208. Historia de usuario # 5

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de la arquitectura del proyecto
Descripción	Diseño arquitectónico de cómo se vería la aplicación.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	8

Tabla 209. Historia de usuario # 6

Nombre de Historia de Usuario	Desarrollo del diseño visual de la aplicación.
Descripción	Presentación del diseño visual de los



	módulos de la aplicación.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 210. Historia de usuario # 7

Nombre de Historia de Usuario	Construcción módulo de menú de la aplicación.
Descripción	Crear un menú que contenga cada uno de los nombres de las funcionalidades de la aplicación.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 211. Historia de usuario # 8

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de módulo de noticias de la aplicación.
Descripción	Se creará el módulo con ayuda de las Api de Twitter y de la Api NewSapi la cual le permitirá al usuario mantenerse informado de manera constante.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 212. Historia de usuario # 9

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de módulo galería.
Descripción	Disponibilidad del contenido de imágenes en la aplicación.



Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 213. Historia de usuario # 10

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de módulo de georreferenciación.
Descripción	Desarrollo del módulo mediante la Api Mapbox, la cual nos permite diseñar y personalizar el mapa para nuestra aplicación
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 214. Historia de usuario # 11

Nombre de Historia de Usuario	Construcción de mapa en la aplicación
Descripción	Contendrá las ubicaciones Geográfica de cada zona de producción de cultivo de Pitahaya de la provincia del Guayas
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 215. Historia de usuario # 12

Nombre de Historia de Usuario	Alojamiento de marcadores de ubicación en base datos.
Descripción	Uso de la <i>BD Firebase</i> para almacenar los marcadores de cada una de las ubicaciones de las zonas de producción.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9



Tabla 216. Historia de usuario # 13

Nombre de Historia de Usuario	Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos.
Descripción	Se pintarán las rutas o zonas haciendo uso de los marcadores almacenados en la base de datos <i>firebase</i> .
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Terán. Datos de la investigación.

Tabla 217. Historia de usuario # 14

Nombre de Historia de Usuario	Elaboración de módulo reporte.
Descripción	Crear el módulo mediante la <i>Api Open Weather</i> donde estará disponible información sobre el estado del cultivo de la Pitahaya.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 218. Historia de usuario # 15

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de componentes tablas para el módulo reporte.
Descripción	Elaboración del componente tabla que muestre a través del módulo reporte el estado del cultivo de Pitahaya.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9



Tabla 219. Historia de usuario # 16

Nombre de Historia de Usuario	Diseño de componentes gráficos para el módulo reporte.
Descripción	Elaboración de gráficos estadísticos que muestran el estado de los cultivos de Pitahaya
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Terán. Datos de la investigación.

Tabla 220. Historia de usuario # 17

Nombre de Historia de Usuario	Pruebas Integrales
Descripción	Evaluación de todos los módulos con sus respectivas funcionalidades.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	8

Tabla 221. Historia de usuario # 18

Nombre de Historia de Usuario	Corrección de errores y mejoras
Descripción	Realizar las correcciones respectivas y mejoras de cada módulo, en caso de que llegue a existir algún error en la aplicación.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	9

Tabla 222. Historia de usuario # 19

Nombre de Historia de Usuario	Despliegue de la aplicación
Descripción	El despliegue de la aplicación se lo realizara una vez se haya hecho las pruebas y correcciones pertinentes en la aplicación.
Importancia en el proyecto	9
Valor de esfuerzo	8

Planeación de los sprint

Tabla 223. Planeación de los Sprint

N #	Descripción de la Historia	Esfuerzo	Valor	Horas	N.º Sprint
1	Análisis de los requerimientos	10	10	40	1
2	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	10	10	24	
3	Levantamiento de información.	8	9	20	
4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto.	8	9	8	
5	Diseño de la arquitectura de la aplicación	9	10	25	2
6	Desarrollo del diseño visual de la aplicación.	8	8	25	
7	Construcción módulo de menú de la aplicación.	8	8	5	
8	Diseño de módulo de noticias de la aplicación.	8	10	8	3
9	Diseño de módulo galería.	8	8	10	

10	Diseño de módulo de georreferenciación.	10	10	20	
11	Construcción de mapa en la aplicación.	10	10	3	
12	Alojamiento de la información de la ubicación de las zonas en base datos.	10	10	4	
13	Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos.	10	10	10	4
14	Elaboración de módulo reporte.	10	10	5	
15	Diseño de componentes tablas para el módulo reporte.	10	10	2	
16	Diseño de componentes gráficos para modulo reporte	10	10	1	
17	Pruebas integrales	10	10	2	5
18	Corrección de errores y mejoras	10	10	2	
19	Despliegue de la aplicación	10	10	1	

7.8 Fase de codificación y diseño

A continuación, se detalla cada uno de los sprint que se plantearon para cada actividad para el llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Para la elaboración y detalle de la fase de codificación y diseño se plantearon los siguientes puntos:

- Nombre de las Historias de Usuarios establecidas en las tareas
- Horas empleadas para la elaboración de las historias
- Importancia de las historias en el proyecto

- Descripción de cada una de las historias
- Criterio de aceptación de las historias
- *Sprint Burn Down* de cada uno de los *Sprint*

SPRINT 1

Tabla 224. Historia de Usuarios *Sprint 1*

Título de la Tarea	Estado	Responsables
Análisis de los requerimientos	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Levantamiento de información.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Diseño de modelo entidad relación del proyecto.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Terán. Datos de la investigación.

Tabla 225. Historia de usuario 1 *Sprint 1*

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Análisis de los requerimientos	40	8
Descripción	Como desarrollador debemos conocer cuáles son las condiciones de riego y mantenimiento de la Pitahaya.	
Criterio de Aceptación	La información brindada debe establecer los requerimientos para evaluar el alcance de la aplicación.	



Tabla 226. Historia de usuario 2 *Sprint 1*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	24	9
Descripción	Se necesita analizar la plataforma más conveniente para nuestro proyecto y el lenguaje de programación a emplear	
Criterio de Aceptación	La plataforma debe ser conocida por los usuarios y el lenguaje de programación de fácil entendimiento.	

Tabla 227. Historia de usuario 3 *Sprint 1*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Levantamiento de Información	20	9
Descripción	Se necesita conocer las zonas de producción de Pitahaya y los tipos de sistema de riego.	
Criterio de Aceptación	Las zonas de producción de Pitahaya deben pertenecer a la provincia del Guayas.	

Tabla 228. Historia de usuario 4 *Sprint 1*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de modelo entidad relación del proyecto.	8	9
Descripción	Se necesita conocer el modelo entidad relación que se va a utilizar en la aplicación	
Criterio de Aceptación	El diseño del modelo entidad relación debe tener coherencia de acuerdo con la necesidad de la aplicación.	

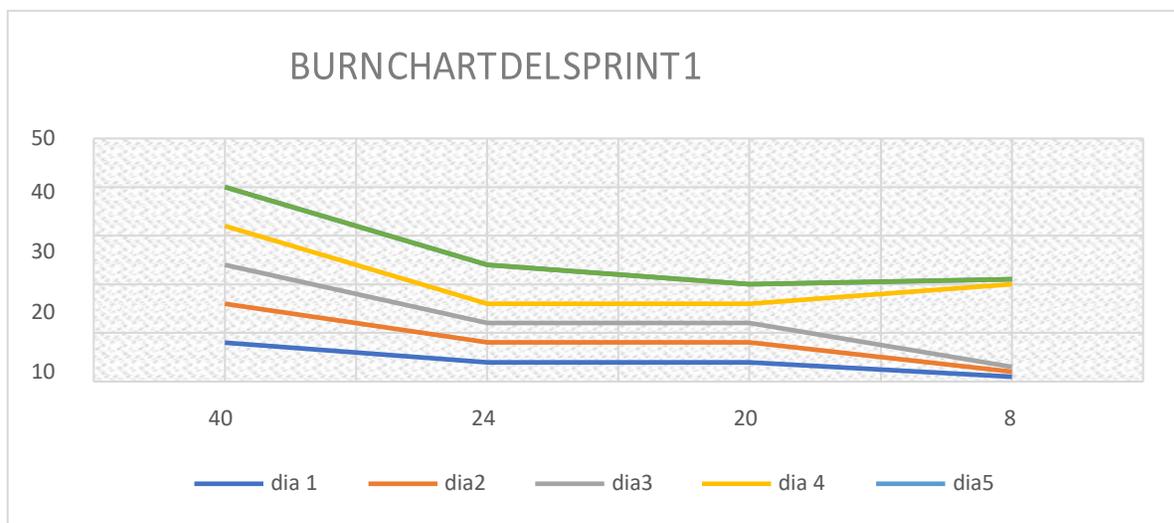
BURN DOWN DEL SPRINT 1

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 1*.

Tabla 229. *Burn Down Sprint 1*

N	Descripción de la Historia	Total, de Horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Análisis de los requerimientos	40	8	8	8	8	8
2	Análisis de plataformas y tipos de lenguaje de programación	24	4	4	4	4	8
3	Levantamiento de información.	20	4	4	4	4	4
4	Diseño de modelo entidad relación del proyecto.	8	4	1	1	1	1

Figura 138. *Burn Down Sprint 1*





SPRINT 2

Tabla 230. Historia de usuarios Sprint 2

Título de la Tarea	Estado	Responsables
Diseño de la arquitectura de la aplicación	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Desarrollo del diseño visual de la aplicación.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Construcción módulo de menú de la aplicación.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Diseño de módulo de noticias de la aplicación.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano

Tabla 231. Historia de usuario 1 *Sprint 2*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de la arquitectura de la aplicación	25	9
Descripción	Diseño de diferentes modelos de visualización de la aplicación para conocer cómo se expondrá el contenido	
Criterio de Aceptación	El diseño de la arquitectura de la aplicación debe permitir un flujo rápido de datos y un tiempo de respuestas corto	



Tabla 232. Historia de usuario 2 *Sprint 2*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Desarrollo del diseño visual de la aplicación.	25	9
Descripción	Presentación del diseño visual de los módulos de la aplicación.	
Criterio de Aceptación	El diseño visual de los módulos debe ser elegante y que la funcionalidad de cada uno de los módulos sea la esperada.	

Tabla 233. Historia de usuario 3 *Sprint 2*

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Construcción módulo de menú de la aplicación.	5	9
Descripción	Crear un menú que contenga cada uno de los nombres de las funcionalidades de la aplicación.	
Criterio de Aceptación	La funcionalidad del menú debe ser eficaz y abordar todos los módulos y funcionalidades mencionados en el proyecto	

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Terán. Datos de la investigación.

Tabla 234. Historia de usuario 4 *Sprint 2*

Historia de Usuario 4	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de módulo de noticias de la aplicación.	3	9
Descripción	Se creará el módulo con ayuda de las Api de Twitter y de la Api NewSapi la cual le permitirá al usuario mantenerse	

	informado de manera constante.
Criterio de Aceptación	La funcionalidad del módulo noticias les permitirá a los usuarios mantenerse informados y actualizados con respecto a la Pitahaya

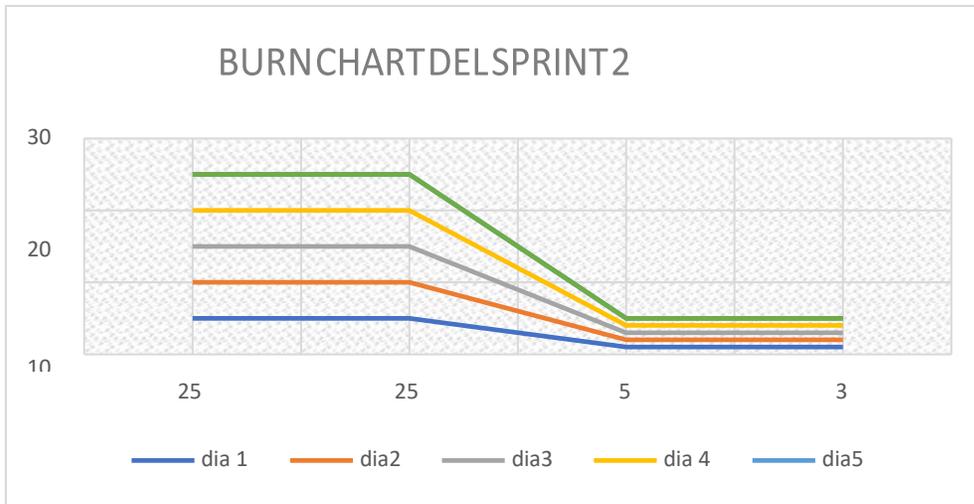
BURN DOWN DEL SPRINT 2

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el Sprint 2.

Tabla 235. *Burn Down Sprint 2*

N	Descripción de la Historia	Total, de Horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Diseño de la arquitectura de la aplicación	25	5	5	5	5	5
2	Desarrollo del diseño visual de la aplicación.	25	5	5	5	5	5
3	Construcción módulo de menú de la aplicación.	5	1	1	1	1	1
4	Diseño de módulo de noticias de la aplicación.	3	1	0	1	0	1

Figura 139. *Burn Down Sprint 2*



SPRINT 3

Tabla 236. Historia de usuarios Sprint 3

Título de la Tarea	Estado	Responsables
Diseño de módulo galería.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Diseño de módulo de georreferenciación.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Construcción de mapa en la aplicación.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Alojamiento de la información de la ubicación de las zonas en base datos.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano

Tabla 237. Historia de usuario 1 *Sprint 3*

Historia de Usuario 1	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de módulo galería.	10	9
Descripción	Disponibilidad del contenido de imágenes en la aplicación.	
Criterio de Aceptación	La funcionalidad del módulo le permitirá mostrar los usuarios las diferentes imágenes de los cultivos de Pitahaya	

Tabla 238. Historia de usuario 2 *Sprint 3*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de módulo de georreferenciación	20	9
Descripción	Desarrollo del módulo mediante la Api Mapbox, la cual nos permite diseñar y personalizar el mapa para nuestra aplicación	
Criterio de Aceptación	El diseño del módulo deber ser elegante y llamativo por lo cual se hizo uso de la Api MapBox.	

Tabla 239. Historia de usuario 3 *Sprint 3*

Historia de Usuario 3	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Construcción de mapa en la aplicación.	3	9
Descripción	Contendrá las ubicaciones Geográfica de cada zona de producción de cultivo de Pitahaya de la provincia del Guayas	
Criterio de Aceptación	Se incluirá solo aquellas zonas de producción de Pitahaya pertenecientes a la provincia del Guayas.	



Tabla 240. Historia de usuario 4 *Sprint 3*

Historia de Usuario 4	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Alojamiento de la información de la ubicación de las zonas en base datos.	4	9
Descripción	Uso de la BD Firebase para almacenar los marcadores de cada una de las ubicaciones de las zonas de producción.	
Criterio de Aceptación	En la base de datos se almacenará los marcadores ubicados en el mapa de las ubicaciones o rutas de las diferentes zonas demás de producción de Pitahaya de la provincia del Guayas.	

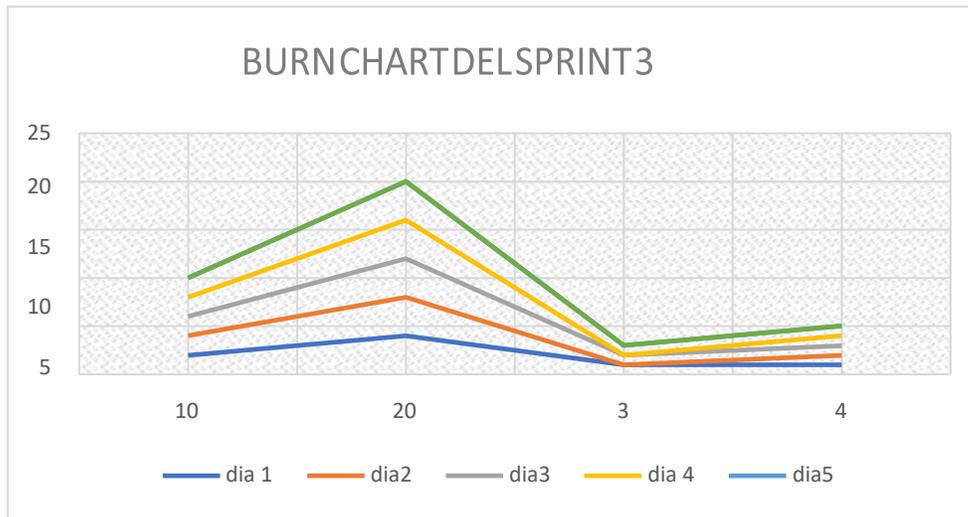
BURN DOWN DEL SPRINT 3

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el Sprint 3.

Tabla 241. Burn Down Sprint 3

N	Descripción de la Historia	Total, de Horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Diseño de módulo galería.	10	2	2	2	2	2
2	Diseño de módulo de georreferenciación	20	4	4	4	4	4
3	Construcción de mapa en la aplicación.	3	1	0	1	0	1
4	Alojamiento de marcadores de ubicación en base datos.	4	1	1	1	1	0

Figura 140. *Burn Down Sprint 3*



SPRINT 4

Tabla 242. Historia de usuarios *Sprint 4*

Título de la Tarea	Estado	Responsables
Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Elaboración de módulo reporte.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Diseño de componentes tablas para el módulo reporte.	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Diseño de componentes gráficos para modulo reporte	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano



Tabla 243. Historia de usuario 1 *Sprint 4*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos	10	9
Descripción	Se pintarán las rutas o zonas haciendo uso de los marcadores almacenados en la base de datos <i>Firebase</i> .	
Criterio de Aceptación	Se pintarán las rutas mediante los marcadores almacenados anteriormente en la base de datos.	

Tabla 244. Historia de usuario 2 *Sprint 4*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Elaboración de módulo reporte.	5	9
Descripción	Crear el módulo mediante la Api <i>OpenWeather</i> donde estará disponible información sobre el estado del cultivo de la Pitahaya.	
Criterio de Aceptación	La Api <i>OpenWeather</i> ayudara a dar información actualizada sobre el estado del cultivo de la fruta.	



Tabla 245. Historia de usuario 3 *Sprint 4*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de componentes tablas para el módulo reporte.	2	9
Descripción	Elaboración del componente tabla que muestre a través del módulo reporte el estado del cultivo de Pitahaya, temperatura, humedad, etc.	
Criterio de Aceptación	A través del módulo se busca reflejar la temperatura, humedad, y el estado de los cultivos de la fruta,	

Tabla 246. Historia de usuario 4 *Sprint 4*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Diseño de componentes gráficos para modulo reporte	1	9
Descripción	Elaboración de gráficos estadísticos que muestran el estado de los cultivos de Pitahaya	
Criterio de Aceptación	A través de los gráficos estadísticos mostrar o representar el estado actual de los cultivos de Pitahaya.	

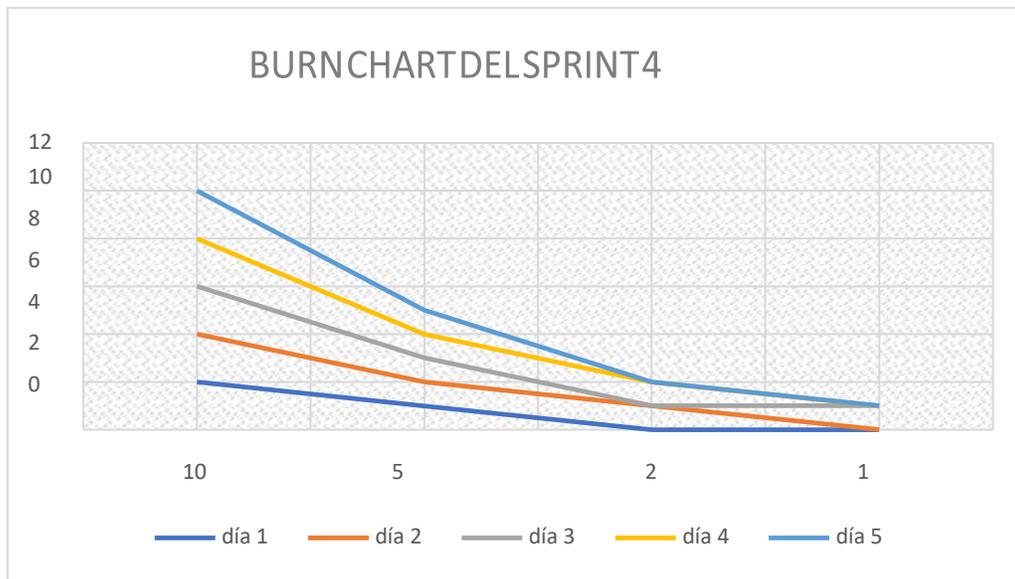
BURN DOWN DEL SPRINT 4

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 4*.

Tabla 247. *Burn Down Sprint 4*

N	Descripción de la Historia	Total, de Horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Pintar rutas en el mapa utilizando los marcadores alojados en la base de datos.	10	2	2	2	2	2
2	Elaboración de módulo reporte.	5	1	1	1	1	1
3	Diseño de componentes tablas para el módulo reporte.	2	0	1	0	1	0
4	Diseño de componentes gráficos para modulo reporte	1	0	0	1	0	0

Figura 141. *Burn Down Sprint 4*





SPRINT 5

Tabla 248. Historia de usuarios *Sprint 5*

Título de la Tarea	Estado	Responsables
Pruebas integrales	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Corrección de errores y mejoras	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano
Despliegue de la aplicación	Completado	Luis Arcángel Farro Terán Dayanara Elizabeth Terán Lozano

Nota: Realizado por Luis Farro y Dayanara Terán. Datos de la investigación.

Tabla 248. Historia de usuario 1 *Sprint 5*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Pruebas integrales	2	9
Descripción	Evaluación de todos los módulos con sus respectivas funcionalidades.	
Criterio de Aceptación	Se realizará las respectivas pruebas funcionales de la aplicación.	

Tabla 248. Historia de usuario 2 *Sprint 5*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Corrección de errores y mejoras	2	9
Descripción	Realizar las correcciones respectivas y mejoras de cada módulo, en caso de que llegue a existir algún	



	error en la aplicación.
Criterio de Aceptación	En caso de que surja alguna complicación o novedad en las pruebas, inmediatamente se realizara las respectivas correcciones.

Tabla 249. Historia de usuario 3 *Sprint 5*

Historia de Usuario 2	Horas Empleadas	Importancia del Proyecto
Despliegue de la aplicación	1	9
Descripción	El despliegue de la aplicación se lo realizara una vez se haya hecho las pruebas y correcciones pertinentes en la aplicación.	
Criterio de Aceptación	Una que la aplicación pase por las pruebas y haber realizado las debidas correcciones se procede hacer el despliegue.	

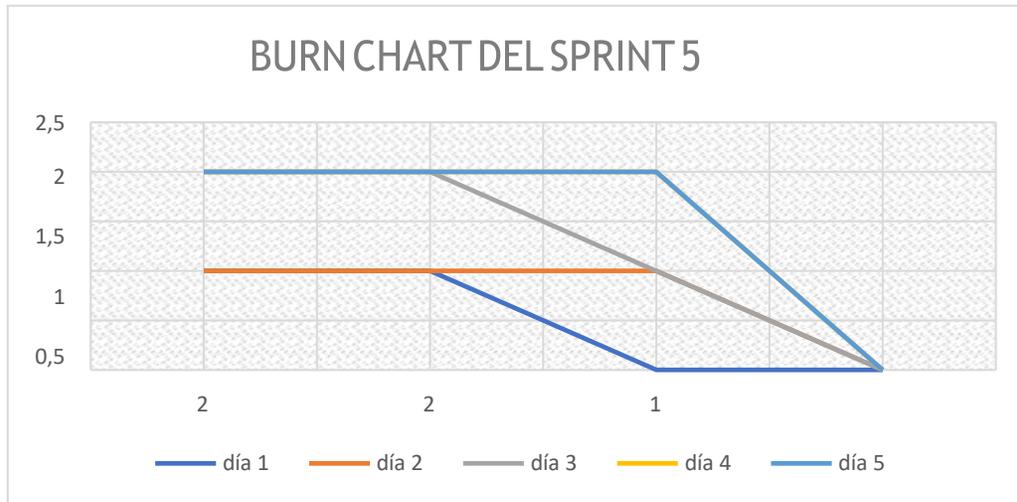
BURN DOWN DEL SPRINT 5

En la siguiente tabla se presenta el esfuerzo que fue estimado para cada una de las historias del usuario expuestas en el *Sprint 5*.

Tabla 250. *Burn Down Sprint 5*

N	Descripción de la Historia	Total, de Horas	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
1	Pruebas integrales	2	1	0	1	0	0
2	Corrección de errores y mejoras	2	1	0	1	0	0
3	Despliegue de la aplicación	1	0	1	0	0	0

Figura 142. *Burn Down Sprint 5*



Fase de pruebas

En esta etapa se procederá con el cumplimiento de las pruebas necesarias para validar el funcionamiento de nuestra aplicación móvil como ayuda a los docentes involucrados en el proyecto FCI. Después de llevar a cabo las pruebas pertinentes, se procede con el proceso de corrección y mejoras que se establecieron durante la etapa de prueba.

Beneficiarios directos e indirectos del proyecto

El presente proyecto tiene como objetivo brindar apoyo a los docentes participantes del proyecto FCI de Nombre “Drones para el cultivo de Pitahaya” con numero de resolución RCU- SO-04-121-04-2018 y fecha 17 de abril del 2018, aprobado por el Honorable Consejo Universitario de la Universidad de Guayaquil. Además, brindar apoyo al sector agrícola que se dedica a la producción de Pitahaya en la provincia del Guayas.

Entregables del proyecto

Al final del proyecto se realizará la entrega de:

- Aplicación (apk)
- Código Fuente
- Diseño de aplicación y logo
- Manual de usuario

7.9 Propuesta

El presente proyecto de titulación tiene como propuesta desarrollar una aplicación móvil para que los docentes involucrados en el proyecto FCI “Drones para el cultivo de Pitahaya” puedan controlar o monitorear de una manera eficaz las zonas de riego de los cultivos de Pitahaya de la provincia del Guayas.

Criterios de validación de la propuesta

Se realizará la pertinente evaluación de la aplicación mediante el juicio de expertos a docentes a fines a la carrera, incluyendo a los docentes involucrados en el proyecto FCI “Drones para el cultivo de la Pitahaya” que harán uso de la aplicación, con la finalidad de que ayuden con la aprobación de este proyecto.

7.10 Resultados

Se recolectó información a través de los resultados que se obtuvieron del instrumento de validación la cual fue realizado por 4 docentes de diferentes facultades.

Pregunta 1: ¿Se encuentra satisfecho con el manejo la aplicación desarrollada?

Tabla 251. Pregunta 1: ¿Se encuentra satisfecho con el manejo la aplicación desarrollada?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si		4	100%
No		0	0%
TOTAL		4	100%

Pregunta 2: ¿Se encuentra satisfecho con el módulo de predicción de riegos de la aplicación desarrollada?

Tabla 252. Pregunta 2: ¿Se encuentra satisfecho con el módulo de predicción de riegos de la aplicación desarrollada?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si		4	100%
No		0	0%
TOTAL		4	100%

Pregunta 4: ¿Se encuentra satisfecho con la guía de la aplicación para su correcto uso?

Tabla 255. Pregunta 4: ¿Se encuentra satisfecho con la guía de la aplicación para su correcto uso?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si		4	100%
No		0	0%
TOTAL		4	100%

Pregunta 5: ¿Se encuentra satisfecho con la interfaz gráfica de la aplicación?

Tabla 256. Pregunta 5: ¿Se encuentra satisfecho con la interfaz gráfica de la aplicación?

Opciones respuesta	de	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
Si		4	100%
No		0	0%
TOTAL		4	100%

7.11 Criterios de aceptación del producto o servicio

Finalizada la validación de la propuesta, se procede a realizar los criterios de aceptación del producto. En este apartado se evaluarán 3 aspectos: Congruencia, claridad y tendenciosidad.

Procesamiento y análisis

El personal participante de esta encuesta fueron los expertos, los cuales son 1 Máster en Sistemas de Información Gerencial, 1 Máster en Manejo de Biorecursos (especialista en botánica), 1 Máster en Diseño Curricular, 1 Máster en Ecología y Pesquerías.

Criterios evaluados

A continuación, se muestran los criterios evaluados:

- Congruencia con el título del trabajo
- Claridad
- Tendenciosidad

Criterio de Congruencia

Tabla 257. Evaluación del criterio de congruencia

<i>Ítem 1: ¿Se encuentra satisfecho con el manejo la aplicación desarrollada?</i>				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales están satisfechos con el manejo de la aplicación móvil, la cual resultó de manejo intuitivo y amigable al usuario.

Tabla 258. Evaluación del criterio de congruencia

<i>Ítem 2: ¿Se encuentra satisfecho con el módulo de predicción de riegos de la aplicación desarrollada?</i>				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales coinciden que la predicción de riegos se lleva a cabo de manera adecuada y los datos presentados son fieles al desarrollo e investigación.

Tabla 259. Evaluación del criterio de congruencia

Ítem 3: ¿Se encuentra satisfecho con el tiempo de respuesta de la aplicación en los módulos de predicción y mapas de zonas de riego?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales están de acuerdo con el tiempo de respuesta que la aplicación se toma para presentar datos.

Tabla 260. Evaluación del criterio de congruencia

Ítem 4: ¿Se encuentra satisfecho con la guía de la aplicación para su correcto uso?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales indicaron que están de acuerdo con la guía del aplicativo presentada.

Tabla 261. Evaluación del criterio de congruencia

Ítem 5: ¿Se encuentra satisfecho con la interfaz gráfica de la aplicación?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales están satisfechos con el manejo de la aplicación móvil, la cual resultó de manejo intuitivo y amigable al usuario.

Criterio de claridad

Tabla 262. Evaluación del criterio de claridad

Ítem 1: ¿Se encuentra satisfecho con el manejo la aplicación desarrollada?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales que la explicación fue muy clara y precisa para el entendimiento sobre la aplicación desarrollada.

Tabla 263. Evaluación del criterio de claridad

Ítem 2: ¿Se encuentra satisfecho con el módulo de predicción de riegos de la aplicación desarrollada?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los profesionales indicaron que la explicación del módulo de riegos, reportes y predicción es de fácil comprensión. El 25% hizo una observación sobre un apartado que puede asignarse a futuro, por lo que decidió no acreditar de manera positiva la encuesta.

Tabla 264. Evaluación del criterio de claridad

Ítem 3: ¿Se encuentra satisfecho con el tiempo de respuesta de la aplicación en los módulos de predicción y mapas de zonas de riego?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 100% de los profesionales indicaron que el tiempo de respuesta es el ideal para la aplicación desarrollada.

Tabla 265. Evaluación del criterio de claridad

Ítem 4: ¿Se encuentra satisfecho con la guía de la aplicación para su correcto uso?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales están satisfechos con la exposición de la guía del aplicativo. Sin embargo, se tomaron observaciones como el desenvolvimiento del expositor para explicar determinado tema.

Tabla 266. Evaluación del criterio de claridad

Ítem 5: ¿Se encuentra satisfecho con la interfaz gráfica de la aplicación?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X	X	X
NO				

El 100% de los profesionales están satisfechos con la exposición de la interfaz de la aplicación. Se tomaron observaciones como el tono de los colores y tamaño de las fuentes.

Criterio de tendenciosidad

Tabla 267. Evaluación del criterio de tendenciosidad

Ítem 1: ¿Se encuentra satisfecho con el manejo la aplicación desarrollada?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los profesionales indicó que el manejo de la aplicación es intuitivo en relación con similares propuestas. Sin embargo, el 25% de los expertos calificó que se deben colocar guías dentro de la aplicación para ayudar al usuario a comprender el aplicativo.

Tabla 268. Evaluación del criterio de tendenciosidad

Ítem 2: ¿Se encuentra satisfecho con el módulo de predicción de riegos de la aplicación desarrollada?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los profesionales coinciden que la predicción de riegos se lleva a cabo de manera adecuada y los datos presentados son fieles al desarrollo e investigación. El 25% del personal consultado indica que deben agregarse variables adicionales para un mejor control de riegos, por ejemplo, control de plagas y control de estado de suelo.

Tabla 269. Evaluación del criterio de tendenciosidad

Ítem 3: ¿Se encuentra satisfecho con el tiempo de respuesta de la aplicación en los módulos de predicción y mapas de zonas de riego?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los profesionales calificó de adecuado el tiempo de respuesta en relación con otras aplicaciones. El 25% indicó que se pueden agregar más módulos sin comprometer el tiempo de respuesta.

Tabla 270. Evaluación del criterio de tendenciosidad

Ítem 4: ¿Se encuentra satisfecho con la guía de la aplicación para su correcto uso?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los expertos calificó que la guía cumple y maneja los estándares básicos para la comprensión y uso del aplicativo. El 25% indicó que se puede mejorar la guía para facilitar el buen uso al personal que consuma la aplicación, por ejemplo: mejorar la parte de reportes.

Tabla 271. Evaluación del criterio de tendenciosidad

Ítem 5: ¿Se encuentra satisfecho con la interfaz gráfica de la aplicación?				
Respuesta	Ingeniero	Biólogo 1	Biólogo 2	Licenciada
SI	X	X		X
NO			X	

El 75% de los profesionales calificaron de manera positiva la aplicación, argumentando que estaba muy detallada. El 25% de los expertos, expresó que se podía mejorar la interfaz acorde a la época.

7.12 Conclusiones

Después de haber realizado una investigación exhaustiva, se logró levantar información específica con respecto a las fincas o haciendas que se dedican a la producción de cultivo de Pitahaya en la provincia del Guayas.



Al realizar las respectivas encuestas, se consiguió información relevante para el desarrollo de la aplicación móvil.

Se desarrolló una aplicación móvil para el control o monitoreo de riego en las zonas de producción de Pitahaya en la provincia del Guayas.

Mediante la implementación de un módulo de informe representado a manera de gráficos estadísticos se consiguió exponer el estado actual de los cultivos de Pitahaya.

El desarrollo de la aplicación que controle las zonas de riego de Pitahaya beneficia al sector productor a mejorar la calidad de sus cultivos, pues conocerá los días hábiles para efectuar los riegos en las cosechas, basados en condiciones meteorológicas y estadísticas de su sistema de aspersión.

Evidentemente un correcto pronóstico de humedad beneficia a que los cultivos de Pitahaya en la provincia del Guayas no se vean afectados por plagas que puedan ocasionar una disminución de la producción de la fruta u ocasionar el fin de su ciclo vital.

Referencias

- Abreu, V. M. C. y L. I. (2015). Los Drones Su aplicación en el mundo de la comunicación. Universia de La Laguna, 1–79.
- Admin. (6 de noviembre de 2016). Sistema agrícola. Obtenido de <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>
- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA]. (2018, junio 27). Introduction to Electromagnetic Spectrum. <http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/spectrum/overview/index.html>
- Agriculturers. (29 de agosto de 2019). Agriculturers. Obtenido de <https://agriculturers.com/pitaya-como-plantar-y-cultivar/>
- Agrocalidad. (01 de 03 de 2021). Agrocalidad. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/40185-2/>
- Agroware. (3 de november de 2016). Obtenido de <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>
- Aguilar-Duarte, Y., Gijón-Yescas, G. N., & Martínez-Herrera, J. (2017). Drones Alternativa Para La Agricultura. Agregion, (September). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19977.13928>
- Ardupilot. (s. f.). Mission Planner. Recuperado 18 de septiembre de 2020, de <https://ardupilot.org/planner/>
- Arias Jesús, Ángel Miguel, & Miranda María. (2016). Metodología de la investigación. Revista Alergia México, 63(2), 201-206. www.nietoeditores.com.mx
- Bash, E. (2015). Diseño e implementación del sistema de control de vuelo de un UAV. PhD Proposal, 1, 97–110. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bavaresco Aura. (2013). Proceso metodológico en la investigación (Sexta edición). Imprenta Internacional. <https://gsosa61.files.wordpress.com/2015/11/proceso-metodologico-en-la-investigacion-bavaresco-reduc.pdf>
- Bejerano, P. (2013). Drones, la tecnología militar que aspira a prestar servicios civiles. [online] eldiario.es. Available at: https://www.eldiario.es/turing/drones-usos-civiles_0_212779115.html [Accessed 17 Jun. 2018].



Bergamo, B. (9 de mayo de 2020). Del amazonas. Obtenido de <https://delamazonas.com/plantas/como-sembrar-Pitahaya/>

BLOG | UTEL. Available at: <http://www.utel.edu.mx/blog/menu-profesional/agricultura-del-futuro-con-drones/> [Accessed 17 Jun. 2018].

Cap, D. (2005). Ciclo de vida del software. International Organization, 2005–2005.

Carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (2018). Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Carr, M., & Verner, J. (2018). Researchgate. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/June_Verner/publication/238117215_Prototyping_and_Software_Development_Approaches/links/543fab1d0cf2fd72f99c8bc7.pdf

Casas Anguita, Repollo Labrador, & Donaldo Campos. (2003, mayo). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). 527-538. <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-pdf-13047738>

Cazau Pablo. (2006). Introducción a la investigación en Ciencias Sociales (Tercera Edición).

Ciceri Vazquez, M. J. N. (2018). Introducción a Laravel: Aplicaciones robustas y a gran escala. In Manuales USERS. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=sPylDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=Podemos+asociar+el+término+“framework”+a+un+subsistema+y/o+conjunto+de+librerías+que+proveen+funcionalidades+estándar+a+cualquier+sistema%3B+sin+embargo,+esta+definición+es+incomplet>

Dagne, L. (01 de Mayo de 2019). Flutter for cross-platform. Obtenido de metropolia.fi/en

Damian Sisaro, J. C. (2016). Propagacion vegetativa por medio de estacas de tallo. Hurlingham: INTA. Obtenido de <https://www.librosymanualesdeagronomia.com/manual-de-propagacion-por-estacas-libros-gratis/>

Dávila Kevin. (2018, diciembre 19). Agricultura Ecuatoriana. <https://agriculturaecuatoriana.home.blog/2018/12/19/manejo-agronomico-del-cultivo-de-Pitahaya/>



- Decreto 1014 Software Libre en Ecuador. (2018). Retrieved from <https://drwn.wordpress.com/2008/04/11/decreto-1014-software-libre-en-ecuador/>
- Díaz Celis, C. A. (2013). Adquisición de imágenes de bajo costo aplicadas a la agricultura de precisión usando vehículos aéreos no tripulados.
- ECUADOR, S. (2018). SICE-Ley de la Propiedad Intelectual-Ecuador/b. Retrieved from http://www.sice.oas.org/int_prop/nat_leg/Ecuador/L320b.asp
- Escura, C. (2018). Software necesario para controlar un dron. [online] Vuelo artificial. Available at: <https://vueloartificial.com/introduccion/primeros-pasos/descargando-el-software-necesario/>
- François Houtart. (2018). La agricultura campesina e indígena como una transición hacia el bien común de la humanidad: el caso de Ecuador. 1-11. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-050X2018000100177
- Fao. (2005). fao. Obtenido de <http://www.fao.org/3/CA3254ES/ca3254es.pdf> flores.ninja. (12 de febrero de 2017). flores.ninja. Obtenido de <https://www.flores.ninja/Pitahaya/#:~:text=La%20Pitahaya%20es%20conocida%20en,alberga%20abundantes%20y%20diminutas%20semillas.>
- Fernandez, R., Terán, W. J., Valencia, N. A., Reyes, A., Valdiviezo, E. W., Cando, K. A., & Alvarado, J. (2018). Evaluación y administración del desarrollo de un proyecto de inversión ecológica con Pitahaya Roja (*Hylocereus undatus*). Revista ESPACIOS, 39(48).
- Flutter. (s.f.). Obtenido de [https://esflutter.dev/docs/development/ui/widgets-intro#:~:text=En%20Flutter%2C%20estos%20dos%20tipos,build\(\)%2C%20per%20miti%20C3%A9ndoles%20recordar%20informaci%C3%B3n.](https://esflutter.dev/docs/development/ui/widgets-intro#:~:text=En%20Flutter%2C%20estos%20dos%20tipos,build()%2C%20per%20miti%20C3%A9ndoles%20recordar%20informaci%C3%B3n.)
- Francisco, G., Henríquez, A., Católica, U., Salvador, D. El, & Salvador, E. (2017). Aplicaciones de los drones en la agricultura La Asociación de Proveedores Agrícolas de El Salvador (APA) expone que la agricultura salvadoreña requiere de una intervención urgente para garantizar la producción de alimentos de los próximos años, y par, 6, 351–365.
- Freire, C., Govea, K., & Arguello, J. (2018, noviembre 30). Importancia de la agricultura en una economía dolarizada. Espacios, 39(16), 1. <https://doi.org/07981015>

- Gaitán García, C. A. (2017). Diseño de un sistema robótico móvil aéreo no tripulado equipado con sensores de percepción remota para estimar descriptores de un cultivo de caña de azúcar en el Valle del Cauca. Retrieved from <http://red.uao.edu.co/handle/10614/9773>
- Gardeneas, C. (02 de diciembre de 2016). Obtenido de gardeneas: <https://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-goteo-y-desventajas/>
- Gardey, J. P. (2013). Obtenido de <https://definicion.de/componentes/> Gardey, J. P. (2016). Obtenido de <https://definicion.de/modulo/> Google Developers. (03 de 12 de 2019).
- García, M. L. (2014). Drones, el cielo está al alcance de todos, 65.
- Grado, T. F. De, & Navarro, E. A. (2017). Estudio y diseño del control de una aeronave no tripulada Escola Técnica Superior d ' Enginyeria Industrial de Barcelona.
- Geo University [G|U]. (s. f.). Spectral Indices with multispectral satellite data. Recuperado 20 de septiembre de 2020, de <https://www.geo.university/pages/spectral-indices-with-multispectral-satellite-data>
- Gomez Maribel, Lopez Alvarez, & Díaz Adolfo. (2013). Teledetección afroforestal: el futuro que ya está aquí. 105, 1-92. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM%5CAmbiente_2013_105_completa.pdf#page=42
- Guayasamin, J. (s.f.). Obtenido de academia.edu: https://www.academia.edu/36867693/Enfermedades_que_atacan_a_la_Pitahaya a Gutiérrez, J. J. (2014).
- Hernandez Roberto, F. C. (2016). Metodología de la Investigación. México D.F: McGraw- Hill.
- Hernández Ortiz, R. (2007). Propuesta De Metodología Para El Desarrollo De Páginas Y Sitios Web, 175. Retrieved from <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11078/>
- Hoyos, J. E., William, R. ;, Asprilla, P., Fernando, M., & Muñoz, C. (2019). Fotografía multiespectral para el diagnóstico fitosanitario de pasto kikuyo (*Cechrus clandestinus* (Hochst ex Chiov) Morrone) <https://doi.org/10.15446/acag.v68n1.75662>



Infoagro, R. (s.f.). infoagro. Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_Pitahaya.asp

Intagri, E. E. (2020). intagri. Obtenido de www.intagri.com/articulos/frutales/tipos-de-tutores-en-el-cultivo-de-la-Pitahaya

Julián Pérez Porto, M. M. (2015). Obtenido de Definición de: <https://definicion.de/ramificacion/#:~:text=Ramificaci%C3%B3n%20es%20el%20proceso%20y,se%20propaga%20hacia%20diferentes%20lugares>.

Kharuf Samy, Hernández Luis, Orozco Rubén, Aday Osmany, & Delgado Irenaldo. (2018, agosto). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282018000200007

Kharuf Samy, Orozco Ruben, Aday Osmany, & Pineda Emma. (2018). Multispectral aerial image processing system for precision agriculture. 45-58. https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/view/3221/3524

Krissia. (s.f.). krissia. Obtenido de <https://www.krissia.es/blog/la-fruta-dragon/>

lavanguardia. (20 de julio de 2018). lavanguardia. Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20180720/45956036053/pitaya-fruta-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html#:~:text=La%20pitaya%20es%20un%20tesoro,prote%C3%ADna%20vegetal%20y%20fibra%20soluble>.

Lebet, G. (2016). TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS Preparación de la Entrevista, 9. Retrieved from <https://gabriellebet.files.wordpress.com/2013/01/tecnicas-de-recoleccic3b3n4.pdf>

Lizarzaburo, G. (14 de marzo de 2020). www.expreso.ec. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/mundo-Pitahaya-6948.html>

Lozano Javier, & Gutierrez Alonzo. (2016). Aplicaciones Geológicas de los Drones. Revista de la Sociedad Geológica de España. [http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/29\(1\)/art6_2901.pdf](http://www.sociedadgeologica.es/archivos/REV/29(1)/art6_2901.pdf)

Lorena. (s.f.). certicalia. Obtenido de <https://www.certicalia.com/blog/georreferenciacion-que-es-y-para-que-se-utiliza>

- Lucero, K. (24 de enero de 2020). revistagestion. Obtenido de <https://www.revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/Pitahaya-la-fruta-exotica-mas-exportada-del-ecuad>
- MacroBacter.com | Uso De Drones En La Agricultura. (s. f.). Recuperado 26 de febrero de 2020, de <https://macrobacter.com/uso-de-drones-en-la-agricultura/>
- M.A.G. (09 de 09 de 2019). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/>
- Mario, A., & Tamayo, T. (n.d.). Abouhamad, Apuntes de investigación en ciencias sociales, pág. 52. 1, 1–23.
- Matias Fossati. (2018). Introducción a PHP y HTML - Matias Fossati - Google Libros. <https://books.google.com.ec/books?id=IWR5DwAAQBAJ&pg=PA3&dq=php&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwid3uaPgiThAhVHx1kKHQTHCfMQ6AEIOzAE#v=onepage&q=php&f=false>
- Medina García, P. A., & Niño López, J. C. (2017). Diseño de un Modelo de Agricultura de Precisión Utilizando Drones y un Sistema de Captura, Almacenamiento y Análisis de Datos que Permita Identificar a Tiempo la Generación de la Pudrición del Cogollo en Cultivos de Palma de Aceite que se Encuentran en lo.
- Meythaler, A., Autores, D. R., Chicaiza, F., & Chuchico, C. (n.d.). PORTADA:
- Michelena, J. (2016). Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Modelos, D. E. D. O. S., & Rpa, R. D. E. (n.d.). Proyecto fin de grado.
- Moreno Wilson Fernando, Tangarife Héctor Iván, & Escobar Díaz Andrés. (2018). Image analysis applications in precision agriculture. *Visión electrónica*, 11(2), 200-210. <https://doi.org/10.14483/22484728.14628>
- Ocampo Melchor. (2018). Agricultura de Precisión. https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-015.pdf
- Olivera, A. (2015). Monitorización de Cultivos Utilizando Drones Clave del proyecto: CIN2015A20121. *Proyecto, ingeniería*, 107.
- Osuna-Enciso, T. (02 de 2016). Reproductive phenology, yield and fruit quality of Pitahaya (*Hylocereus undatus* (how.) Britton and Rose) in Culiacan valley,

- Sinaloa, Mexico. Mexico. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000100061&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Oxford Languages. (2020). Oxford Languages. Obtenido de <https://languages.oup.com/google-dictionary-es/>
- Pardo-ibarra, J. (n.d.). Sistema de comunicación inalámbrico para la transmisión de imágenes térmicas desde una aeronave pilotada remotamente a su estación de control en tierra 3(3), 210–223.
- Pino Edwin. (2019). Multispectral Imaging for Plant Food Quality Analysis and Visualization. *Idesia (Arica)*, 37(ahead), 1-10. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019005000402>
- Planas, O. (29 de octubre de 2020). solar-energia. Obtenido de <https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/temperatura>
- Pozo Hugo. (2014). Código Orgánico Integral Penal. www.registroficial.gob.ec
- Propagacion de las plantas. (9 de junio de 2016). Obtenido de <http://propagaciondelasplantas3.blogspot.com/2016/06/propagacion-de-las-plantas-propagacion.html>
- QGIS. (s. f.). Descubre QGIS. Recuperado 20 de septiembre de 2020, de <https://qgis.org/es/site/about/index.html#>
- Raffo, G. V. (2007). Modelado y control de un helicóptero quadrotor, 115.
- Ramirez R, L., Arcila, A., Buritica, L., & Castrillon, J. (1992). Paradigmas y modelos de investigación. *Fundación Universitaria Luis Amigó*, 10–18.
- Reinoso, G. A. (2014). Elementos para un modelo de ciclo de vida para proyectos de explotación de información. Retrieved from <http://posgrado.frba.utn.edu.ar/product/especialidades/gabriela-reinoso-2014-tf-esp.pdf>
- Rica, D. E. C., En, M., & Proyectos, G. D. E. (2015). Instituto tecnológico de costa rica.
- Riesco, J. M. (2004). Conceptos Básicos De Estadística. *Journal of Classification*, 40, 1–6. Retrieved from http://www.jorgegalbiati.cl/ejercicios_4/ConceptosBasicos.pdf



- Rojas, M. S., & Tafur, J. L. (2017). Implementación De Una Plataforma Aérea Con Hardware Y Software Flexible Para El Control De Un Cuadricóptero Tele-Operado, 1–3.
- Red Hat. (2020). Red Hat. Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-are-application-programming-interfaces>
- Restrepo, J. C. (2012). Manejo Fitosanitario del cultivo de la Pitahaya. Bogota: Produmedios.
- Reyes, J., Ortega, J., Buñuelos, C., Ramírez, A., & Hernández, C. (2014). Development of a 3D virtual environment as a support tool for tourism diffusion of the archaeological site of Teotihuacan. Retrieved from http://www.actauniversitaria.ugto.mx/index.php/acta/article/view/534/html_4
- Rodríguez Víctor, & Bullock Stephen. (2013, junio). Comparación espacial y temporal de índices de la vegetación para verdor y humedad y aplicación para estimar LAI en el Desierto Sonorense. 611-623. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000400010
- Sabino, C. A., & Humanitas, L. (2012). Metodología proyectual, 1(Año), 1–8.
- Sagarpa. (2007). El Cultivo de la Pitahaya. 12. https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_Pitahaya.asp
- Salazar, J. C., Casallas, Á. T., Linares, J. C., Lozano, A., & Valbuena, Y. L. (2018). Scrum versus XP: similitudes y diferencias. Tecnología Investigación y Academia, 6(2), 29–37. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/10496>
- Santos, E. d. (1 de junio de 2018). Obtenido de parques alegres: <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/sistema-riego-por-microaspersores/>
- Santos, E. D. (8 de junio de 2019). Parques alegres. Obtenido de <https://parquesalegres.org/biblioteca/blog/sistema-riego-por-microaspersores/>
- Sarria, F. A. (2006). Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Murcia, 239.
- Saroinsong, H. S., Poekoel, V. C., & Manembu, P. D. (2018). Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 7(1), 73-84. <https://doi.org/10.35793/jtek.7.1.2018.19195>

Schuster, J. (s.f.). University of Illinois Extension: Focus and plants problems. Obtenido de https://web.extension.illinois.edu/focus_sp/chlorosis.cfm

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. (s.f.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Obtenido de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/bpa/bibliografia/Reglamento_BP_en_Hortalizas.pdf

Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS]. (s. f.). What is a geographic information system (GIS)? Recuperado 12 de septiembre de 2020, de https://www.usgs.gov/faqs/what-a-geographic-information-system-gis?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products

Servicio Geológico de los Estados Unidos [USGS]. (2018). What is remote sensing and what is it used for? <https://doi.org/10.21079/11681/26649>

Su Wen Hao, & Sun Da Wen. (2018). Multispectral Imaging for Plant Food Quality Analysis and Visualization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 220- 239. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12317>

Tamayo y Tamayo. (2004). El proceso de la investigación científica (Noriega (Ed.); Cuarta edición). Noriega. <https://books.google.es/books?id=BhymmEqkkJwC&lpg=PA13&ots=Ts5BepZ5lP&dq=Tamayo+y+tamayo+Técnicas+de+Investigación+2004&lr&hl=es&pg=PA176#v=onepage&q=muestra&f=false>

The Global Positioning System [GPS]. (s. f.). The Global Positioning System. Recuperado 11 de septiembre de 2020, de <https://www.gps.gov/systems/gps/>

Verona-Ruiz, A., Urcia-Cerna, J., & Paucar-Menacho, L. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439–453.

Yugsi Laura, Paredes Elizabeth, Fernanda María, Coronel, Verdugo Daniel, Coba Karla, & Santamaría Pablo. (2015). Desarrollo de la Pitahaya (*Cereus* SP.) en Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 50-58. <https://doi.org/10.17163/lgr.n22.2015.05>

Drones para la agricultura de precisión, un enfoque al cultivo de la Pitahaya



Editorial Tecnocientífica Americana

Domicilio legal: calle 613nw 15th, en Amarillo, Texas. **ZIP:** 79104

Estados Unidos de América, 21 junio de 2022

Teléfono: 7867769991

La Editorial Tecnocientífica Americana se encuentra indizada en, referenciada en o tiene convenios con, entre otras, las siguientes bases de datos:

