

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO, PARA UN CULTIVO DE PAPA
EN LA VEREDA PANTANO GRANDE, DEL MUNICIPIO DEL COCUY (BOYACÁ)

DANIEL SEBASTIAN RAMIREZ VELAZCO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA, COLOMBIA

2019

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO, PARA UN CULTIVO DE PAPA
EN LA VEREDA PANTANO GRANDE, DEL MUNICIPIO DEL COCUY (BOYACÁ)

DANIEL SEBASTIAN RAMIREZ VELAZCO

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

Director:

Cesar Mauricio Galarza Bogotá

Ing. Electrónico Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”

Codirector:

Pablo Andrés Álvarez Camargo

Ing. Electrónico Universidad Santo Tomás Tunja



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA, COLOMBIA
2019

Nota de aceptación:

Firma del director

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Tunja, septiembre de 2019

Las ideas presentadas en este trabajo son de responsabilidad exclusiva del autor, no es la opinión de la Universidad Santo Tomás o de la Facultad de Ingeniería Electrónica.

DEDICATORIA

“El presente trabajo de grado lo dedico especialmente a mi madre, Ana Aireth Ramírez, quien, con sus esfuerzos y sacrificios, me demuestra cada día que, con dedicación y compromiso, cualquier propósito o meta que uno se plantee, se puede lograr y el sufrimiento durante el camino, tarde o temprano brindara sus recompensas.”

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, a mi familia, mi madre Ana Aireth Ramirez Velasco y mi abuela Clemencia Velasco, por el apoyo y por siempre tenerme presente en sus oraciones día tras día, durante todo el proceso de formación de mi carrera profesional y mi formación como persona íntegra y ética.

A todos los docentes que me acompañaron durante toda la carrera, por su enseñanza, guía y acompañamiento en el desarrollo del proyecto y de formación, especialmente al Ingeniero César Mauricio Galarza Bogotá y el ingeniero Pablo Andrés Álvarez Camargo por sus aportes, sugerencias arduo trabajo y paciencia como directores de Proyecto de Grado.

A la Facultad de Ingeniería Electrónica de La Universidad Santo Tomás Tunja, junto con todos los docentes que hacen parte fundamental del desarrollo y evolución de nuestra facultad, por su respaldo y acompañamiento durante el proceso de formación académico, gracias por hacer de este proceso no solo un proceso netamente educativo, también de crecimiento personal, espiritual y rectitud.

A la facultad de ingenierías de la Universidad Santo Tomás Bogotá, por permitirme cursar mi opción de grado, en la especialización en Gestión de redes de datos y al ingeniero Sergio Andrés Flórez, porque sin su colaboración no habría sido posible el desarrollo de este proyecto.

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	11
3.	JUSTIFICACIÓN	12
4.	PROBLEMA	14
4.1.	<i>Formulación del problema</i>	14
4.2.	<i>Planteamiento del problema</i>	14
4.3.	<i>Delimitación del problema</i>	16
5.	OBJETIVOS	17
5.1.	<i>Objetivo General</i>	17
5.2.	<i>Objetivos Específicos</i>	17
6.	MARCO REFERENCIAL	18
6.1.	<i>Marco teórico</i>	18
6.2.	<i>Marco histórico</i>	19
6.3.	<i>Marco conceptual</i>	21
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	23
7.1.	<i>Tipo de investigación</i>	23
7.2.	<i>Muestra o población</i>	23
7.3.	<i>Método de investigación</i>	23
8.	EJECUCIÓN DEL PROYECTO	25
8.1.	<i>Geografía:</i>	25
8.2.	<i>Desplazamiento:</i>	25
	Desplazamiento Duitama-El cocuy	26
	Desplazamiento Tunja-El cocuy	27
	Desplazamiento Bogotá-El cocuy	27
8.3.	<i>Terreno</i>	28
	Finca	28
	Área de cultivo	28
8.4.	<i>Variables de medición y análisis</i>	29
8.5.	<i>Acceso a la red de proveedores</i>	30
	Acceso mediante radio enlace	30
	Acceso mediante tecnología satelital	31
8.6.	<i>Solución de monitoreo</i>	31
	Descripción técnica	32

Zona de cultivo para monitoreo	32
Sensórica	34
8.7. <i>Sistema de alimentación</i>	35
8.8. <i>Diseño y topología</i>	37
Diseño	37
Topología	37
8.9. <i>Estimación de equipos</i>	39
8.10. <i>Implementación</i>	40
8.11. <i>Modelo de gestión</i>	43
Base de operación:	44
Recursos técnicos	44
Sistema de gestión operativa	44
9. CONCLUSIONES	47
10. RECOMENDACIONES	48
11. BIBLIOGRAFÍA	49
12. INFOGRAFÍA	51

LISTA DE ILUSTRACIONES:

Ilustración 1 Mapa de cobertura Claro.....	13
Ilustración 2 Causa-Efecto problemática	14
Ilustración 3 distancia El cocuy-Finca Pantano grande	15
Ilustración 4 Distancia Duitama-Finca Pantano grande.....	15
Ilustración 5 Modelo OSI.....	19
Ilustración 6 Ubicación de la finca.	25
Ilustración 7 Ruta hacia la finca desde el municipio del Cocuy.	26
Ilustración 8 Ruta desde la ciudad de Duitama Hasta el Cocuy	26
Ilustración 9 Ruta desde la ciudad de Tunja Hasta el Cocuy.....	27
Ilustración 10 Ruta desde la ciudad de Bogotá Hasta el Cocuy	27
Ilustración 11 Área total de la finca.....	28
Ilustración 12 Zonas de cultivo.....	29
Ilustración 13 Simulación Radio enlace	30
Ilustración 14 Resultados de propagación.	31
Ilustración 15 Distribución de equipos de monitoreo	32
Ilustración 16 Distribución de cámaras en el terreno de cultivo.....	33
Ilustración 17 Cámara tipo bala	33
Ilustración 18 Cámara tipo PTZ.....	34
Ilustración 19 Sistema de alimentación solar.....	35
Ilustración 20 Diagrama de disposición de equipos	37
Ilustración 21 Topología de la solución.....	38
Ilustración 22 EDT proyecto.....	41
Ilustración 23 Cronograma de proyecto estimado	42
Ilustración 24 ruta crítica del proyecto	42
Ilustración 25 estructura organización propuesta	43
Ilustración 26 diagrama de flujo para actividades en la etapa de operación.....	45

LISTA DE TABLAS:

Tabla 1 Recursos del proyecto	40
-------------------------------------	----

1. INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, se ha observado que la producción industrializada o tecnificada es hacia dónde se dirige la humanidad, en donde la intervención del ser humano se reduzca. Todo proceso que se requiera modificar se debe hacer, buscando el mejor beneficio para el medio ambiente, ya que esto se ha vuelto tendencia en la sociedad. La reducción de costos, en la utilización de personal en la producción agrícola, es una preocupación latente en la industria y mediante tecnologías que permitan reducir su utilización directa se busca una mejora de los procesos y salvaguardar los recursos de los productores. La implementación de enlaces de comunicación satelitales o radio enlaces son una alternativa favorable para la no invasión de territorios protegidos como páramos, y reservas naturales. El presente trabajo de grado propone un diseño de sistema de monitoreo remoto para un cultivo ubicado en una región con dificultades de acceso y dificultades en la cobertura de señal, por ello se elaborará una solución de ingeniería, que consiste en un diseño que posee la distribución topológica de los dispositivos, que se implementaran en la red WLAN que brindará la cobertura para la red de sensores y cámaras que se quiera implementar en el cultivo, con la implementación de un acceso a internet, mediante un enlace satelital. De este modo, se busca generar una topología que cumpla con características de flexibilidad, escalabilidad, eficiencia, logrando ser adecuado en cuanto al aprovechamiento de recursos e incluyendo un modelo de suministro de energía mediante sistemas fotovoltaicos, para la alimentación de los equipos que se utilizaran. El desarrollo del proyecto de grado tratará de la selección de una alternativa eficiente y que genere ahorros en su ejecución. Se propondrá también un modelo de gestión para el proyecto que implica una serie de actividades recursos y cronogramas que permitirán la implementación del sistema con una garantía de eficiencia y correcta ejecución de los recursos. Se realizó una estimación de recursos tanto de recursos de equipos como de servicios y en la estimación se tuvo en cuenta los recursos para la implementación del sistema y no los recursos para la plantación del cultivo.

El modelo de gestión operativa del proyecto da una visión de los recursos y del personal necesario para poder hacer una correcta implementación y gestión del proyecto, con personal especializado, pero que únicamente el necesario, para suplir las necesidades del sistema, sin sobre costear el proyecto y reduciendo la cantidad de recursos al mínimo.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Circuito cerrado de televisión o CCTV: Es una tecnología de vigilancia mediante video, diseñada para supervisar o monitorear una diversidad de ambientes y actividades y está pensado para un número limitado de espectadores.

Diagrama de Gantt: Es una herramienta que provee la base de información, para hacer un análisis informal de los recursos que intervienen en el proyecto, de una manera secuencial a través de las cuales se mide la duración de las actividades y las dependencias de estas.

EDT (estructura de desglose de trabajo): también conocida con las siglas WBS, en inglés, es una herramienta de la gestión de proyectos, que permite hacer una identificación de los paquetes de trabajo necesarios para la ejecución de un proyecto, mediano o grande.

Hito: Los hitos del proyecto son puntos identificables que resumen la conclusión de un conjunto de importantes tareas relacionadas. Los hitos se utilizan, por lo general, para resumir los hechos relevantes en un proyecto. A diferencia de una actividad, el hito no tiene duración.(Lledó & Rivarola, n.d.)

HLD (High Level Desing) o Diseño De Alto Nivel: Un diseño de alto nivel o HLD explica la arquitectura que se utilizaría para desarrollar un producto. El diagrama de arquitectura proporciona una visión general de un sistema completo, identificando los componentes principales que se desarrollarían para el producto. El HLD utiliza términos posiblemente no técnicos a ligeramente técnicos que deberían ser entendibles para los administradores del sistema.

Ruta crítica: es la secuencia de actividades que dictan la duración del proyecto, si alguna de estas actividades extiende su duración afectan la duración total del proyecto y modifican la fecha de finalización de este.

Riesgo: Es un evento incierto que puede generar una oportunidad o una amenaza, existen diferentes tipos de riesgos tanto de tipo interno, como de tipo externo.

Sensórica: Es un termino que hace referencia a una serie de sensores, que pueden ser tanto unidades análogas como digitales, y se utilizan en lugares en donde no es posible medir o identificar magnitudes eléctricas.(“Sensórica,” n.d.)

Tecnificar: hace referencia a la implementación de procedimientos técnicos y tecnológicos modernos en las ramas de producción que aun no los emplea.(“«Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario,” n.d.)

Topología de red: La topología de red se define como el mapa físico o lógico de una red para intercambiar datos. En otras palabras, es la forma en que está diseñada la red, sea en el plano físico o lógico.

3. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se realizará con la finalidad de utilizar un modelo alternativo que supla la necesidad de desplazar personal profesional a las zonas de acceso difícil por el estado de las vías o su ubicación; teniendo en cuenta la distancia del cultivo con referencia a las ciudades o municipios más cercanos.

El diseño de un sistema de monitoreo remoto se desarrolla con la finalidad principal de la reducción de costos de personal, y los gastos que son asociados a los desplazamientos que se requieren como, por ejemplo, viáticos, transporte, seguridad, alimentación entre otros, todo enmarcado en la protección de los recursos financieros de los pequeños productores. Otra área que se busca impactar con este desarrollo es el medio ambiente ya que. Se desea buscar la forma de mantener estos sistemas con el uso de energías limpias. Esto con el propósito de generar el menor impacto negativo posible en las regiones rurales y darle un enfoque de responsabilidad social.

La necesidad de implementación de este sistema surge principalmente de la dificultad de traslado continuo y constante del personal técnico, los costos en el transporte y los costos relacionados a viáticos y consumibles, además de la distancia en la que se encuentran ciertos cultivos(Ji-Hua, Bing-Fang, & Qiang-Zi, 2006). Se quiere diseñar una solución, mediante la implementación de sistemas electrónicos y de comunicaciones, que ayuden a mitigar estas necesidades y disminuir los inconvenientes que se generan por estos procedimientos, basándose en las características del cultivo, la infraestructura y las tecnologías que se pueden identificar para el desarrollo del proyecto.

Sin embargo, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos, se plantea en primera instancia, crear el diseño de una red WLAN (Wireless Local área network), se utilizará esta tecnología teniendo en cuenta que se busca en principio una reducción de costos en la mayor medida posible, al utilizar la tecnología inalámbrica, se genera un ahorro en elementos tales como, puntos de conexión fijos, cableado, obras civiles. En comparación con otras tecnologías, con las tecnologías inalámbricas no se limitan al alcance, por ejemplo, una LAN cableada normal se limitaría a la longitud del cableado y a la potencia de los dispositivos, mientras que con tecnologías inalámbricas la extensión de la topología es mucho más eficiente, económica, rápida y versátil, brindando ventajas no únicamente en costos sino en movilidad, lo cual no restringe a que se tenga que implementar en un sitio fijo. En cuanto al suministro energético de los equipos, como primera opción se puede contar con suministro a través de la red de energía pública en la zona, pero en búsqueda de generar un impacto ecológico y social se planteara la posibilidad de implementar sistemas de energías alternativas, ya sea mediante producción solar o eólica, esto sería un parámetro a definir en una etapa posterior, debido a las características ambientales de la región (se requieren llevar a cabo estudios más precisos de las condiciones ambientales y que favorecerían la implantación de una u otra tecnología) y también teniendo en cuenta que estos sistemas requieren de una inversión adicional en cuanto a equipamiento ya sea de paneles solares, inversores, controladores o de generadores eólicos con sus componentes para su funcionamiento. Se escogió la topología WLAN ya que estoy tomando en cuenta la ubicación geográfica del cultivo es muy difícil conseguir cobertura de proveedores de servicios de comunicaciones, por lo que tecnologías como 2G, 3G, LTE o similares no brindarían la versatilidad necesaria para el tipo de red que se

implementaría. Teniendo en cuenta la ubicación del cultivo en mención, en el que no se cuenta con cobertura de operadores como Claro, Telefónica, UNE, etc. se plantea contratar un enlace dedicado, el cual de acuerdo con la ubicación podría ser uno de tipo radio enlace o satelital y esto brindaría la cobertura necesaria en la ubicación escogida y permitirá la comunicación de los diferentes dispositivos electrónicos inalámbricos que se implementarían en la red, entre ellos un número determinado de AP's (Access Point), los cuales permitirán hacer la extensión de la topología en el cultivo, para utilizar cámaras IP inalámbricas. (Lee, Hwang, & Yoe, 2013)(Yaping & Zhongxin, 2012) adicionalmente, es el punto de concentración para transportar el tráfico de datos desde cualquier ubicación en el territorio nacional o internacional si se desea.

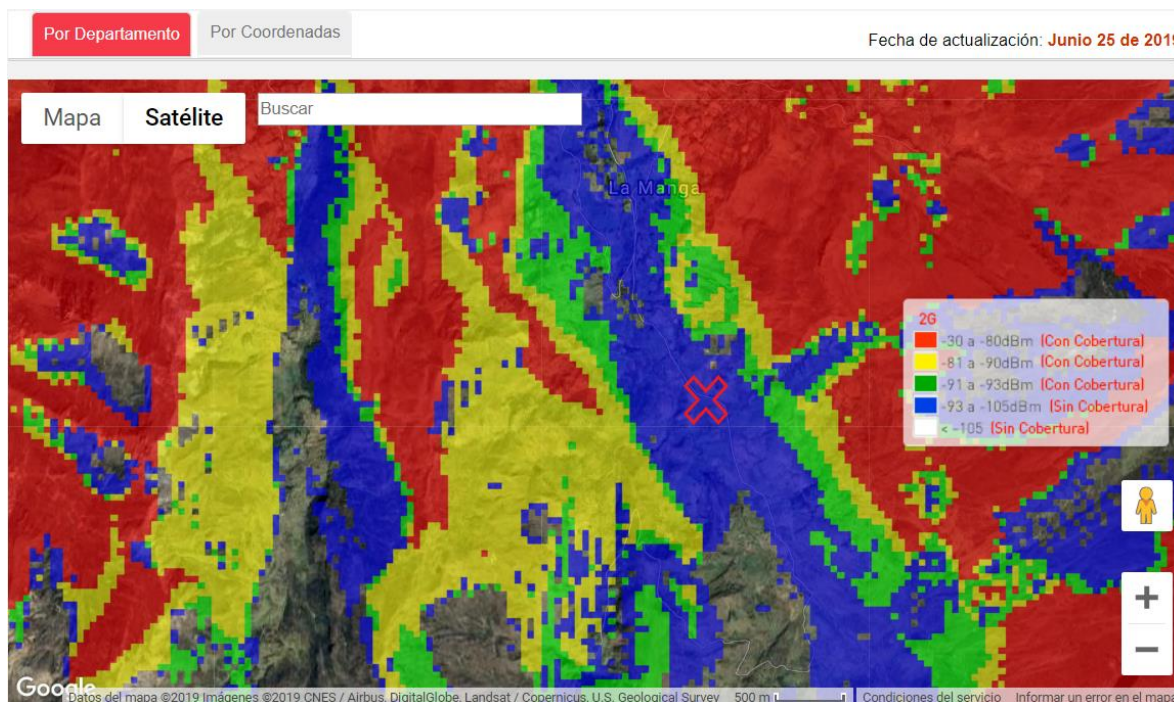


Ilustración 1 Mapa de cobertura Claro

Fuente: <https://www.claro.com.co/personas/soporte/mapas-de-cobertura/>

A partir de la problemática planteada y con la necesidad de reducción de costos, tiempos y de personal en el cultivo, para la realización del control y monitoreo del cultivo de papa en la vereda Pantano Grande del municipio del Cocuy, se plantea hacer un diseño de una topología posible de red, que supla estas necesidades, el cual además tenga características de control fácil, fácil administración e implementación y que además satisfaga los requerimientos necesarios. Todo pensando en la comunidad ya que, si se implementan sistemas tecnológicos en regiones alejadas es necesario que la comunidad sepa que beneficios traen estos tipos de inversiones y trabajos, igualmente con este trabajo se busca generar visibilidad en la región, donde más gente pondría su atención en los beneficios, los ahorros y las mejoras que este proyecto brindara a las comunidades y a la región donde se implementara todo enmarcado en un enfoque ecológico donde la solución a implementar, no afecte de ninguna manera el entorno, aún más teniendo presente el hecho que el cultivo se encuentra en una región de páramos por los que existen regulaciones en cuanto protección del territorio por lo que se necesita buscar las mejores alternativas y menos invasivas posibles.

4. PROBLEMA

4.1. Formulación del problema

¿Qué requerimientos se necesitan, para la definición del diseño de un sistema de monitoreo remoto en un cultivo de papa, en la vereda pantano grande del municipio del Cocuy en el departamento de Boyacá?

4.2. Planteamiento del problema

En la actualidad, existen muchos factores que se deben tener en cuenta a la hora de tener un cultivo y sobre todo al momento de tecnificarlos, se puede decir que el factor económico es uno de los más importantes y puede representar un problema muy grande, pero no siempre este es un factor que aplique, hay que contemplar el escenario en el cual el factor económico no es el factor más influyente, esto teniendo en cuenta que el territorio colombiano cuenta con una gran diversidad de territorios, dividida en tres grandes regiones por su relieve: las llanuras costeras ubicadas en el norte y occidente del país, el centro formado por la cordillera de los andes y sus estribaciones, y el oriente formado por planicies (Rivero & Díaz Rivero, 1998), la gran diversidad de terrenos y climas generan que los territorios en que se desea realizar cultivos (sin importar cuales), no siempre sean de fácil acceso, ya sea por sus condiciones de ubicación geográfica o por las mismas condiciones del terreno. (Castaño Giraldo & Cardona Gómez, n.d.) (Castaño Giraldo & Cardona Gómez, n.d.; Patiño, n.d.).

Para que un cultivo sea tecnificado, es necesario que se apliquen las mejores prácticas por parte del propietario o administrador del cultivo. Teniendo presente que el profesional del agro ya sea ingeniero o tecnólogo agrónomo, debe llevar a cabo sus revisiones periódicas para determinar el estado del cultivo. Para tener una gestión correcta del desarrollo de este, observando el estado de la plantación en sus diferentes etapas, llámese siembra, crecimiento, mantenimiento, cosecha y post cosecha, donde con base en su conocimiento profesional pueda gestionar, organizar y controlar la necesidad del cultivo sembrado, como el abonado, el control fitosanitario, el riego, entre otros.

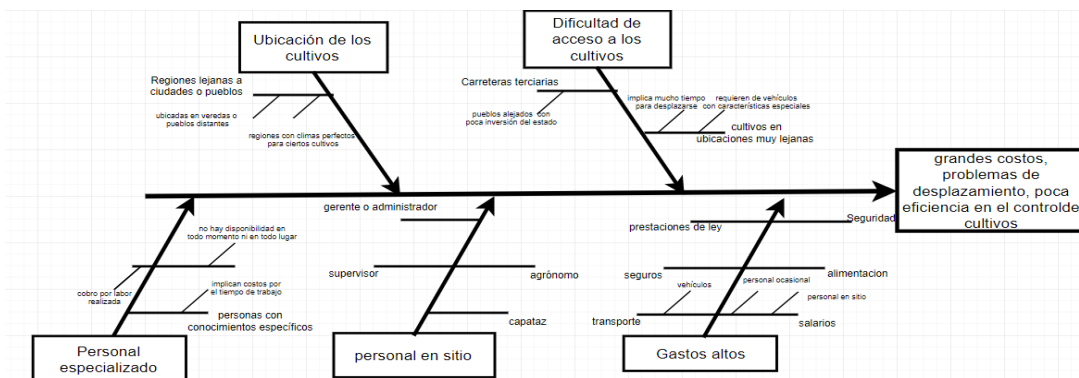


Ilustración 2 Causa-Efecto problemática
Fuente: Autor

Teniendo en cuenta todos los parámetros anteriormente mencionados y principalmente el factor del desplazamiento del personal técnico, que debe movilizarse por trayectos largos o complicados

además de periódicos, para que realicen las tareas de control. Se planea analizar la posibilidad de implementar un sistema de monitoreo de forma remota, en la vereda Pantano Grande en la zona rural del municipio del Cocuy en el departamento de Boyacá, mediante el diseño de una topología de red que buscara, entre otras, la reducción de costos de transporte de personal profesional para el monitoreo de los cultivos, la reducción de personal que se encuentre directamente en la zona del cultivo y lo más importante para las personas que deseen implementar este sistema es la reducción de tiempos para el control y vigilancia del cultivo.(Barragan, tecnica, & 2019, n.d.)

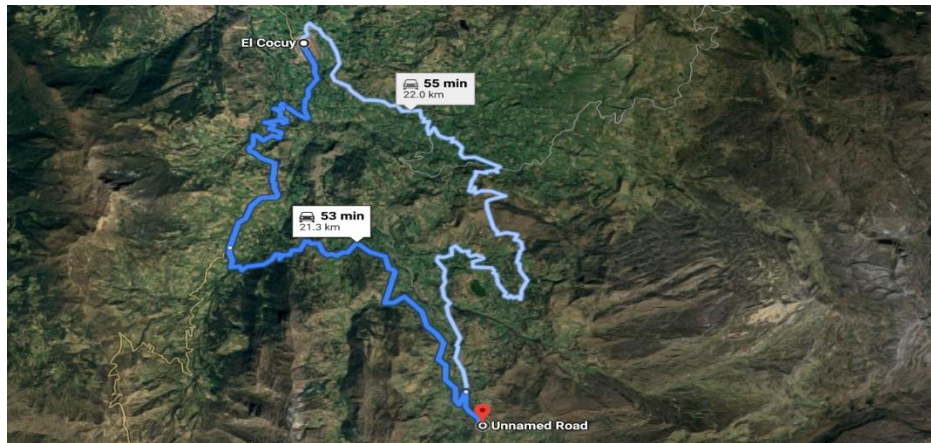


Ilustración 3 distancia El cocuy-Finca Pantano grande
Fuente: Google Maps

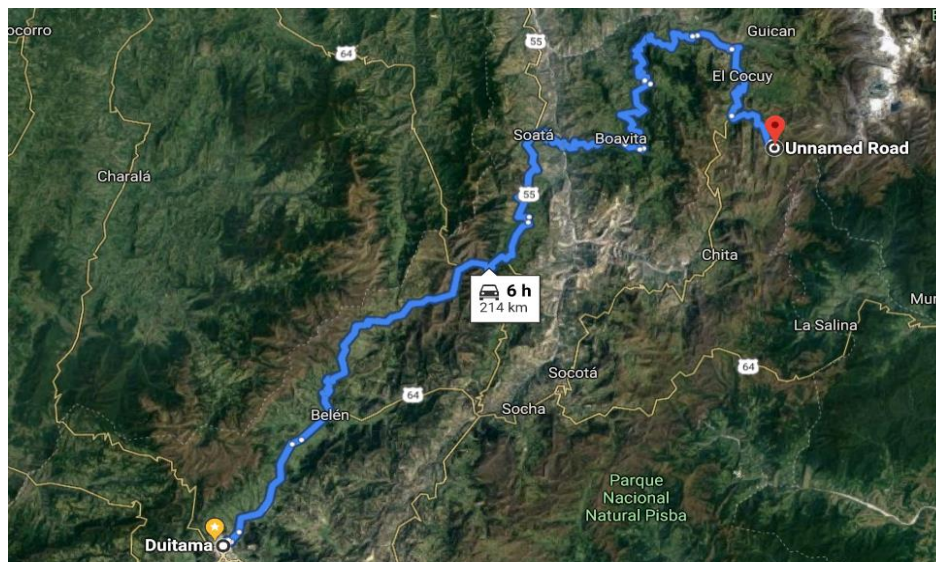


Ilustración 4 Distancia Duitama-Finca Pantano grande
Fuente: Google Maps

4.3. Delimitación del problema

Esta investigación se centrará en la creación de un diseño de ingeniería de alto nivel; En el diseño se describen los componentes principales del sistema y como interactúan entre sí, para lograr los objetivos de proveer una comunicación mediante una red inalámbrica y con posibilidad de crecimiento y escalabilidad; El cual consiste en generar una topología en la que ni se detallan especificaciones como, marcas de equipos específicos, direccionamiento de dispositivos, configuraciones de equipos ni sensores, en una fase posterior a la actual, se puede generar diseños, configuraciones, etc. de manera más detallada, con los parámetros definidos en el diseño de alto nivel para un sistema de monitoreo remoto, en un cultivo de papa en la vereda Pantano Grande en la zona rural del municipio del Cocuy, en el departamento de Boyacá, en un terreno con un tamaño aproximado de 2.000. Este proyecto definirá los parámetros iniciales para el sistema, este documento brindará las generalidades y los requisitos que se requieren para generar un diseño de bajo nivel. El cual, si proporcionara detalles de configuración, direccionamiento, disposición geográfica de la red de sensores, marcas de equipos, dispositivos, proveedores, etc. para así poder crear diseños más detallados que se acomoden a las necesidades específicas, requerimientos de servicios adicionales y documentación suficiente para la implementación posterior, todo esto con la finalidad de generar reducción de costos en el soporte por parte de personal profesional.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Diseñar una topología de red inalámbrica (WLAN) que permita dar solución al problema que acarrea mantener un cultivo a distancia, en lugares distantes o difíciles de acceder, para reducir los desplazamientos que implican movilizar personal al sitio de los cultivos.

5.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una topología que satisfaga las necesidades de monitorear remotamente un cultivo.
- Generar un diseño de alto nivel que brinde las bases para implementar este sistema en una futura etapa de implantación o fase más detallada.
- Diseñar una posible solución para poder suplir la necesidad que se presenta al realizar controles profesionales periódicos programados en un cultivo.
- Plantear un modelo de ejecución e implementación, que haga más eficiente la fase de implementación del proyecto.
- Plantear modelos de administración para la solución diseñada, con el fin de ejercer un control eficaz y gestionar de manera correcta la operación del proyecto.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Marco teórico

Desde la creación de internet y sus progresiva evolución, las telecomunicaciones vía internet han sido una herramienta fundamental para acortar distancias, acercando virtualmente a lugares que han estado alejados geográficamente, pero que gracias a las tecnologías desplegadas en las telecomunicaciones, han hecho que se pueden intercomunicar, con voz y video, a tal punto de ser necesario su implementación casi obligatoria en el mundo empresarial, donde las nuevas tendencias tecnológicas le asignan el nombre de Colaboración o Collaboration por su nombre en Inglés (Valentine, n.d.). El internet comenzó como algo tan pequeño como la comunicación entre dos dispositivos que compartían información, luego se fue expandiendo con el número de dispositivos que hacían funciones específicas, como asumir el rol de Servidor y otros como clientes además de su conocida interacción; actualmente la base del internet está compuesta por redes de dispositivos de red como dispositivos móviles, portátiles, computadores de escritorio, routers, switches, firewalls, servidores, etc.; éstos dispositivos conforman conexión de red que pueden ir desde la conexión punto a punto, hasta la conexión global de internet.

Una red WAN (Wide Área Network) es una red conformada por la interconexión de varias LAN's, en la cual el dispositivo que permite la interacción entre dos o más LAN's es un Router (Sequeira, 2013); como la conexión de redes de éste tipo, muchas veces están distanciadas y las infraestructuras de interconexión como fibra óptica o cableada aun no existen, en muchos casos se optan por realizar la adecuación de radio enlaces que permiten, mediante el uso de antenas, realizar un canal exclusivo de conexión, permitiendo el acceso a estas redes entre si mediante ondas electromagnéticas (Hucaby, n.d.)

Una red LAN, es una de las redes de telecomunicaciones más pequeña, siendo una red de área local (Local Área Network), la cual hace referencia a una red de dispositivos de red interconectados entre sí en un mismo recinto que no sale del mismo edificio o del mismo recinto mediante uno o más dispositivos de red llamado Switch (Sequeira, 2013). Con la aparición de las tecnologías inalámbricas como la RF (Radio Frecuencia), el bluetooth entre otras tecnologías inalámbricas, apareció la tecnología inalámbrica llamada WIFI, la cual permite conectar dispositivos de red mediante ondas electromagnéticas a través de NIC o tarjetas de red inalámbricas; el uso de redes LAN mediante conexiones inalámbricas WIFI, se denominan WLAN (Wireless Local Área Network), las cuales difieren de las LAN en el medio de conexión, por lo demás la diferencia superficial no de fondo (Sequeira, 2013).

El modelo de referencia OSI es un modelo propuesto por la ISO (Organización Internacional De Estándares), que se creó con la intención de unificar o estandarizar de maneja internación los protocolos utilizados en siete capas (Ver Ilustración 5 Modelo OSI), se llama OSI (interconexión de sistemas abiertos) por que tiene que ver con la conexión de sistemas abiertos, lo cual quiere decir sistemas que tienen conexión con otros sistemas de comunicación.

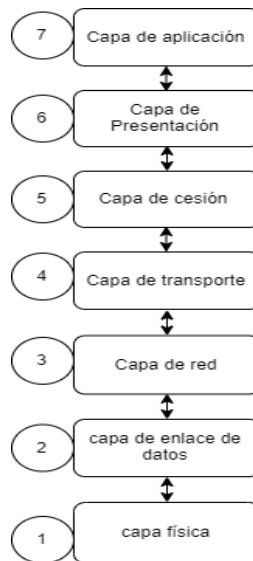


Ilustración 5 Modelo OSI
Fuente: Autor

Para realizar la conexión inalámbrica de una red WLAN, se hace el uso de dispositivos de red como el AP (Access Point), los cuales permiten principalmente la conexión inalámbrica de smartphones, portátiles, cámaras de seguridad y todos aquellos dispositivos que cuenten con una tarjeta de red inalámbrica (Hucaby, n.d.)

Gracias a las diferentes tecnologías y configuraciones que se tienen hoy en día sobre internet, se han podido establecer soluciones que han ayudado a resolver problemas en los diferentes campos de la vida cotidiana, entre ellas, la video vigilancia; ésta última hoy en día es indispensable para la seguridad y el monitoreo de infraestructuras gubernamentales, públicas, privadas, bancarias, residenciales, entre otras. Actualmente las dependencias anteriormente cuentan con CCTV (Circuitos Cerrados de Televisión) (Rodríguez Fernández, 2013), siendo la base integral para la seguridad de dichos recintos, ayudando a la prevención y vigilancia, además de entregar material probatorio en caso de que algún hecho delictivo se cometa.

6.2. Marco histórico

En el campo del agro se han venido realizando investigaciones, estudios sobre la mejora de procesos de siembra y de cosecha, mejoras relacionadas con la producción agrícola, diseño y desarrollo de infraestructura, así como de maquinaria, lo cual ha llevado a los países que la desarrollan e implementan, a tener grandes resultados en su agroindustria, como, por ejemplo, Estados Unidos, China, Australia, entre otros.

El cocuy Boyacá

El municipio se encuentra en la jurisdicción de los municipios del cocuy, Güicán, el espino, chiscas, chita y cubará (en Boyacá); Tame, Fortul y Saravena (en Arauca); y la salina y Sácama (en Casanare), por sus características de geografía teniendo en cuenta que municipio se encuentra en la cordillera oriental y por sus condiciones de la altura entre los 2200 y los 4200 m.s.n.m. hacen que su economía se base en las actividades agropecuarias, las cuales se dedican a la producción de papa principalmente y también la ganadería, estas dos son las principales actividades económicas

que predominan en el municipio centrando la producción de papa en las veredas de Cañaveral, Palchacual, Primavera, Carrizal y Mortiño, situando la producción de este producto por encima de los 3000 m.s.n.m. y con pendientes superiores al 20%.

En cuanto a las vías de comunicación se llega desde el centro del país, existen diferentes vías, pero la consideración principal para su acceso depende del estado de las mismas, un desplazamiento normal en vehículo particular desde la ciudad capital dura alrededor de 8 horas si se viaja en flota el recorrido puede tardar entre 10 y 12 horas. (Lyda Amarillo, 2018)

El termino Greenhouse o Invernadero es designado para el desarrollo de un cultivo o plantación en un ambiente cerrado y controlado, en éste recinto se tiende a manejar las diferentes variables que pueden o no afectar a un cultivo; los invernaderos en Colombia y en otras partes del mundo son utilizados para proteger las diferentes plantas del cultivo de los diferentes factores ambientales que pueden llegar a afectar la plantación, como por ejemplo el Tomate, para el cual se debe tener un cuidado especial, debido a que puede ser muy frágil en todas las etapas de su producción, como la siembra, el desarrollo y la producción, siendo el clima y la humedad principales factores que impiden o ayudan al correcto desarrollo. El uso de tecnologías en los Invernaderos o Greenhouse ha llevado a que se desarrollen modelos de monitoreo de variables, donde mediante diferentes sensores, se pueden medir variables como luz, humedad, temperatura y el contenido volumétrico de agua en el suelo (Cama-Pinto, Gil-Montoya, Gómez-López, García-Cruz, & Manzano-Agugliaro, 2014).

Para cultivos como la Stevia, en sistemas hidropónicos, se han venido aplicando soluciones de control y monitoreo, mediante éste método, se han puesto en consideración las diferentes variables que hay que tener en cuenta para que el cultivo se desarrolle de una forma exitosa y para que las plantas tengan, no solo un crecimiento sano, sino también una producción que ayude con el fin para el cual se ha realizado la plantación (Ossa, Montoya, & Velasquez, 2017)

Aprovechando una tendencia tecnológica IoT (Internet of Things) y cambiándola con otras tendencias como el Cloud Computing, el Big Data y las tecnologías Móviles, se ha desarrollado una tecnología llamada ICBM, la cual ha sido implementada en una “Granja Inteligente”, aprovechando la unión de éstas tecnologías, pero no solo usando la conexión inalámbrica para recopilar datos, como la humedad, la temperatura, la luz entre otros, sino también realizando procesos eficientes en el consumo de energía mediante el uso de las IoT en la topología de red (Lee, Kim, & Yoe, 2019).

La implementación de sensores en invernaderos, han permitido realizar la administración y el monitoreo de variables en los cultivos, como los ya mencionados anteriormente, sin embargo también se ha permitido realizar seguimiento al desarrollo y crecimiento de las plantas, realizando el seguimiento de la radiación solar y la entrada de CO₂ al invernadero (Ehret, Hill, Helmer, & Edwards, 2011). La medición del CO₂ es muy importante para el desarrollo de las plantas en cualquier cultivo, especialmente si éste se desarrolla en un ámbito cerrado como un invernadero o Greenhouse, para estas mediciones se han venido implementando topologías con sensores de conexión inalámbrica o WSNs (Wireless Sensor Networks) (Bai, Wang, Zou, & Alsaadi, 2018), la medición de éste factor ambiental, es relevante para las diferentes etapas del cultivo, de ahí que se hayan realizado estudios sobre el control y la disposición de éste gas en cultivos bajo invernadero (Bai et al., 2018).

6.3. Marco conceptual

Un Switch o conmutador es un dispositivo que hace parte de la capa 2 del modelo OSI, el cual permite establecer una conexión entre dos o más dispositivos activos de una red en una LAN, se podría decir que es la base fundamental de una LAN(Sequeira, 2013).

El Router es un dispositivo de Capa 3 del modelo OSI, el cual permite la interconexión de varias LAN o WAN, conformando así una WAN, estos dispositivos son fundamentales para el enrutamiento de paquetes de datos en los diferentes destinos de la red; éstos dispositivos son la base fundamental del internet, ya que permiten conectar las diferentes tipos de redes que existen, creando así una red enorme o una red de redes (Sequeira, 2013). Para tener un nivel de seguridad en el acceso a las LAN o a las WAN, dependiendo de la situación y de la topología, se agregan en el borde de la topología de red, un dispositivo de seguridad llamado Firewall, el cual realiza el control del acceso a las redes, mediante diferentes métodos de acceso , como los son , listas de acceso, bloqueo de puertos, VPN's, autenticación, certificados de seguridad entre otros (Santos & Stuppi, n.d.).

Una WSN es una red compuesta por una serie de sensores inalámbricos autónomos en cierta medida, que mediante la posibilidad que brinda la tecnología de sistemas microelectrónicos, las comunicaciones la electrónica digital, permite la comunicación entre estos dispositivos y compartir la información que ellos recopilan mediante enlaces si necesidad de cables, estos datos que se comparten se envían a través de múltiples nodos con una puerta de enlace y estos a su vez se pueden conectar a otras redes.(Akyildiz, Su, Sankarasubramaniam, & Cayirci, 2002; Barragan et al., n.d.; "Introduction to Wireless Sensor Networks Types and Applications," n.d.).

Enlaces de radiofrecuencia

Los radioenlaces son aquellos enlaces en los cuales el medio de transmisión para la información son las ondas electromagnéticas. Estas ondas tienen las siguientes características: (Angel Caffa, 2016; "Radio Enlace - ¿Que es un Radioenlace? - Radiocomunicaciones," n.d.).

- Fáciles de generar
- Viajan grandes distancias
- Son omnidireccionales
- No es necesario alinear con cuidado emisor y receptor
- Se ven afectadas por motores y otros equipos eléctricos
- Ofrecen un ancho de banda bajo

Los enlaces de radiofrecuencia tienen las siguientes características:

- Se dan en el rango de frecuencias de los 2 a 40 GHz
- Corresponden a longitudes de onda de entre 15 y 0.75 cm.
- A estas frecuencias, las ondas se pueden transmitir con poca dispersión, con el uso de antenas parabólicas.
- Se usa entre puntos separados por distancias no mayores a los 100 Kms.
- Debe haber visibilidad directa entre los puntos.
- Emisor y receptor deben estar alineados.

- El ancho de banda es del orden de las decenas a los cientos de MHz.
- La lluvia absorbe las ondas.

Enlaces satelitales

Los enlaces satelitales son una excelente opción en territorios en los cuales su acceso es difícil debido a su geografía o su ubicación específica, existen territorios en los cuales por cuestiones de protección ambiental no es permitido la instalación de torres de comunicaciones por lo que llegar a través de otro medio como radios, fibra, etc. Sería imposibles. Los enlaces satelitales tienen las siguientes características:

- Desde el punto de vista de la banda de frecuencias, son enlaces de microondas.
- La particularidad es que, al usar un satélite artificial como repetidor, permite superar las limitaciones de distancia de dichos enlaces.

Los enlaces pueden ser punto a punto, o pueden ser punto-multipunto(Angel Caffa, 2016). Una topología es la disposición que tienen los dispositivos en una red incluyendo sus nodos y líneas de conexión, existen diferentes tipos de topologías entre ellas la topología estrella, topología bus, topología anillo, topología de malla topología de árbol. La topología lógica de una red local define la manera como se conectan las estaciones que la forman al medio de transmisión. hay redes cableadas y redes sin hilos, en las redes sin hilos o inalámbricas el medio de transmisión es el aire o el vacío, y por lo tanto parece difícil poder hablar de topología.(Margaret Rouse, n.d.).

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada en la que a partir de un problema que está establecido por el autor y en conocido por quienes participan, se utiliza la investigación para dar respuesta a una serie de interrogaciones definidas con base en el conocimiento previo el cual se adquirió durante el proceso de formación profesional en la carrera, aplicando los conocimientos específicos de la línea de comunicaciones y los conocimientos adquiridos en la especialización en gestión de redes de datos sobre la gestión, la planeación y la ejecución de proyectos.

7.2. Muestra o población

La población seleccionada para la implementación de esta investigación fue una finca en la vereda Pantano Grande en el municipio del Cocuy en el departamento de Boyacá, en un cultivo de papa con una extensión aproximada de 2.000 m^2 .

7.3. Método de investigación

Esta investigación corresponde a una de tipo Hipotético-deductiva (“Metodología De La Investigacion: TIPOS DE INVESTIGACION Y DISEÑO DE INVESTIGACION,” n.d.) ya que a partir de un caso conocido por el autor y colaboradores se genera una hipótesis que es el caso de estudio, de esta hipótesis se generan una serie de deducciones a consecuencia del conocimiento previo de quienes participan en la investigación y mediante la utilización de este conocimiento y la experiencia propia se puede llegar a una conclusión final que da la respuesta a la hipótesis y cumplimiento a los objetivos planteados.

Debido al tipo de investigación y el entorno en que se desarrolla la investigación, se obliga e incita a la utilización de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera profesional en campos como la electrónica y las comunicaciones, dando un enfoque especial en las comunicaciones, realizado un diseño de topología de red, el cual pueda ser implementado en el campo del agro y que pueda ser acoplado a una red de sensores, propiciando a que sea una red escalable, confiable y de fácil implementación.

Para la ejecución de este proyecto se plantean las siguientes fases: comenzando por la fase de identificación del terreno, en la cual se hará un relevamiento de las características del terreno la ubicación, características del terreno y los desplazamientos actuales que el personal realiza actualmente etc. En la segunda fase del proyecto se definirán las características del acceso a la red, en donde se definirá la mejor alternativa de conectividad en la región, teniendo en cuentas las características tan complejas de la ubicación. En la tercera etapa del proyecto se definirán las características del diseño, las variables del cultivo, los elementos que componen la solución y la relación entre estos para la posterior integración de estos y generar el diseño final. En la cuarta etapa se propondrá la alternativa para el suministro energético para el sistema, esta solución tendrá con la intención principal de generar un impacto positivo, en el medio ambiente, con algún tipo de

energía que sea no invasiva para la región y con características de energía renovables amigables con el medio ambiente. En la quinta etapa se diseñará la topología integrando todas las soluciones definidas en las etapas previas, para definir el modelo general de la solución. En la sexta y última etapa se definirán los modelos de implementación, ejecución y operación del sistema que darán las herramientas y procedimientos requeridos para que el proyecto se ejecute de la manera más eficaz y genere el menor impacto negativo y la gestión del proyecto sea la mejor con la menor cantidad de recursos humanos posibles y esta etapa dará fin al proyecto.

8. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

8.1. Geografía:

La finca se encuentra ubicada en la vereda Pantano Grande del municipio del Cocuy en el departamento de Boyacá, en las coordenadas 6°19'02.8"N 72°24'38.3"W la finca está a una altitud aproximada de 3600 m.s.n.m., y cuenta dos terrenos uno al lado del otro el terrenos principal tiene una extensión de $184991.37m^2$ y el segundo terreno tiene una extensión de $85748.90m^2$, la finca está ubicada a una distancia aproximada de 22,4Km del casco urbano del municipio del Cocuy según la Aplicación Google earth, la finca está ubicada en una región montañosa y muy cerca de la Sierra Nevada de El Cocuy, Güicán de la Sierra y Chita, por lo que se encuentra en una zona de paramo y en la extensión de la finca su mayoría es riscos y peñas, por lo cual la finca no tiene extensiones planas de gran tamaño, su extensión es muy irregular, en la Ilustración 6 se muestra el punto de las coordenadas en donde se encuentra la casa que corresponde a la finca.

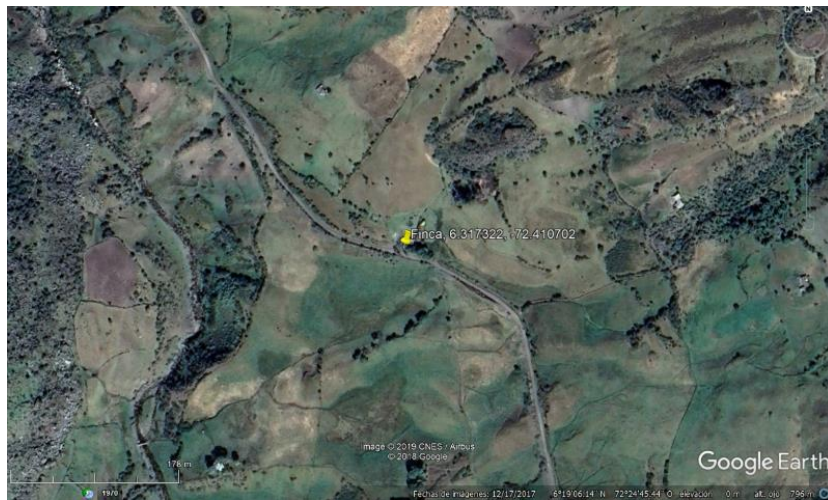


Ilustración 6 Ubicación de la finca.

Fuente: Google maps

8.2. Desplazamiento:

Para poder llegar a la ubicación de la finca en mención, se tuvo en cuenta los desplazamientos desde tres ciudades distintas, además de tener en cuenta que desde el casco municipal el desplazamiento a la finca es de aproximadamente una (1) hora, esto a través de carreteras terciarias, y en su totalidad no se encuentran pavimentadas, este desplazamiento se realiza normalmente por la ruta que se muestra en la Ilustración 7.

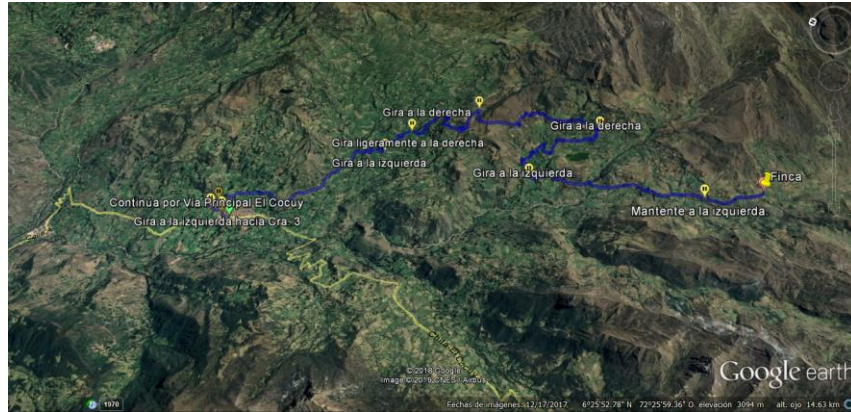


Ilustración 7 Ruta hacia la finca desde el municipio del Cocuy.

Fuente: Google maps

Para poder llegar a la finca obligatoriamente se debe llegar al casco urbano del municipio del Cocuy, para tener una idea de los desplazamientos, se tomaron como referencias los desplazamientos desde las ciudades de Duitama, Tunja y Bogotá D.C. a continuación se muestra cómo se realiza normalmente el desplazamiento en cuanto a distancias y tiempos desde cada una de las ciudades anteriormente mencionadas.

Desplazamiento Duitama-El cocuy

Desde la ciudad de Duitama hasta el municipio del Cocuy, hay una distancia de 192 Km la cual se recorre en un promedio de 5 horas como se muestra en la Ilustración 8 este trayecto pasa por un total de 10 municipios y en el trayecto, se pasan por diferentes alturas en el punto más alto se encuentra entre el municipio de Belén y el municipio de Susacón en una región de paramo con una altura de 3415m.s.n.m. y en su parte más baja del recorrido alcanza una altura de 1368 m.s.n.m. entre los municipios de Soatá y Boavita pasando por el rio Chicamocha esto hace que el desplazamiento presente condiciones difíciles para los conductores.

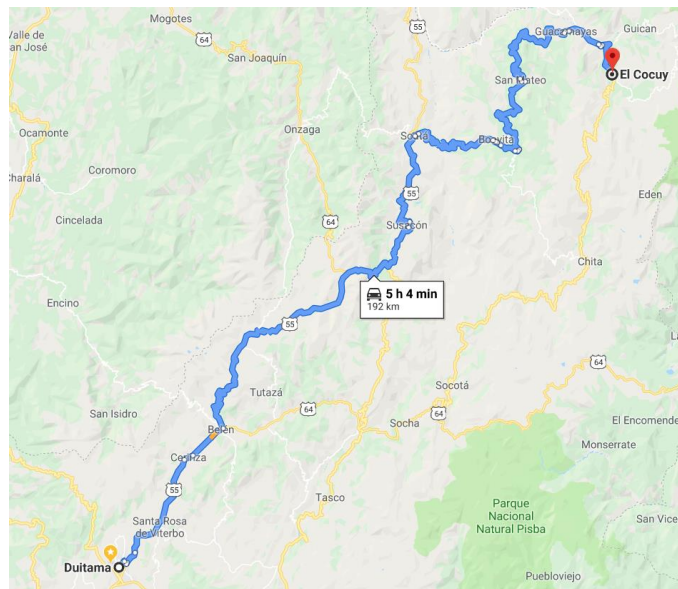


Ilustración 8 Ruta desde la ciudad de Duitama Hasta el Cocuy

Fuente: Google maps

Desplazamiento Tunja-El cocuy

La distancia entre la capital del departamento de Boyacá y el municipio de El Cocuy, es de 245 Km los cuales se recorren en un promedio de 6 horas, esto en las mejores condiciones, además de que en el trayecto se debe pasar por un peaje entre las ciudades de Tunja y Paipa, lo cual representa costos adicionales en el desplazamiento.

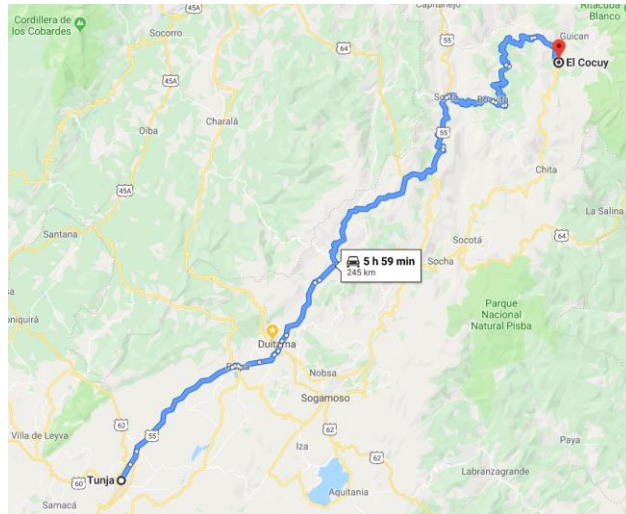


Ilustración 9 Ruta desde la ciudad de Tunja Hasta el Cocuy

Fuente: Google maps

Desplazamiento Bogotá-El cocuy

La distancia entre la ciudad capital y el casco urbano del municipio del Cocuy es de 384 Km que en promedio se puede demorar en recorrer este trayecto un tiempo de entre 7 horas y media a 8 horas y media, dependiendo de condiciones como el clima, el tráfico y las condiciones de la carretera, y también la cantidad de 4 peajes en la totalidad del trayecto.

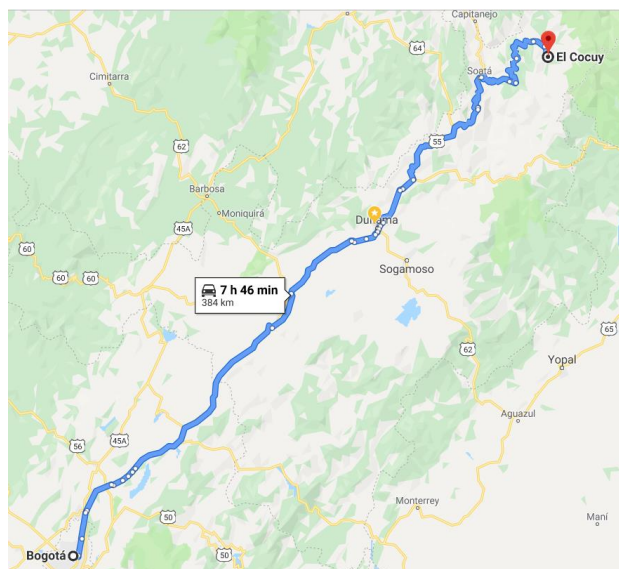


Ilustración 10 Ruta desde la ciudad de Bogotá Hasta el Cocuy

Fuente: Google maps

8.3. Terreno

Finca

Después de hacer una visita a la finca se determinaron las coordenadas del contorno de la finca, lo cual permitió generar un contorno de la misma, las áreas de los dos terrenos que componen la totalidad de la propiedad, adyacentes uno al otro con un área de 85.748.90 m² de un terreno y 184991.37 m² del otro terreno, como se muestra en la Ilustración 11, en la cual se puede observar el detalle de las características de la finca, en la ubicación señalada en el centro de la Ilustración es en donde se encuentra ubicada la casa.

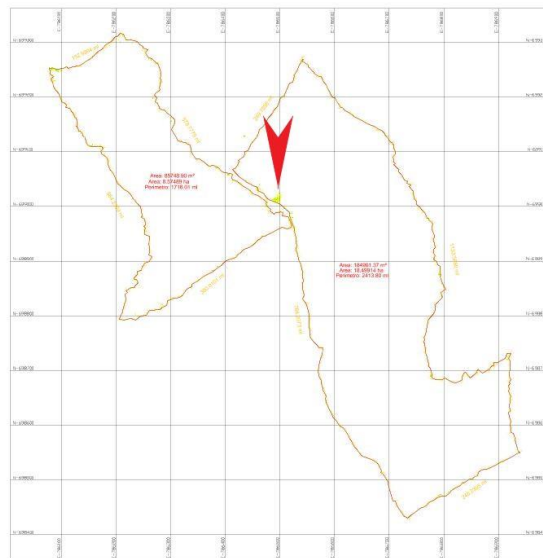


Ilustración 11 Área total de la finca
Fuente: Autor

Área de cultivo

A pesar de las dimensiones completas de la finca, por sus condiciones de ubicación y como se resaltó anteriormente, teniendo presente que se encuentra en la ladera de la montaña, el área para cultivo real es más reducida y se encuentra seccionada y diferenciadas en las partes en las que es más fácil cultivar, estos terrenos se encuentran distribuidos como se ve en la Ilustración 12, por lo que al momento de hacer los diseños, esta es una característica que se debe tener en cuenta para realizar un diseño óptimo que cubra de manera más eficiente, las zonas de trabajo.

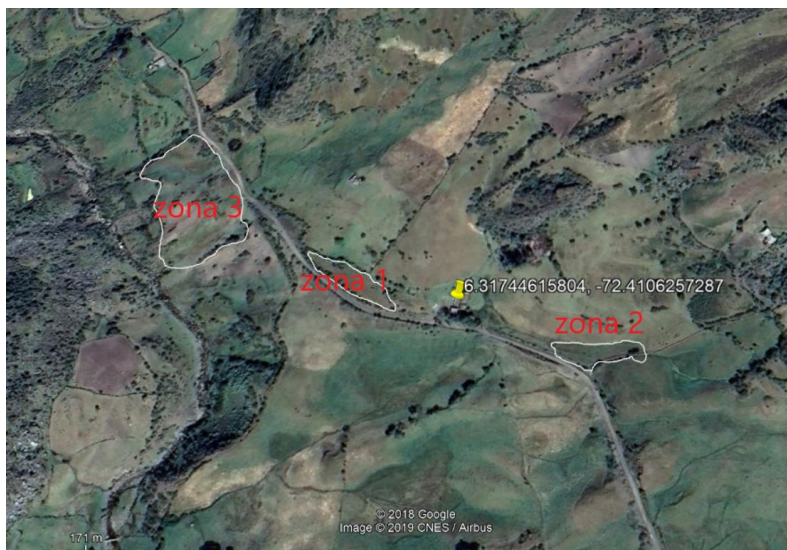


Ilustración 12 Zonas de cultivo
Fuente: Google maps

Como se puede ver en la delimitación de la ilustración, la finca actualmente tiene destinadas para cultivo 3 zonas diferentes, la zona 1 que queda justo frente a la casa, la zona 2 en la parte anterior de la casa y la zona 3 que se encuentra más distante a la casa, es también la zona más grande, pero de igual manera es la que tiene condiciones de terreno más complicadas ya que se encuentra en el borde de la carretera y termina casi a la orilla del río, además de esto está en una zona un inclinada, por lo que representaría un reto mayor en la implementación del sistema de monitoreo. La zona 2 es una ubicación muy buena en cuanto al terreno está ubicada en una zona llana y tiene una buena extensión de tierra aproximadamente de 4000 m^2 , el inconveniente de este terreno está en la ubicación con respecto a la casa ya que en la parte posterior de la casa hay un pequeño cerro, por lo que implicaría que se tendría que adquirir infraestructura adicional para tener línea de vista entre el punto de acceso y los elementos que componen la red.

La zona 1 de cultivo tiene un área aproximada de 2049 m^2 , estas medidas son aproximadas pero muy cercanas a la realidad, otro parámetro importante de esta zona es que se encuentra frente a la casa con línea de vista, además se encuentra casi en su totalidad en terreno plano y es la más óptima para cubrir con una red de cámaras, sensores y demás equipos necesarios para el proyecto, sin la necesidad de adquirir infraestructura adicional, por lo que esta zona es la que se escoge para hacer los diseños.

8.4. Variables de medición y análisis

Para un cultivo de papa, se deben tener controlados parámetros esenciales para que el cultivo se encuentre saludable variables importantes, con mediciones y controles del clima y del suelo, como la precipitación, viento y radiación solar, parámetros como la humedad, la temperatura (Zuñiga Chila, Morales Espinoza, & Estrada Martínez, 2017), estos y otros parámetros son importantes para tener bajo control con mediciones constantes y con controles periódicos del terreno, además de tener una posibilidad muy importante como lo va a ser la capacidad de poder observar el cultivo en tiempo real y mantener un registro de imágenes de la evolución del cultivo.

8.5. Acceso a la red de proveedores

Como se mencionó a lo largo del documento, la ubicación de la finca es en una región de paramo y cerca de la Sierra Nevada de El Cocuy, Güicán de la Sierra y Chita en una región de paramos los únicos medios de acceso factibles para la ubicación son radioenlaces o enlaces satelitales, descartando medios cableados como la fibra óptica o tecnologías de comunicaciones masivas como los servicios que se brindan en ciudades, como paquetes de televisión, telefonía o internet banda ancha, de hecho en la finca se cuenta con servicio de televisión, mediante tecnología satelital que proporciona el proveedor DirecTV.

Acceso mediante radio enlace

Para la instalación de un enlace de radio en el sector, se puede instalar los equipos necesarios en la torre de repetición más cercana, en este caso específico se encuentra ubicada en el cerro de Mahoma, localizado en las coordenadas 6°22'21.7"N, 72°28'38.7"W (6.31744615804, -72.4106257287), a una altitud de 2114 m.s.n.m. siendo esta torra la que brinda las mejores posibilidades para poder posicionar un nodo de repetición que pueda dar cubrimiento hasta la ubicación de la finca.

A continuación, se muestran las simulaciones realizadas desde el cerro de Mahoma, hasta la ubicación de la finca, realizados con la herramienta Radio Mobile en las Ilustraciones 13 y 14, para la simulación se utilizó las características de un radio NetMetal 5 con una potencia de transmisión (Tx) de 1.3W y con una antena UBIQUITI el modelo rocketDish-5G30, con una frecuencia de trabajo mínima de 4920Mhz-6000Mhz, todo con fines de simulación únicamente.

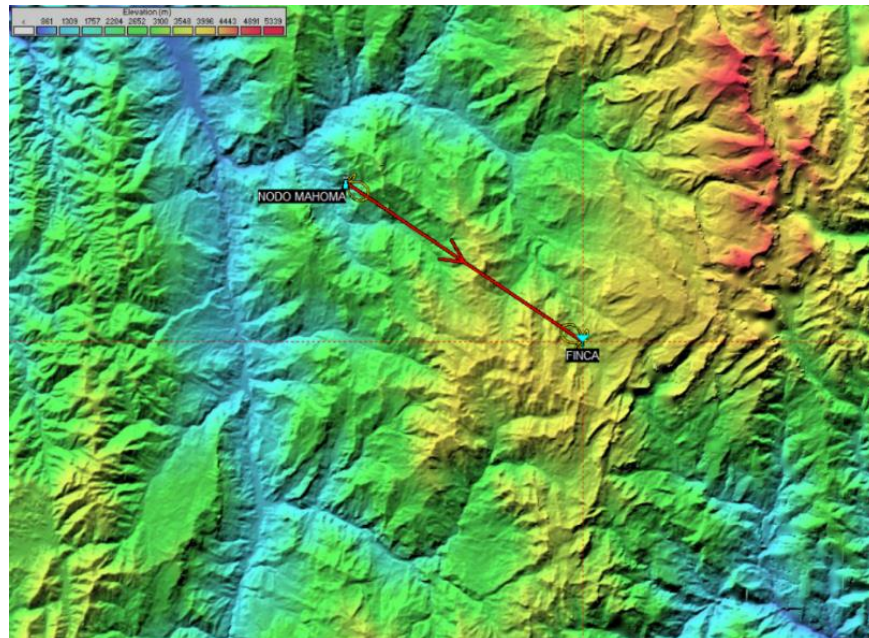
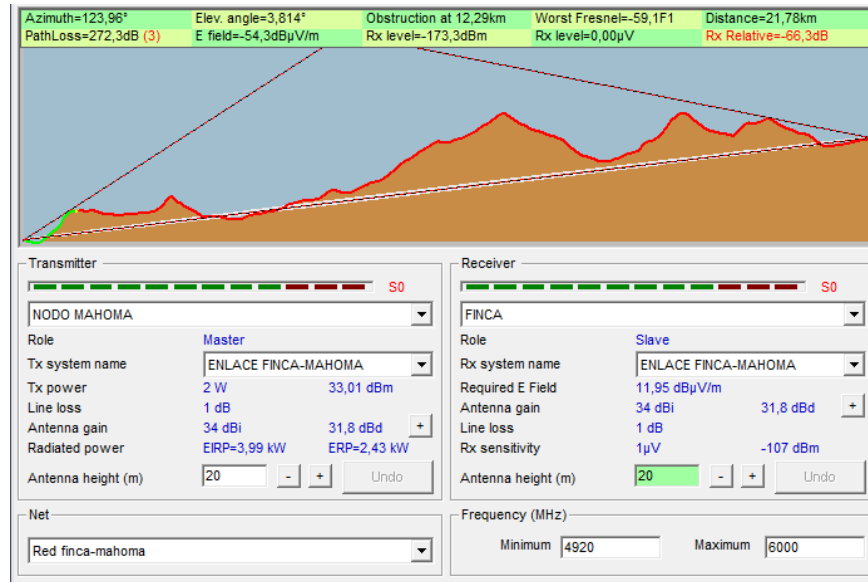


Ilustración 13 Simulación Radio enlace
Fuente: Autor



*Ilustración 14 Resultados de propagación.
Fuente: Autor*

Acceso mediante tecnología satelital

Para brindar una solución de conectividad satelital, actualmente en el país han ido en aumento los proveedores de soluciones satelitales, como se mencionó en la región el proveedor de televisión DirecTV brinda servicios en la región, pero para servicios de internet, hay una variedad de proveedores que brindarían esta facilidad en el punto específico de la propiedad, algunos proveedores prestadores de servicios de internet satelital son:

- Hughesnet
- Axesat
- Skynet

Estos son algunos de los proveedores que brindar servicios de internet satelital en el país lo cual brinda cobertura en donde los otros proveedores y tecnologías como ADSL, por cable o fibra óptica.

8.6. Solución de monitoreo

Para el sistema de monitoreo remoto se requiere un sistema de video, el cual servirá como sistema de supervisión para el personal profesional, el cual le servirá para ejercer un control visual de la evolución del cultivo, así mismo servirá como herramienta de seguridad y también una red de sensores para la zona de cultivo que censaran las variables que el especialista considere necesarias para monitorear, las variables requeridas se detallaran más adelante, estos dos sistemas de implementaran en la zona la cual comprende un área de 2000 mts² (la solución se puede replicar en cualquier terreno de mayor o menor extensión), para atender este requerimiento se realizará la planeación estimada inicial, con un total de 5 cámaras, para la posterior instalación y puesta en marcha de los equipos correspondientes al sistema.

Descripción técnica

La solución consiste en el diseño de la topología para que, en una fase posterior, se pueda realizar la instalación, configuración y puesta en marcha del sistema para la zona del campo que se va a cultivar.

Para la zona 1 de cultivo, se implementará un sistema de comunicación inalámbrico, necesario para el funcionamiento correcto del sistema de video y de sensores. En los casos donde no sea propicio la conexión por cable (alámbrica) de los sistemas de cámaras para la transmisión de imágenes o de datos y se requiera la implementación de una red inalámbrica. La red inalámbrica de transmisión de imágenes debe componerse de un sistema de acceso inalámbrico fijo, punto-multipunto (PMP), el cual interconecta a cada uno de los puntos de captura de imagen y se recolecte la información en el terreno del cultivo.

Para el sistema de Video y sensores se proponen la siguiente distribución respectivamente:



Ilustración 15 Distribución de equipos de monitoreo
Fuente: Autor

Zona de cultivo para monitoreo

La distribución del sistema de video y red de sensores se compone de un circuito cerrado de televisión (CCTV), compuesto por cámaras fijas tipo bala exterior o cámaras Pan tilt zoom (PTZ), la distribución de las cámaras se enfoca en cubrir las zonas críticas del cultivo que puedan brindar la mejor y mayor cantidad de información a la persona que requiera de esta información y de las imágenes del terreno, ya sea en tiempo real o mediante un respaldo de información que se almacenaría en un espacio dedicado a almacenar la información con un rango de periodicidad que cumpla las necesidades.

Teniendo en cuenta las necesidades mencionadas anteriormente, las cámaras se distribuyen de la siguiente forma:

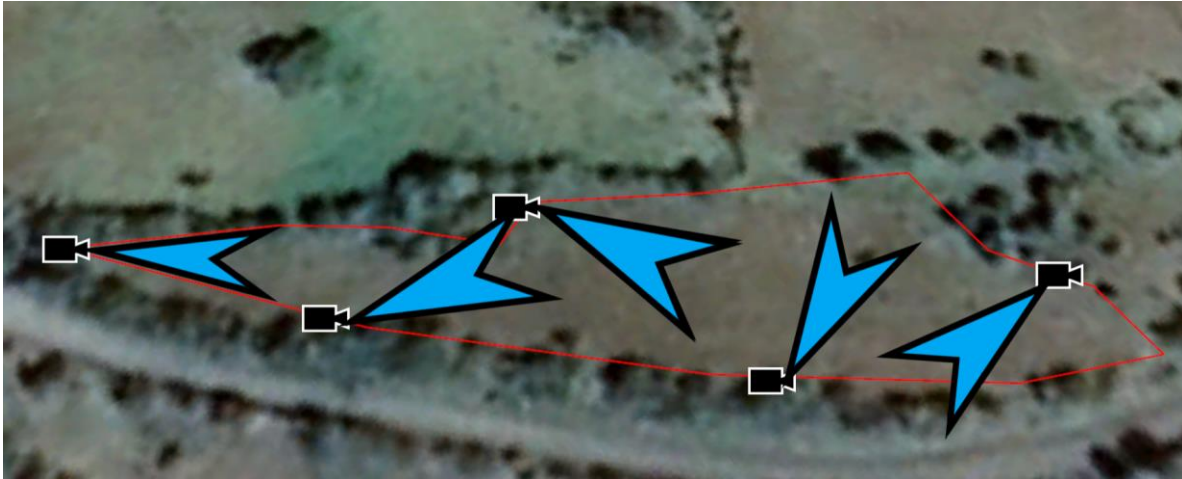


Ilustración 16 Distribución de cámaras en el terreno de cultivo
Fuente: Autor

Las cámaras que se instalarán pueden ser cámaras tipo bala o PTZ.

- Cámaras tipo bala: este tipo de cámaras son estupendas para este tipo de aplicaciones en exteriores, tienen una carcasa que puede ser de metal o plástica para proteger el lente de las condiciones adversas del clima como la lluvia el viento o algún objeto extraño que la pueda impactar, estas cámaras cuentan con opciones de alimentación power over ethernet (PoE) la cual le permite ser alimentada por el mismo puerto que se conecta a la red, ya sea un Router o switch o Access Point WiFi, entre otros. Algunas desventajas de este tipo de cámara son la visibilidad y la deficiencia en el audio si es que se requiere, pero por otro lado son cámaras con buena resolución de imagen, ideales para trabajar en lugares con baja iluminación y resistencia al agua.



Ilustración 17 Cámara tipo bala
Fuente: <https://www.pcdigital.com.mx/c%C3%A1mara-tipo-bala-dahua-hfaw1200rnf-hdcvi-1080p-ip66>

- Cámara PTZ(PAN-TILT-ZOOM):la principal ventaja de las cámaras PTZ es que pueden rotar en dos ejes, tienen posibilidad de acercamiento o alejamiento de la imagen para enfocar un objeto o imagen, se pueden programar determinadas zonas de movimiento de la cámara para hacer barrido sobre el terreno, por lo que facilitaría el tener una visión más completa del terreno, el principal inconveniente de estas cámaras no está en su

funcionalidad sino en su costo, debido a las características de las cámaras PTZ es muy costoso adquirirlas.



Ilustración 18 Cámara tipo PTZ.

Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Axis_214_PTZ_Camera.jpg

Para el proyecto en específico se utilizarán cámaras tipo bala ya que se fijará una región específica que cubrirá una región de interés y se fijaran en esta posición, si se quisiera implementar cámaras como las PTZ la distribución planteada debería cambiar teniendo ahora las funcionalidades adicionales que estas cámaras disponen, y tendrían un cubrimiento incluso de 360° lo que podría optimizar el número de cámaras necesarias y el terreno cubierto, pero implicaría más costos al proyecto.

Sensórica

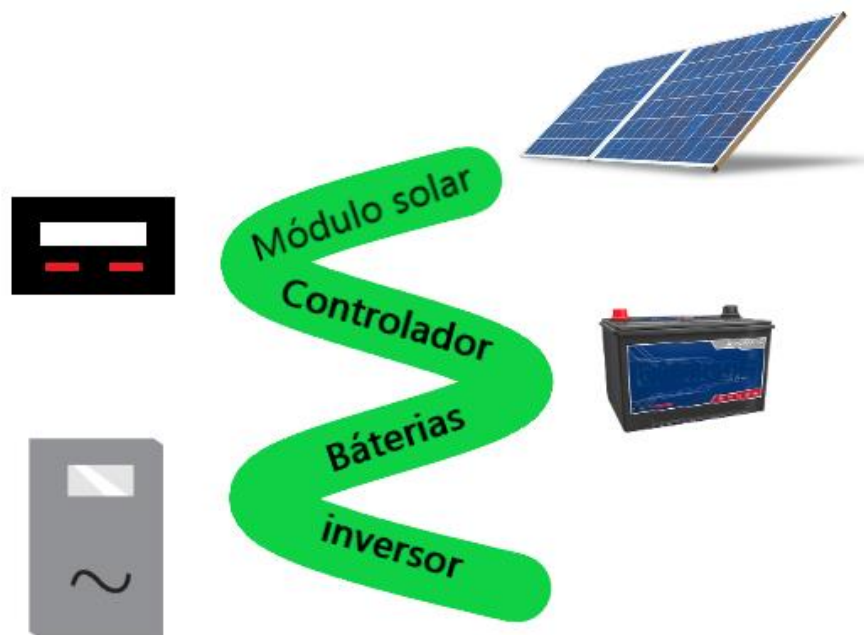
La red de sensores utilizada en el cultivo tiene que suplir las necesidades básicas para mantener el cultivo en buen estado, parámetros a medir como la temperatura, la humedad, la pluviosidad, el PH, el viento, etc. La temperatura es un parámetro, cuyos valores se deben registrar y controlar ya que, si se presentan cambios drásticos, puede generar afectaciones en el cultivo, en especial en la zona del cultivo y considerando que para cultivos de papa las temperaturas que mejor propician a un mejor cultivo son entre los 10°C y los 30°C y es importante mantener un registro de la temperatura del suelo ya que si se presentan temperaturas inferiores a los -2°C el cultivo se puede helar y morir y más teniendo presente que en el cocuy se presentan temperaturas promedio por lo general muy cercanas a los límites inferiores entre los 5°C y los 15°C, la humedad es un factor crítico ya que se debe garantizar una distribución uniforme a lo largo del cultivo, si se mide y se controla adecuadamente permite controlar de manera precisa el sistema de riego del cultivo en combinación con la pluviosidad que también podría llegar a medir dependiendo las condiciones del cultivo y la temporada del año en que se realice la siembra ya sea el primer semestre o el segundo del año, que son los que normalmente se utilizan, para ahorrar recursos y aprovechar las lluvias de la temporada en promedio se recomienda rangos entre los 600 y los 1000 milímetros por ciclo de producción, en la región se tienen registros de alrededor de hasta 8,2 meses con precipitaciones y con un promedio de 152 milímetros de precipitaciones y es muy importante controlar la humedad tanto del suelo como del aire previenen que el cultivo se llegue a enfermar.(Zuñiga Chila et al., 2017). el otro parámetro importante que ayuda a potenciar el crecimiento y producción es el PH del terreno, para el caso de los cultivos de papa se deben manejar

márgenes entre los 5,5 y los 7,0 en terrenos con baja salinidad, lo cual ayuda a optimizar la adición de nutriente en el terreno, otro parámetro importante que se debe medir es la velocidad del viento ya que si esta velocidad supera los 20Km/h podría generar daños en las plantas y generar reducciones en el rendimiento del cultivo, en la región del cocuy el promedio anual de la velocidad es de alrededor de los 11Km/h, existe otra cantidad de sensores que se pueden utilizar en el control del cultivo.(“Clima promedio en El Cocuy, Colombia, durante todo el año - Weather Spark,” n.d.)

Sin importar que Sensórica se utilice en el cultivo es importante que se garantice que los sensores a implementar tienen que cumplir con ciertas características importantes y mínimas para esta implementación, la más importante es que sean gestionable mediante IP, o de lo contrario hacer una recolección de los datos manualmente, por alguien en el cultivo y transmitirlos vía internet al profesional del agro que lo requiera, el método de alimentación de los sensores es un parámetro importante, ya sea un sensor inalámbrico o cableado, el factor de alimentación está controlado a través del diseño propuesto y la solución de alimentación para todo el sistema, puede brindar la energía para los mismos.

8.7. Sistema de alimentación

Para el suministro de energía del sistema, tanto de las cámaras de video como para los sensores se propone una solución de energía solar, la cual está conformada por un módulo solar, un controlador un módulo inversor y un banco de baterías como se muestra en la Ilustración 19.

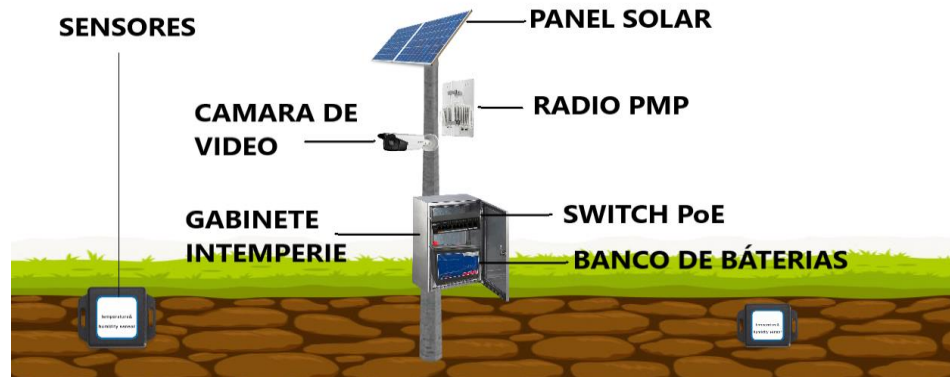


*Ilustración 19 Sistema de alimentación solar
Fuente: Autor*

- **Modulo solar (Panel solar):** este es el equipo encargado de recibir la radiación solar y hacer la conversión de energía calórica a energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico.
- **Regulador de carga:** este componente es el que se encarga de administrar de forma eficiente la energía que va hacia las baterías, lo cual permite aumentar la vida útil de estas, haciendo más eficiente el sistema.
- **Baterías:** una vez que el panel hace la conversión de la energía del sol en energía eléctrica y rectificada por el sistema regulador, se almacena esta energía para poder ser utilizada en los momentos en que no hay sol, por ejemplo, en la noche.
- **Inversor:** el sistema inversor convierte la energía directa y de baja tensión (12-24 VDC) en corriente alterna, para el caso de Colombia 120 VAC, este componente puede o no se utilizado dependiendo de las características de los componentes, para nuestro caso, se utilizaría de acuerdo con las especificaciones de los sensores ya que las cámaras por lo general tienen una alimentación de 12 o 24 voltios en directa, mientras que algunos sensores si requieren de corriente alterna y tensión de 120 Voltios en alterna para su funcionamiento.
- **Soportes:** son componentes pasivos que no requieren de energía para su funcionamiento y su única función son dar una estructura para la ubicación de los equipos que serán instalados en el sistema, en el proyecto se tienen estimados el uso de postes para la instalación tanto de los sistemas de alimentación como de soporte para las cámaras y de estos mismos poder tomar alimentación para la red de sensores.

8.8. Diseño y topología

Diseño



*Ilustración 20 Diagrama de disposición de equipos
Fuente: Autor*

El diseño para implementar en cada uno de los postes donde se ubicarán las cámaras se muestra en la Ilustración 20. Se instalará una caja de control impermeable la cual llevará un Switch PoE el cual alimentará a la cámara y a los sensores, adicional se instalará un banco de baterías que darán soporte a toda la electrónica que se instalará en cada uno de los postes, el Switch PoE para las cámaras y el sistema Fotovoltaico que estará comprendido por Baterías + controladora solar + inversor de ser necesario. Para la conectividad de las cámaras se realizará a través de una red de radios punto multipunto que estarán ubicados en la parte superior de los postes y tendrán línea de vista a la casa donde será el punto de acceso para la conexión a internet mediante el acceso satelital que se contratará.

Topología

La solución que se propone para este proyecto está implementada en una topología tipo estrella, donde el concentrador, está ubicado en la casa en el centro de la finca, este nodo será el punto de conexión directa a Internet. No se plantea un sistema con alta disponibilidad ya que esto implicaría un aumento en los equipos, lo cual se traduce en costos adicionales para el proyecto, como se puede observar en la Ilustración 21 la topología cuenta con un sistema satelital proporciona la conectividad hacia Internet, la cual brindaría la conexión desde cualquier ubicación para monitorizar el cultivo con sus variables, se puede observar que se cuenta con un controlador wifi centran la cual dará la comunicación a los dispositivos remotos tanto a las cámaras como a los sensores y en la casa también se dispondrá de un repetidor, que aumenta alcance hacia los dispositivos en los postes, en la distribución que se propone en la Ilustración 20, la solución presentada cumple con las características necesarias para brindar una comunicación eficiente de

todos los dispositivos, ya que se cuenta con un punto centralizado de control el cual permite gestionar los dispositivos que hacen parte de la red, ya sean más cámaras o más sensores, los que finalmente serán alimentados por un sistema solar independiente para cada uno de los 5 puntos planeados como se muestra también en la Ilustración 16 que además de ser los puntos de ubicación para las cámaras serán los lugares donde se instalarán sistemas de alimentación solar para la red de sensores, quienes se distribuyan a lo largo del terreno. La solución satelital, proporciona capacidades amplias de anchos de banda que se definirán finalmente, de acuerdo con las características de los equipos que se seleccionen para el proyecto, donde se deben analizar factores como:

- Resolución de las cámaras.
- Cantidad de cámara.
- Cantidad de sensores.
- Muestreo de la información de los sensores.
- Tiempo medio de uso de la red.

Entre otras variables que definirán el mejor ancho de banda a contratar, de esta manera se puede optimizar en la cantidad de recursos si se hace una correcta gestión de equipos y un correcto análisis de las necesidades, que las define el profesional que requiere de la información.

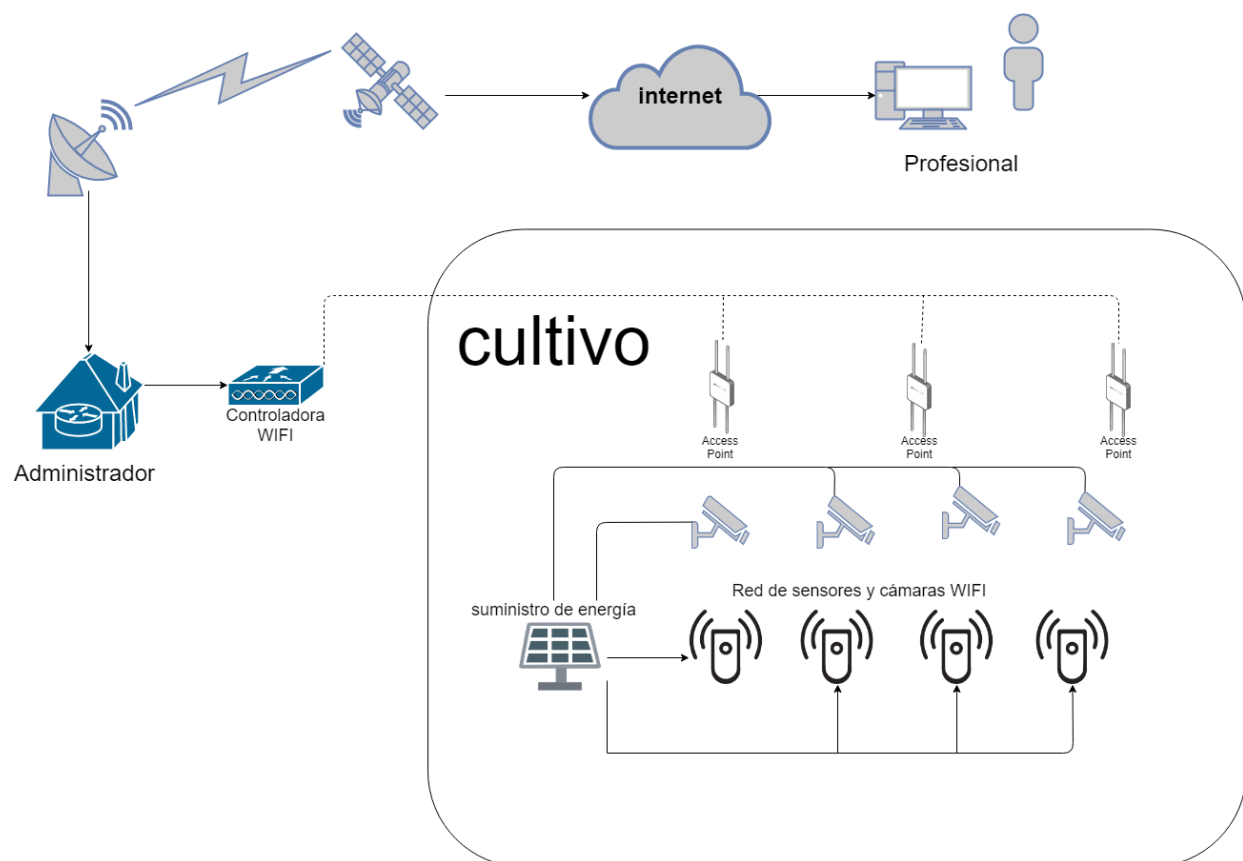


Ilustración 21 Topología de la solución
Fuente: Autor

8.9. Estimación de equipos

Haciendo un análisis inicial de la cantidad de equipos que se podrían utilizar en el proyecto se realiza un listado con un aproximado de los equipos necesarios para la implementación en este terreno y para este cultivo. Sin ser de carácter obligatorio ni limitante sabiendo que este modelo se puede replicar en un terreno más extenso, de cualquier tipo de cultivo y en cualquier región del territorio nacional e incluso internacional.

Es importante hacer un cubrimiento general de la totalidad de recursos necesarios para la implementación de este proyecto, ya que un proyecto no está compuesto únicamente de los equipos terminales, también se debe tener en cuenta recursos como, personas, maquinaria, permisos, dinero, etc. A continuación, se muestra la mayoría de los recursos que se estiman se requieren para esta implementación, los recursos económicos no se tienen en cuenta ya que estos están muy ligados a las marcas, características, especificaciones y disponibilidad de los recursos.

Ítem	Equipo	Descripción	Cantidad
1	Controladora Wifi	Brinda acceso a los dispositivos remotos.	1
2	Enlace satelital	Proporciona la conectividad a internet para brindar acceso remoto.	1
3	Cámaras de video (tipo bala), con accesorios.	Brinda imágenes del cultivo para supervisión del estado del cultivo.	5
4	Sensores	Recolectan la información de las variables para mantener el control del cultivo.	25
5	Sistemas de energía solar	Suministra la energía para alimentar los equipos del sistema	5
5	Postas	Soporte para los sistemas de energía, cámaras, switches y radios.	5
6	Gabinetes para intemperie	Almacenan los equipos y protegen de las dificultades del ambiente	5
7	Radio PMP	Conectan los equipos desde su ubicación hasta la controladora central.	5
8	Baterías	Almacenan y suministran la energía a los equipos.	10
9	Switches Inalámbricos	Sirven de concentrador para los dispositivos que componen el sistema	5

10	Consumibles	Equipos, dispositivos, accesorios, herramientas para implementar el sistema	N/A
11	Personal	Recursos necesarios para la implementación de los sistemas en el terreno	3
12	Vehículo	Transporte de personal o equipos a la ubicación.	1
13	Equipos de protección personal	Equipos para resguardar la seguridad del personal	4

Tabla 1 Recursos del proyecto

El proyecto tiene una característica, que tiene una necesidad importante, que representa un costo mensual y es el recurso de conectividad a internet, la solución satelital mencionada anteriormente, por lo que para la misma se deben tener presupuestados, los recursos económicos que permitan mantener este sistema durante la vida del proyecto hasta que se recupere la inversión, y que brinde rentabilidad al proyecto, si no se analiza de manera correcta, el generar costos mensuales, y si la rentabilidad del cultivo no brinda un buen margen de ingresos, puede resultar un proyecto no viable económicamente hablando.

8.10. Implementación

Para el proyecto se plantea inicialmente un EDT (estructura de desglose de trabajo), en el cual se proponen las tareas de forma general, que se estima sean las necesarias para la implementación del proyecto como se demuestra en la Ilustración 22, son actividades macro, que representan un punto significativo o hito en el proyecto como lo es la compra de equipos, o las pruebas de los sistemas.

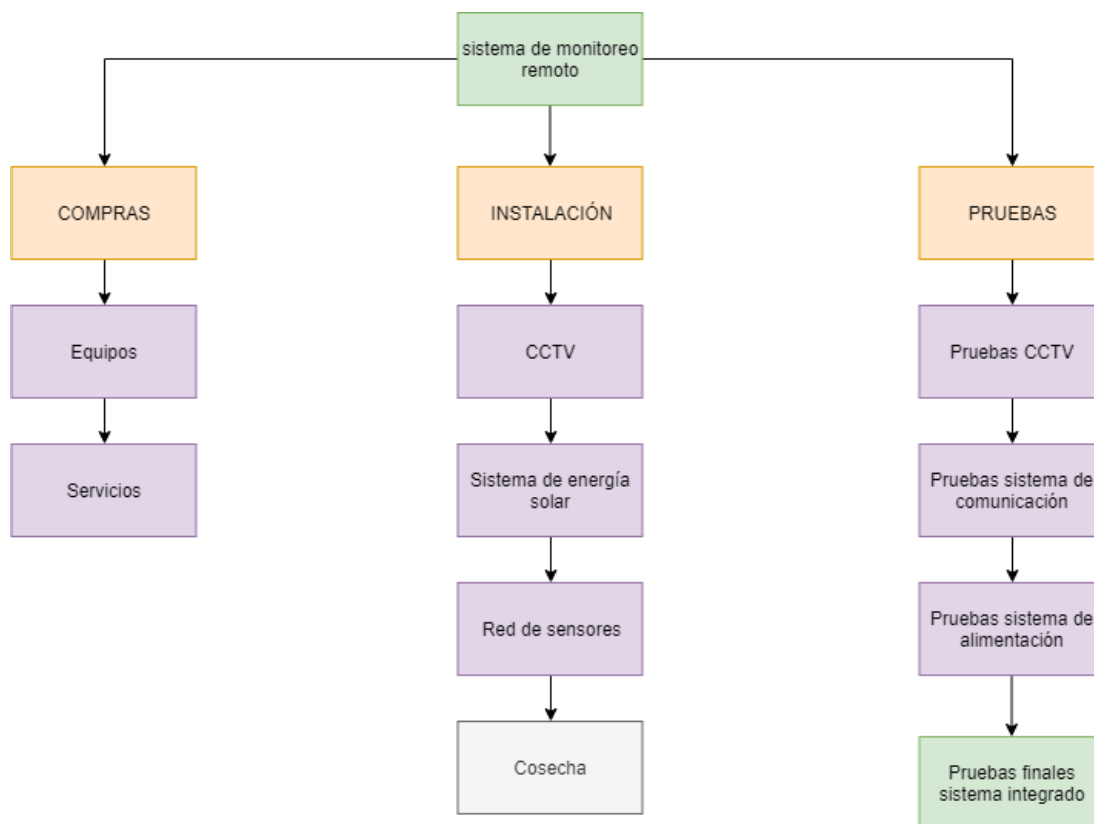


Ilustración 22 EDT proyecto
Fuente: Autor

Este proyecto tiene la característica que se puede separar por fases, en donde lo más importante es la disposición de red de sensores para que se pueda cubrir de manera eficiente el terreno a plantar, por lo que se debe saber exactamente la totalidad de la plantación, otra fase es la compra de los equipos, otra fase importante es la instalación de los equipos, una adicional es la configuración de los equipos, otra es la creación de la plataforma para acceder a los datos desde una estación remota (ubicación del profesional que supervisa el cultivo), la compra del sistema satelital y la integración del sistema, para expresar esta implementación de manera más clara se propone un cronograma de actividades posible para la solución planteada y demostrado a continuación.

	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
1		Compra de equipos	20 días	mié 1/01/20	mar 28/01/20		Daniel ramirez;Clemencia velasco
2		Envio de equipos al terreno	1 día	mié 29/01/20	mié 29/01/20	1	proveedores
3		Adquisicion de sistema satelital	15 días	jue 30/01/20	mié 19/02/20	2	Clemencia velasco
4		Instalacion de equipos	17 días?	jue 30/01/20	vie 21/02/20	2	
5		instalacion postes de soporte	1 día?	jue 30/01/20	jue 30/01/20	2	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3;Capataz de la finca
6		Instalacion sistema solar	2 días	vie 31/01/20	lun 3/02/20	5	Daniel ramirez;tecnico 1;tecnico 3;tecnico 2
7		Instalacion CCTV	1 día	mar 4/02/20	mar 4/02/20	6	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3
8		Instalacion radios PMP	0 días	jue 30/01/20	jue 30/01/20	5	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3
9		Instalacion sensores	2 días	mié 5/02/20	jue 6/02/20	7	tecnico 2;tecnico 3;tecnico 1
10		Instalacion de sistema satelital	2 días	jue 20/02/20	vie 21/02/20	3;7	proveedor
11		integracion de sistema	2 días	lun 24/02/20	mar 25/02/20	4;10;9;7;6	Daniel ramirez
12		inicio de plantacion	8 días	mié 5/02/20	vie 14/02/20	7	Capataz de la finca
13		Analisis de terrenos	1 día	lun 17/02/20	lun 17/02/20	12	Daniel ramirez;profesional agronomo
14		disposicion de sensores en terreno	2 días	mar 18/02/20	mié 19/02/20	13;12	tecnico 1
15		pruebas de conectividad y adquisicion de datos	1 día	mié 26/02/20	mié 26/02/20	14;11	Daniel ramirez;profesional agronomo

Ilustración 23 Cronograma de proyecto estimado

Fuente: Autor

Como se puede observar el proyecto en si tiene una duración estimada de 41 días con una fecha de inicio estimada el 1 de enero del año 2020, teniendo en cuenta que las fechas se ajusten al estimado el proyecto se realizara en el plazo estimado, en la planeación realizada inicial se estima un total de 15 actividades que se traducen en hitos importantes, y al finalizar cada una de las actividades se obtendrá un entregable que puede ser el cumplimiento de la actividad o un evento que marque un hecho relevante.

La ruta crítica del proyecto es la dictada por las actividades que se muestras en la ilustración 24, en la ruta indicada en color rojo con las actividades 1, 2, 3, 10, 11 y 15 sin ninguna holgura de tiempos en el proyecto, pero teniendo en cuenta el tipo de implementación el calendario no es una camisa de fuerza, que obligue a cumplir el cronograma de manera critica.

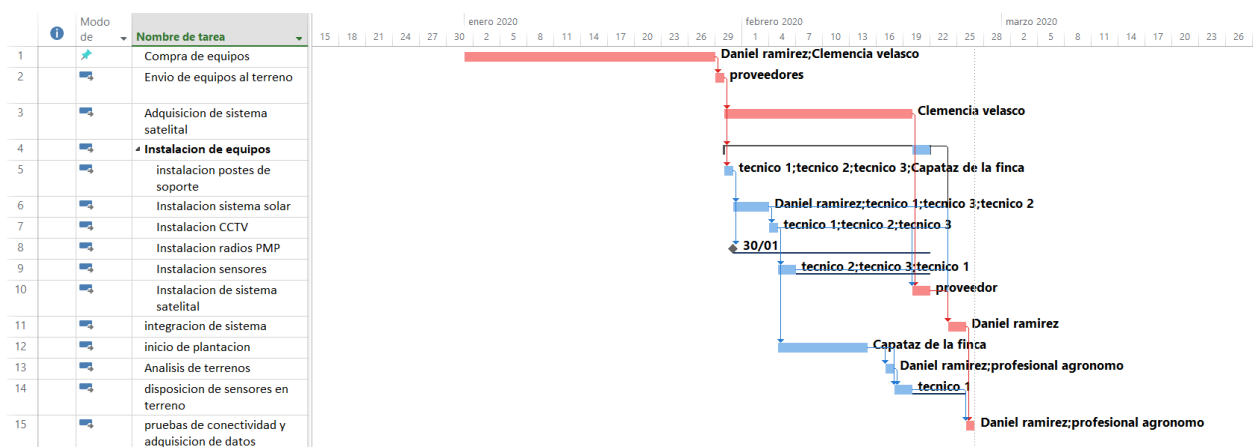


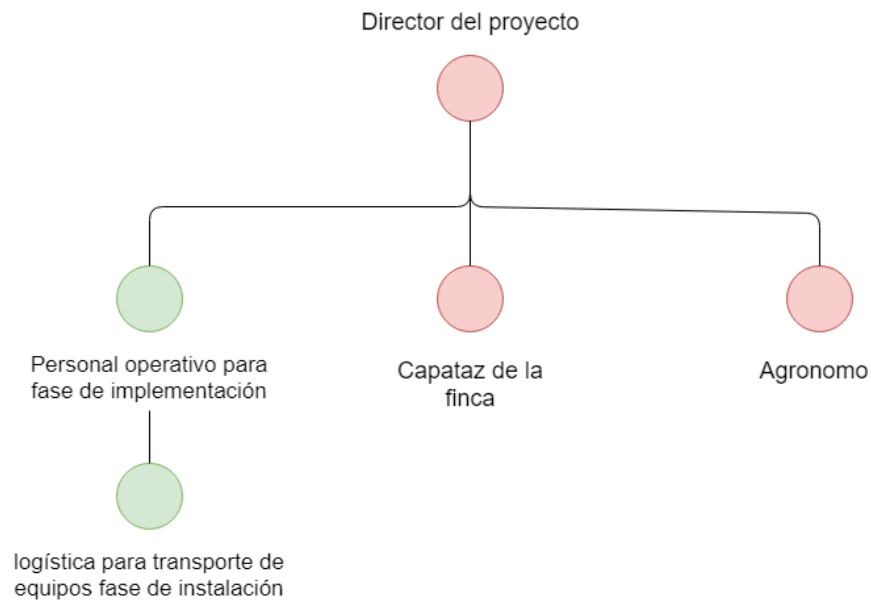
Ilustración 24 ruta crítica del proyecto

Fuente: Autor

8.11. Modelo de gestión

Para el proceso de gestión del proyecto se propone una estructura organizacional simple en la que participan esencialmente 3 roles principales, el director o supervisor del proyecto, que en este caso será un ingeniero electrónico, el profesional agrónomo que será quien solicite la información y datos del campo y finalmente el técnico en campo que ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de emergencia.

A continuación, se muestra el modelo de estructura organizacional propuesto para el proyecto completo hay que tener en cuenta que en la fase de implementación hay más recursos, pero en la etapa de operación los recursos se recurren a los mencionados anteriormente.



*Ilustración 25 estructura organización propuesta
Fuente: Autor*

Luego de tener ordenada y clasificada la información del proyecto. Se realiza un análisis a estos datos obtenidos, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Ciudad o sede con personal con conocimientos mínimos para realizar mantenimientos básicos a los equipos del sistema.
2. Persona a cargo del sistema completo profesional en ingeniería electrónica, de sistema o afines.
3. Cantidad de servicios solicitados en la oferta económica.
4. Importancia de la ubicación o sede para cada una de las compañías.

Con este análisis se determinó la asignación de recurso humano, logístico, transporte, instrumentación, entre otros. De igual manera se estableció la distribución de la operación del proyecto.

Base de operación:

Ya que se busca reducción de costos en la totalidad del proyecto se plantea que se establezca el centro de la operación en el mismo lugar de la cosecha, para el caso del proyecto la casa cuenta con ciertas habitaciones que se pueden adaptar para la ubicación de los equipos para la gestión de los sistemas y no únicamente para la centralización del sistema de comunicaciones.

Recursos técnicos

En pro de reducir costos de mantenimiento del proyecto, lo que se planea es capacitar al personal encargado de la propiedad, en actividades de mantenimiento básico, en labores como cambio de componentes, instalación de estos, medición de variables, redistribución de sensores y dispositivos en la zona 1 del cultivo. Si se requiere realizar desplazamientos al pueblo, donde se pueden conseguir suplementos básicos para actividades de emergencia, el empleado de la finca contara con un vehículo (motocicleta), para realizar los desplazamientos desde la finca al casco urbano, abastecerse de los equipos o recursos necesarios y regresar. Se le suministrarán las herramientas necesarias para el desarrollo de dichas actividades, herramientas manuales, equipos de medición, entre otros, necesarios para las actividades que se puedan presentar.

El kit de herramientas básicas para trabajos en Telecomunicaciones está conformado por lo siguiente:

- Computador portátil con software necesarios
- Multímetro y/o pinza amperimétrica
- Alicates, bisturí, cautín, flexómetro
- Juego de destornilladores
- Juego de pinzas y pinzas de corte
- Juego de llaves
- Linterna portátil
- Conectores RJ45
- Ponchadora (categorías 6 y 6A)
- Extensión eléctrica
- Probador de cable

Sistema de gestión operativa

Con el fin de hacer una gestión eficiente, se debe garantizar que la ocupación y disponibilidad de los recursos técnicos, la recolección y transmisión de datos de la operación sean eficaces, se propone el siguiente modelo de gestión y operación.

A través de este modelo de gestión operativa, se busca que el sistema se encuentre siempre disponible, a través del supervisor del proyecto quien debe garantizar la ejecución de las actividades, realiza la asignación, seguimiento de cada una de las actividades necesarias durante la vida del proyecto, atendidas por el personal de soporte de la finca. A su vez el personal técnico a través de comunicación remota, (disponible a través del sistema de comunicación satelital), realimenta de manera oportuna el avance de los procesos que se ejecutan durante la actividad, obteniendo en línea información necesaria para solucionar cualquier requerimiento, lo que permite que en el momento de presentarse algún inconveniente, mediante este modelo se puede hacer una supervisión continua del avance de actividades y una ejecución precisa de las actividades.

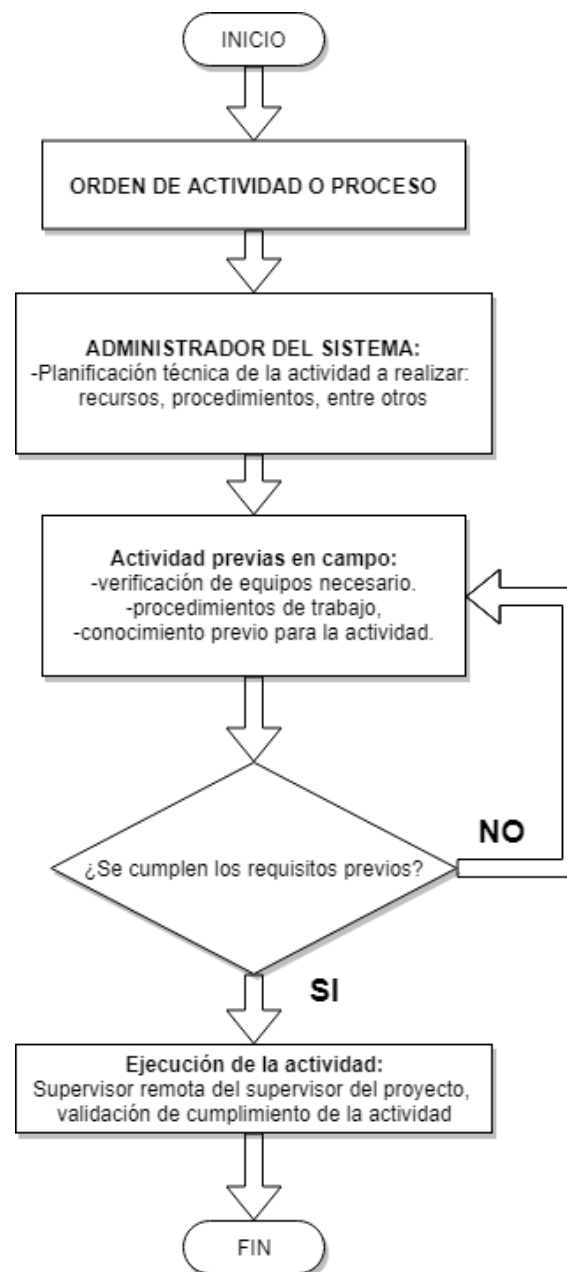


Ilustración 26 diagrama de flujo para actividades en la etapa de operación
Fuente: Autor

El modelo presentado en la Ilustración 26, se observa el proceso paso a paso de cómo se debería ejecutar correctamente una actividad, comenzando por el requerimiento de una actividad, sea solicitada por el agrónomo desde su experiencia, o por la necesidad de realizar algún mantenimiento, reparación o modificación al sistema, el administrador del sistema, debe realizar la planificación para la ejecución de la actividad, determinar los recursos, procedimientos, necesidades, entre otros, necesarios para desarrollar la actividad.

Antes de comenzar a realizar la actividad, se debe evaluar una serie de requerimientos previos, como lo es la disponibilidad de recursos, el procedimiento de trabajo y validar que el personal en campo o capataz de la finca cuente con el conocimiento necesario para realizar la actividad, de no cumplirse estos requerimientos no se puede realizar una actividad efectiva por lo que se debe revisar las necesidades y suplirlas para poder continuar.

Una vez se tengan los requisitos previos completos, se procederá a la ejecución de la actividad, todo este proceso será supervisado por el supervisor del proyecto de manera remota y en caso extremo se deberá realizar el desplazamiento al sitio, siendo esto último un evento, un evento que se debe reducir en lo máximo, brindado una correcta formación, para que los errores en los procesos se reduzcan al mínimo.

Al finalizar cada actividad se sugiere manejar un registro de los eventos sucedidos, esto con el fin de alimentar una base de datos, con información para ser posteriormente utilizada y reduzca la reincidencia en los altercados.

9. CONCLUSIONES

En el documento se observa el diseño de alto nivel, de una solución de monitoreo remota con sistemas de comunicación satelital y conexión inalámbrica de los dispositivos, que brinda una solución flexible, escalable y eficiente en su totalidad, pasando por la red de sensores, sistema de video vigilancia, sistema de alimentación con fuentes de energía renovable y solución de acceso satelital para comunicación hacia internet.

De acuerdo con los objetivos específicos, se puede observar a lo largo del documento, con el diseño de la topología, los modelos de implementación y de gestión, propuestos para la solución propuesta, que se puede suplir la necesidad primordial de agilizar la operación profesional de un agrónomo en el cultivo, y con los modelos propuestos, se puede replicar la solución en cualquier región del país, en extensiones de terrenos con mayor o menor tamaño, adaptando la solución a las capacidades específicas.

El sistema satelital de la solución fue la mejor opción para la zona del cultivo, teniendo en cuenta las limitaciones de costos que impiden usar un acceso mediante radio enlace y las regulaciones legales que delimitan la zona y la protegen; estas mismas condiciones se presentan en muchas regiones del país, lo que hacen imposible implementar un enlace a través de otro medio. Mientras que una solución satelital satisface los requerimientos necesarios, además de ser simple de instalar, no requiere infraestructura invasiva en la zona y se puede implementar en cualquier parte del territorio nacional.

Es importante hacer una correcta planeación en este proyecto y por eso en la fase de implementación se describió una primera aproximación a una implementación real, y el papel del ingeniero encargado o supervisor, es muy importante y es una de las habilidades desarrolladas como ingeniero electrónico, el tener una visión desde lo macro a lo micro, de las actividades a desarrollar, los posibles problemas que se puedan presentar, buscar soluciones y poder ejecutar el proyecto de manera exitosa.

La solución propuesta satisface las necesidades planteadas en la fase preliminar del proyecto, esta solución permite que los desplazamientos de especialistas en el agro se reduzcan casi a cero ya que con la correcta selección de dispositivos se pueden suplir la presencia de personas en campo. Pero es conveniente destacar que en la primera etapa se requiere de una inversión considerable, para la compra de equipos de este y adicional a esto se tiene un gasto mensual correspondiente al servicio de Internet satelital, sin contar el personal que se requiere. Ahora bien, es de resaltar que este proyecto se debe visualizar en el tiempo, ya que no se plante con una vida útil corta, por el contrario, se quiere que tenga una larga duración y que se refleje la inversión con la confiabilidad del sistema, y la larga vida de utilización.

10.RECOMENDACIONES

Al ser una solución tecnológica, que lo que busca es reducir tiempos, costos y recursos, es necesario capacitar en actividades técnicas básicas, al personal que se encuentra de tiempo completo en el cultivo, esto con el fin de garantizar unas “manos remotas” que puedan suplir la presencia de un profesional para la reparación o primer diagnóstico de algún inconveniente del sistema en campo o que incluso pueda solucionar los problemas que se presenten.

Lo primordial para la implementación de este proyecto es una correcta planeación, es crítico hacer un correcto análisis de la totalidad de variables que intervienen, la planeación va desde el alcance, la gestión de tiempos, la gestión de recursos, la gestión de compras, la gestión de riesgos y la mitigación de estos, este factor asegura la correcta ejecución del proyecto.

11.BIBLIOGRAFÍA

- «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. (n.d.). Retrieved October 6, 2019, from <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=tecnificar>
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer Networks*, 38(4), 393–422. [https://doi.org/10.1016/S1389-1286\(01\)00302-4](https://doi.org/10.1016/S1389-1286(01)00302-4)
- Angel Caffa. (2016). *Conceptos de redes de computadoras*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=5213261&query=enlace s%2Bsatelitales>
- Bai, X., Wang, Z., Zou, L., & Alsaadi, F. E. (2018). Collaborative fusion estimation over wireless sensor networks for monitoring CO₂ concentration in a greenhouse. *Information Fusion*, 42, 119–126. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2017.11.001>
- Barragan, S., technica, A. A.-S. et, & 2019, undefined. (n.d.). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado. *Revistas.Utp.Edu.Co*. Retrieved from <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/16471>
- Cama-Pinto, A., Gil-Montoya, F., Gómez-López, J., García-Cruz, A., & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Wireless surveillance sytem for greenhouse crops. *DYNA*, 81(184), 164. <https://doi.org/10.15446/dyna.v81n184.37034>
- Castaño Giraldo, N. E., & Cardona Gómez, M. A. (n.d.). Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano Determining factors in Colombian agricultural sector instability. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/5518/551856273006.pdf>
- Clima promedio en El Cocuy, Colombia, durante todo el año - Weather Spark. (n.d.). Retrieved October 5, 2019, from <https://es.weatherspark.com/y/25295/Clima-promedio-en-El-Cocuy-Colombia-durante-todo-el-año>
- Ehret, D. L., Hill, B. D., Helmer, T., & Edwards, D. R. (2011). Neural network modeling of greenhouse tomato yield, growth and water use from automated crop monitoring data. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2011.07.013>
- Hucaby, D. (n.d.). *CCNA wireless 200-355 official cert guide*.
- Introduction to Wireless Sensor Networks Types and Applications. (n.d.). Retrieved May 26, 2019, from <https://www.elprocus.com/introduction-to-wireless-sensor-networks-types-and-applications/>
- Ji-Hua, M., Bing-Fang, W., & Qiang-Zi, L. (2006). A Global Crop Growth Monitoring System Based on Remote Sensing. In *2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing* (pp. 2277–2280). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2006.589>
- Lee, M., Hwang, J., & Yoe, H. (2013). Agricultural Production System Based on IoT. In *2013 IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering* (pp. 833–837). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CSE.2013.126>
- Lee, M., Kim, H., & Yoe, H. (2019). ICBM-Based Smart Farm Environment Management System (pp. 42–56). https://doi.org/10.1007/978-3-319-98367-7_4
- Lledó, P., & Rivarola, G. (n.d.). *Gestión de proyectos*. Retrieved from

https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55077057/Gestion-de-proyectos-Pablo-Lledo-FREELIBROS.ORG_.pdf?response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DPablo_Lledo_at_BULLET_Gustavo_Rivarola.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20190903%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20190903T022545Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=940101040008376a6ff917c3e6a6bc83df38e2b16fb598b8b6971ad013bb26a1

Margaret Rouse. (n.d.). Topología de red. Retrieved May 26, 2019, from <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Topologia-de-red>

Metodología De La Investigacion: TIPOS DE INVESTIGACION Y DISEÑO DE INVESTIGACION. (n.d.). Retrieved March 29, 2019, from <http://metodologia02.blogspot.com/p/operacionalizacion-de-variables.html>

Ossa, G. J. U., Montoya, C. G., & Velasquez, M. A. V. (2017). Control and monitoring of a stevia plantation in a hydroponic system. In *2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCAC.2017.8276462>

Patiño, L. C. A. (n.d.). *Revista NERA*. REVISTA NERA (Vol. 0). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Departamento de Geografia, Núcleo de Estudos, Pesquisas e Projetos de Reforma Agrária. Retrieved from <http://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1366>

Radio Enlace - ¿Que es un Radioenlace? - Radiocomunicaciones. (n.d.). Retrieved July 7, 2019, from <http://www.radiocomunicaciones.net/radio/radio-enlace-que-es-un-radioenlace/>

Rivero, G. D., & Díaz Rivero, G. (1998). *Orígenes 5*. Santa Fe de Bogotá, DC., Colombia: Libros y Libros S.A.

Rodríguez Fernández, J. 1985-. (2013). *Circuito cerrado de televisión y seguridad electrónica : [Electricidad-electrónica]*. Paraninfo.

Santos, O., & Stuppi, J. (n.d.). *CCNA security 210-260 official cert guide*.

Sensórica. (n.d.). Retrieved October 6, 2019, from <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensorica.htm>

Sequeira, A. (2013). *Interconnecting Cisco Network Devices part I (ICND1) : foundation learning guide*. Cisco Press.

Valentine, M. (n.d.). *CCNA collaboration CICD 210-060 official cert guide*.

Wysocki, R., Beck, R., & Crane, D. (2013). Principios de la gestión de proyectos. *IEEM Revista de Negocios*. Retrieved from <https://search-ebscohost-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=125136434&lang=es&site=ehost-live>

Yaping, D., & Zhongxin, C. (2012). A review of crop identification and area monitoring based on SAR image. In *2012 First International Conference on Agro- Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)* (pp. 1–4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2012.6311680>

Zuñiga Chila, S., Morales Espinoza, C., & Estrada Martínez, M. E. (2017). Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas, 2(2), 140–152. Retrieved from <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60>

12.INFOGRAFÍA

- Cruz Herrera, J. A., Hernández, L. M., & Datos, E. en R. de. (2017). Revisión y diseño de una red de interconexión entre las dos sedes de la Fundación Integración Social y Desarrollo Comunitario, Fisdeco. *Instname:Universidad Santo Tomás*. Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/3792>
- Clima promedio en El Cocuy, Colombia, durante todo el año - Weather Spark. (n.d.). Retrieved October 5, 2019, from <https://es.weatherspark.com/y/25295/Clima-promedio-en-El-Cocuy-Colombia-durante-todo-el-año>
- Diseño de Alto Nivel | Caso de uso | Ingeniería informática. (n.d.). Retrieved July 6, 2019, from <https://es.scribd.com/document/356935325/Diseno-de-Alto-Nivel>
- Lyda Amarillo. (23 de abril de 2018). <http://www.elcocuy-boyaca.gov.co>. Obtenido de <http://www.elcocuy-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Marín Rodríguez., R. S., Peñuela Guzmán., E. A., & Datos, E. en R. de. (2017). Diseño de una infraestructura tecnológica para proveer internet por vía microondas a la Fundación de Vivienda la Aldea en Villavicencio (Meta). *Instname:Universidad Santo Tomás*. Retrieved from <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/3793>
- Ossa, G. J. U., Montoya, C. G., & Velasquez, M. A. V. (2017). Control and monitoring of a stevia plantation in a hydroponic system. In *2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)* (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCAC.2017.8276462>
- Principios de la gestión de proyectos.: EBSCOhost. (n.d.). Retrieved October 2, 2019, from <https://web-a-ebSCOhost-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=112b45c3-d121-42f6-8742-fa99247c908d%40sdc-v-sessmgr02>
- Sensórica. (n.d.). Retrieved October 6, 2019, from <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/sensorica.htm>