

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

DANIEL SEBASTIAN RAMIREZ VELAZCO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE REDES DE DATOS

BOGOTÁ, COLOMBIA

2020

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

DANIEL SEBASTIAN RAMIREZ VELAZCO

PRESENTADO A:

JUAN CARLOS RAMIREZ HURTADO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE REDES DE DATOS

BOGOTÁ, COLOMBIA
2020

1 TABLA DE CONTENIDO

2	Ilustraciones.....	4
3	Introducción.....	5
4	Justificación.....	6
5	Problema.....	10
5.1	Formulación del problema.....	10
5.2	Planteamiento del problema.....	10
5.3	Delimitación del problema.....	13
5.3.1	Localización y geografía:	13
5.3.2	Desplazamiento:	14
5.3.3	Terreno.....	18
6	Objetivos.....	22
6.1	Objetivo General.....	22
6.2	Objetivos Específicos	22
7	Marco referencial.....	23
7.1	Marco teórico	23
7.2	Marco histórico	26
7.3	Marco conceptual.....	29
7.4	glosario de términos.....	34
8	Ejecución del proyecto	36
8.1	Variables de medición y análisis	36
8.2	Acceso a la red de proveedores.....	37
8.2.1	Acceso mediante radio enlace	37
8.2.2	Acceso mediante tecnología satelital.....	39
8.3	Solución de monitoreo	40
8.3.1	Descripción técnica.....	41
8.3.2	Zona de cultivo para monitoreo.....	42
8.3.3	Sensórica.....	45
8.4	Sistema de alimentación	48
8.5	Diseño y topología	50
8.5.1	Diseño.....	50
8.5.2	Topología.....	51

8.6	Estimación de equipos	53
8.7	Implementación	55
8.8	Modelo de gestión.....	58
8.8.1	Base de operación:.....	60
8.8.2	Recursos técnicos	60
8.8.3	Sistema de gestión operativa	62
9	Conclusiones.....	65
10	Recomendaciones	66
11	Referencias	67

2 ILUSTRACIONES

Ilustración 1	Mapa de cobertura Claro	9
Ilustración 2	Causa-Efecto problemática.....	11
Ilustración 3	distancia El cocuy-Finca Pantano grande.....	12
Ilustración 4	Distancia Duitama-Finca Pantano grande	13
Ilustración 5	Ubicación de la finca;.....	14
Ilustración 6	Ruta hacia la finca desde el municipio del Cocuy;.....	15
Ilustración 7	Ruta desde la ciudad de Duitama Hasta el Cocuy	16
Ilustración 8	Ruta desde la ciudad de Tunja Hasta el Cocuy	17
Ilustración 9	Ruta desde la ciudad de Bogotá Hasta el Cocuy	18
Ilustración 10	Área total de la finca.....	19
Ilustración 11	Zonas de cultivo	20
Ilustración 12	Modelo OSI	24
Ilustración 13	Simulación Radio enlace	38
Ilustración 14	Resultados de propagación.	39
Ilustración 15	Distribución de equipos de monitoreo.....	42
Ilustración 16	Distribución de cámaras en el terreno de cultivo	43
Ilustración 17	Cámara tipo bala.....	44
Ilustración 18	Cámara tipo PTZ.	45
Ilustración 19	Sistema de alimentación solar	48
Ilustración 20	Diagrama de disposición de equipos	50
Ilustración 21	Topología de la solución	53
Ilustración 22	EDT proyecto	56
Ilustración 23	Cronograma de proyecto estimado.....	57
Ilustración 24	ruta crítica del proyecto	58
Ilustración 25	estructura organización propuesta	59
Ilustración 26	diagrama de flujo para actividades en la etapa de operación	63

3 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 las 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. Del documento busca generar una profundización investigativa, reorganización que de peso según corresponda a la información consultada y dar un peso investigativo más fuerte a la primera fase de construcción del documento(Ramirez, 2019) de cual se basa esta investigación que

finalmente busca construir un documento más fuerte y con mejores bases. 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.

Finalmente se indican las pautas para evaluar las diferentes fases propuestas e indicadas para considerar que el proyecto se ejecutó con éxito y que cada fase se ejecutó de la manera correcta además de servir como registro para futuras implementaciones.

4 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.

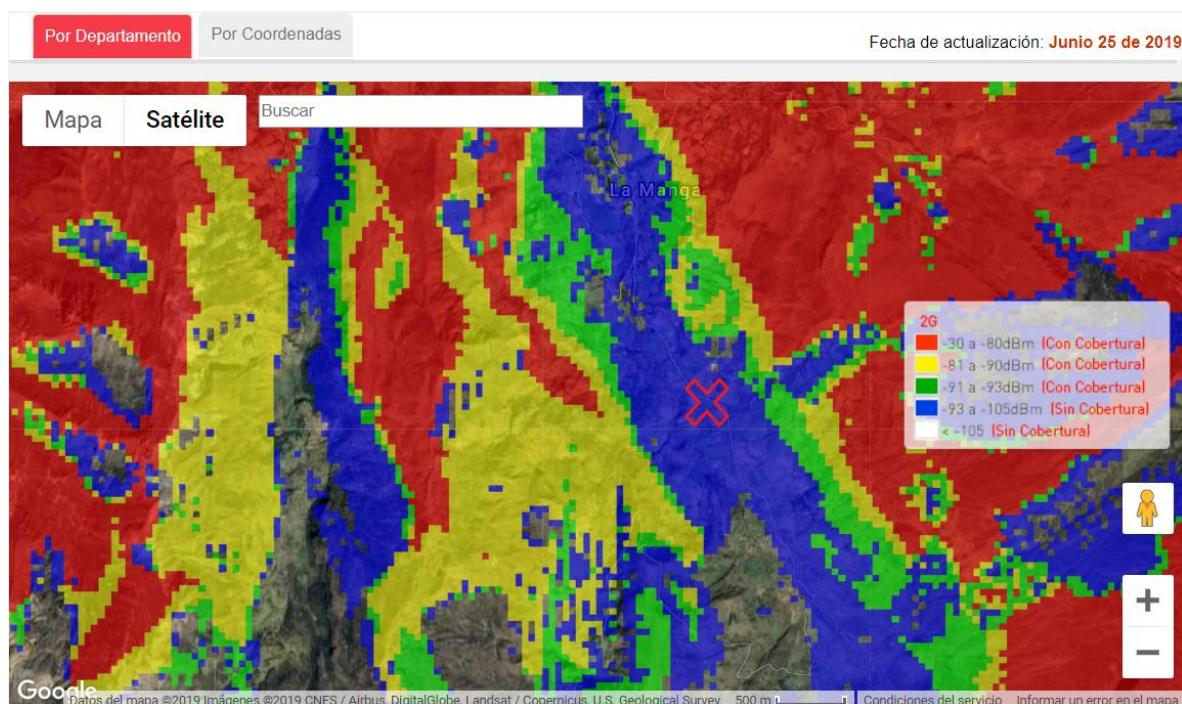


Ilustración 1 Mapa de cobertura Claro
Fuente: <https://www.claro.com.co>

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.

5 PROBLEMA

5.1 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?

5.2 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, s/f).

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.

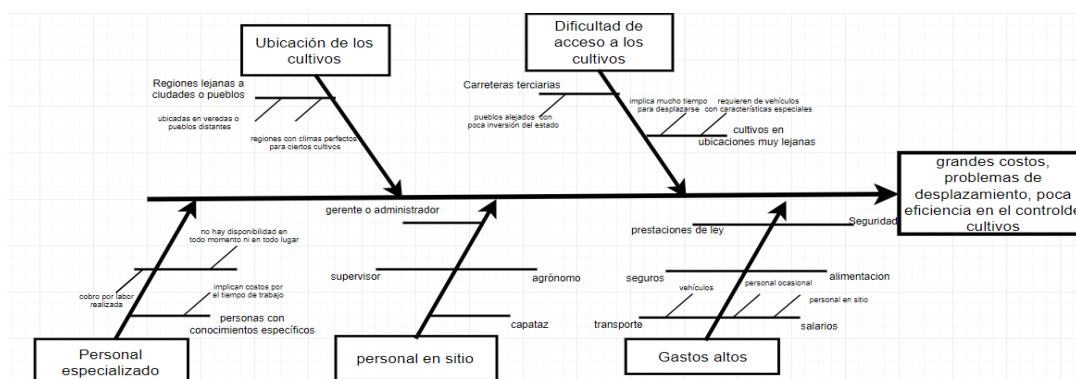
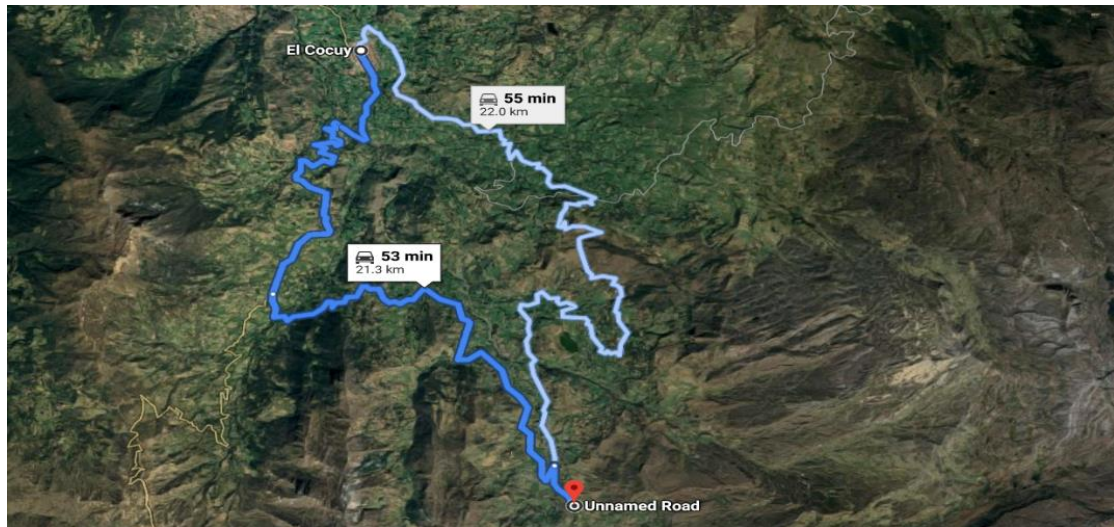


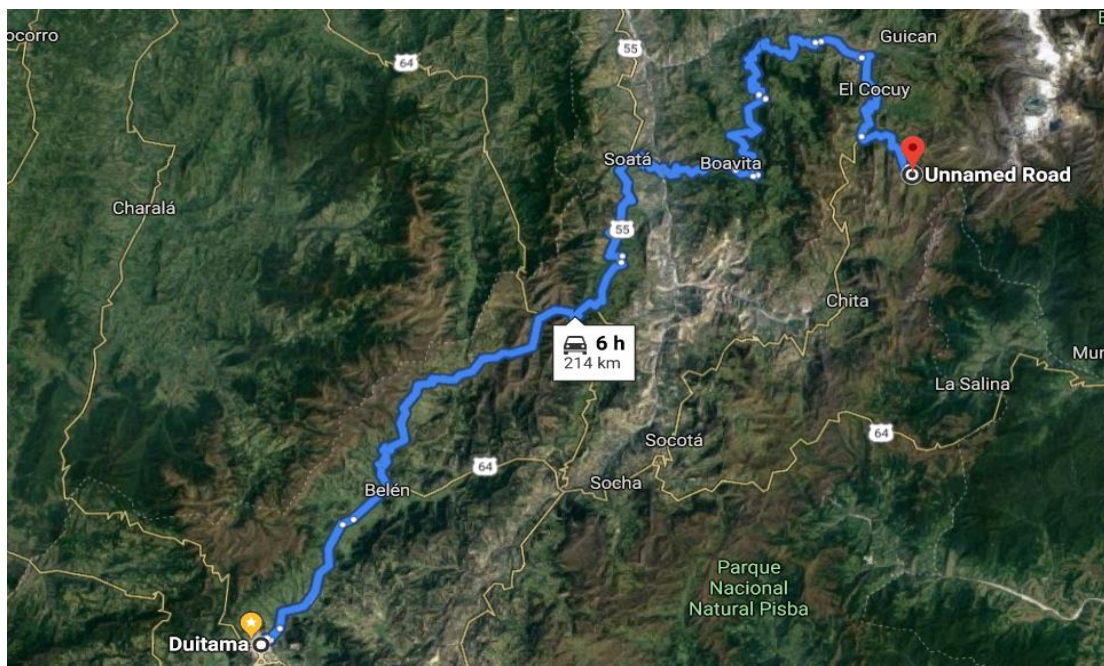
Ilustración 2 Causa-Efecto problemática
Fuente: Autor

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, technica, & 2019, s/f)



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



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

5.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

5.3.1 Localización y geografía:

La finca se encuentra ubicada en la vereda Pantano Grande del municipio del Cocuy en el departamento de Boyacá, en las coordenadas $6^{\circ}19'02.8''N$ $72^{\circ}24'38.3''W$, la finca está a una altitud aproximada de 3.600 m.s.n.m., y cuenta dos terrenos contiguos uno al lado del otro separados por una carretera que atraviesa la finca de lado a lado, el terrenos principal tiene una extensión de $184.991,37m^2$ y el segundo terreno tiene una extensión de $85.748,90m^2$, la finca está ubicada a una distancia aproximada de 22,4Km del casco urbano del municipio, la finca está ubicada en una región montañosa muy cercana a la Sierra Nevada de El Cocuy, Güicán de la Sierra y Chita, por lo que se encuentra en una zona protegida de paramo y posición de la finca en la ladera de la montaña hace que en su mayoría sean riscos y peñas, por lo cual la finca no tiene extensiones planas de gran tamaño, su distribución es

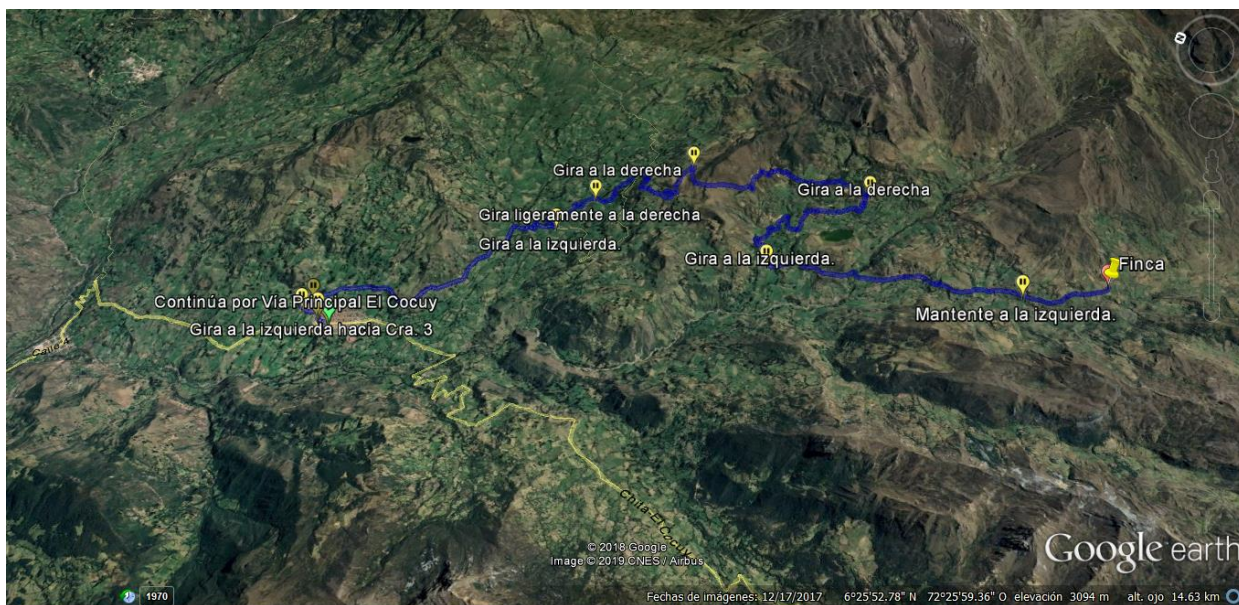
muy irregular, en la Ilustración 5 se muestra el punto de las coordenadas en donde se encuentra la casa que corresponde a la finca.



*Ilustración 5 Ubicación de la finca;
Fuente: Google maps*

5.3.2 Desplazamiento:

Para poder llegar a la finca, se tuvo en cuenta los desplazamientos desde tres ciudades principales distintas (Duitama, Tunja y Bogotá), además se debe tener en cuenta que desde el casco urbano del municipio el hasta la finca hay un tiempo aproximadamente de una (1) hora, esto ya que se debe desplazar a través de carreteras terciarias, y dependiendo de la temporada del año las condiciones de la carretera pueden variar por las lluvias o por los posibles deterioros por descuido de la administración municipal, este desplazamiento se realiza normalmente por la ruta que se muestra en la Ilustración 6.



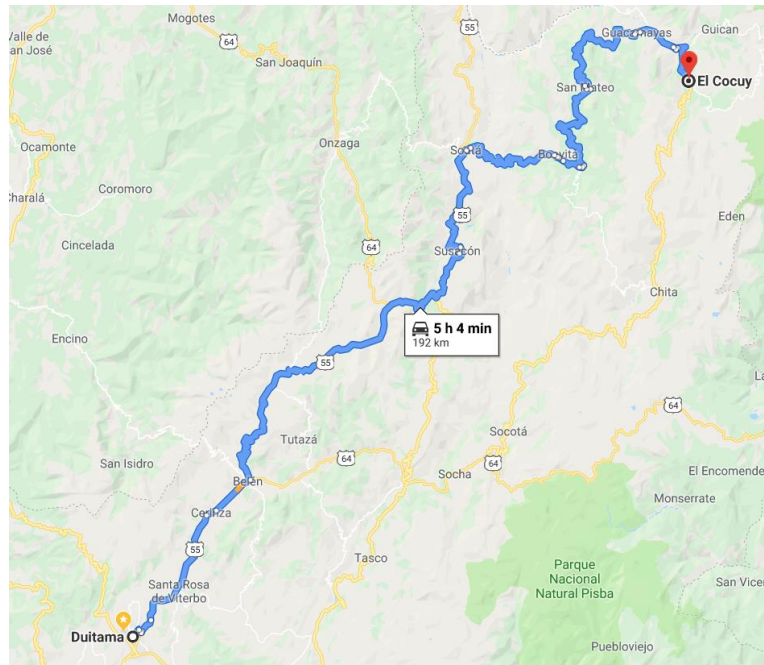
*Ilustración 6 Ruta hacia la finca desde el municipio del Cocuy;
Fuente: Google maps*

Para poder llegar a la finca obligatoriamente se debe llegar primero al casco urbano del municipio del Cocuy, para tener una idea de los desplazamientos, se tomaron como referencias los desplazamientos desde las ciudades anteriormente mencionadas Duitama, Tunja y Bogotá D.C. a continuación se ilustra cómo se realiza normalmente el desplazamiento esto teniendo como referencia los datos proporcionados por la herramienta de mapas de Google (“6°19’02.8”N 72°24’38.3”W - Google Maps”, s/f) 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 tiempo promedio de 5 horas, como se muestra en la Ilustración 7, este trayecto atraviesa un total de 10 municipios y en el trayecto se pasan por diferentes pisos térmicos y 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 3.415 m.s.n.m. y en su

parte altura más baja del recorrido alcanza una altura de 1.368 m.s.n.m. entre los municipios de Soatá y Boavita pasando por el río Chicamocha esto hace que el desplazamiento presente condiciones difíciles para los conductores aspectos como el cansancio los cambios de altura pueden generar dificultades de salud temporales que deben ser tenidos en cuenta.



*Ilustración 7 Ruta desde la ciudad de Duitama Hasta el Cocuy
Fuente: Google maps*

- **Desplazamiento Tunja-El cocuy**

Se tomo como referencia también la capital del departamento de Boyacá principalmente por ser la capital y representa el punto más importante del departamento, la distancia aproximada es de 245 Km, los cuales se recorren aproximadamente en unas 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 fuera de los problemas mencionados anteriormente.

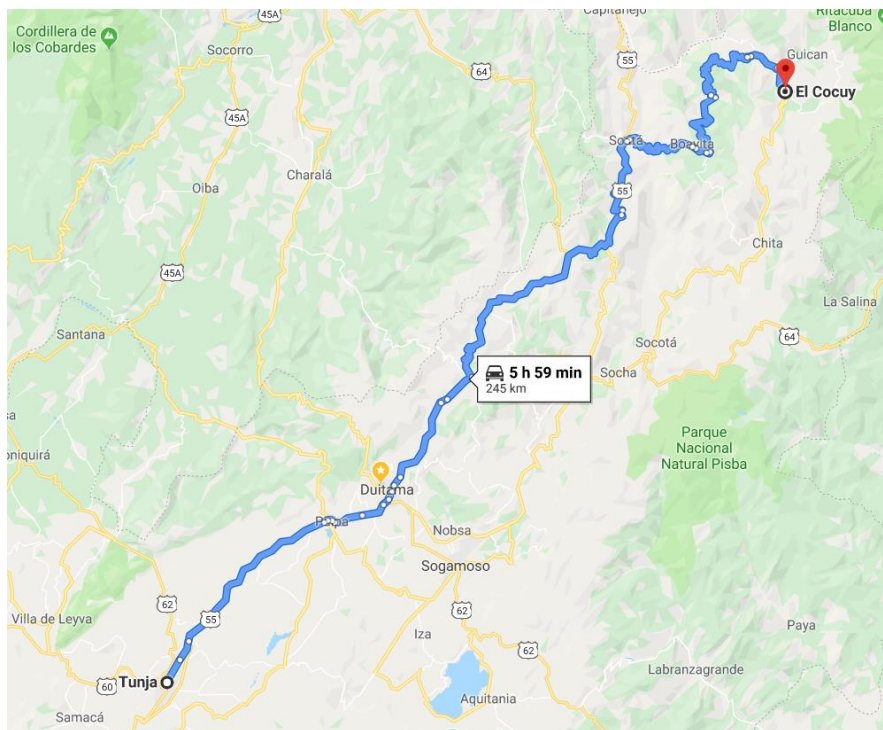
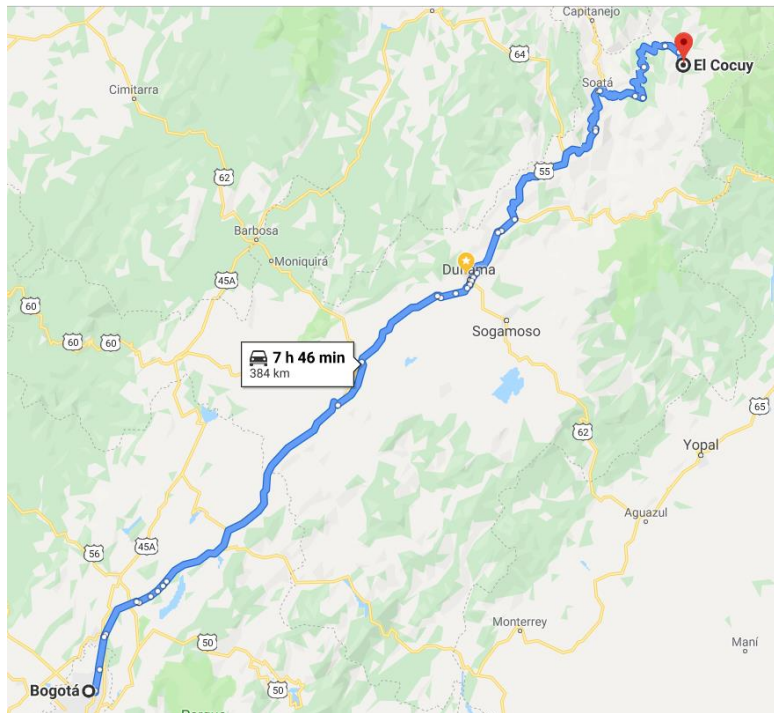


Ilustración 8 Ruta desde la ciudad de Tunja Hasta el Cocuy
Fuente: Google maps

- **Desplazamiento Bogotá D.C.-El cocuy**

La distancia entre la capital del país y el casco urbano del municipio del Cocuy es de 384 Km, que representan un tiempo de desplazamiento 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 existe una cantidad total de 4 peajes en el trayecto completo.



*Ilustración 9 Ruta desde la ciudad de Bogotá Hasta el Cocuy
Fuente: Google maps*

5.3.3 Terreno

- **Finca**

Después de hacer una visita a la finca realizo un desplazamiento por el perímetro de la finca, con una herramienta de medición de coordenadas se determinó el contorno de la finca, lo cual permitió generar un bosquejo 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 18.4991,37 m² del otro terreno, como se muestra en la Ilustración 10, en la cual se puede observar el detalle de la distribución de la finca según las mediciones realizadas en la visita realizada a la finca, en la ubicación señalada en el centro de la Ilustración es en donde se encuentra ubicada la casa que sirve como punto de referencia.

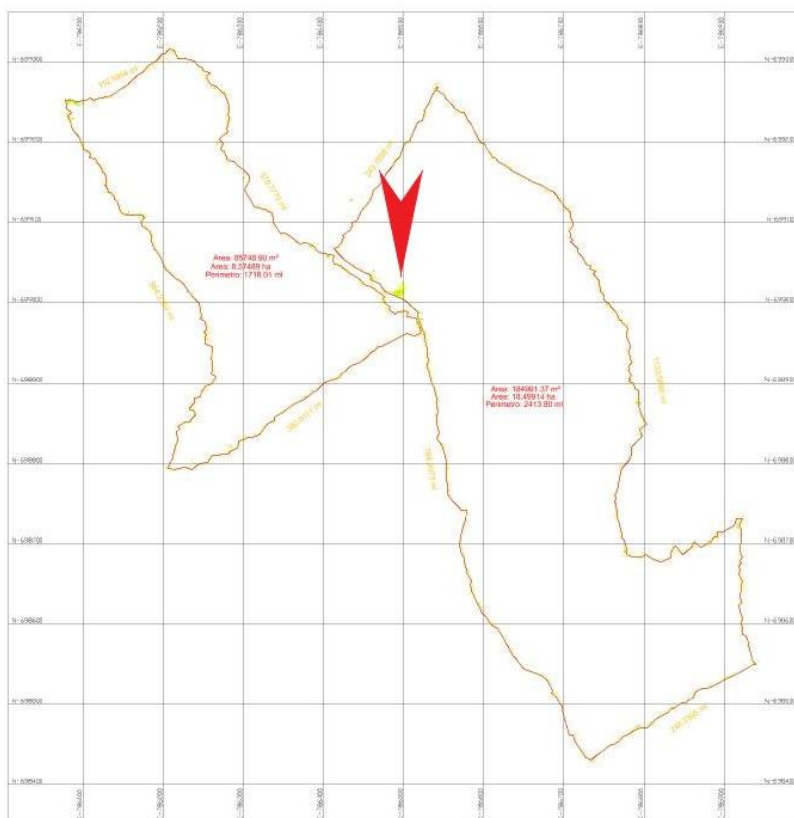


Ilustración 10 Área total de la finca
Fuente: Autor

- **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 y tiene mucha área de su extensión en terrenos pedregosos y muy inclinados, el área para cultivo real es más reducida y se encuentra seccionada y diferenciadas de acuerdo con las mejores zonas para poder cultivar. Estos terrenos se encuentran distribuidos como se ve en la Ilustración 11, 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 cultivo.

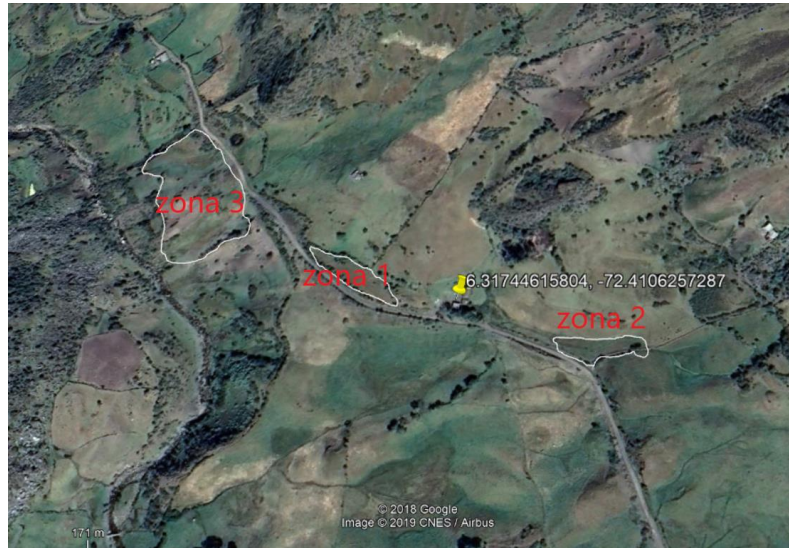


Ilustración 11 Zonas de cultivo
Fuente: Google maps

Como se puede en la ilustración, la delimitación de 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 a la orilla del río, además de esto está en una zona muy 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 4.000 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 de sensores que se van a implementar. La zona 1 de cultivo tiene un área aproximada de 2.049 m^2 , estas medidas son aproximadas pero teniendo en cuenta el tipo de cultivo no es un dato muy relevante para

tener en cuenta, otro parámetro importante de esta zona es que se encuentra frente a la casa con línea de vista, lo que facilita la implementación del sistema además de tener línea de vista del cultivo y de los equipos para poder mantenerlo bajo control la infraestructura para impedir hurtos o daños de estos equipos y 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 compleja para la implementación en la fase inicial, por lo que esta zona es la que se escoge para hacer los fase inicial de implementación del proyecto.

Esta investigación se centrara 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 brindara 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.

6 OBJETIVOS

6.1 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.

6.2 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.

7 MARCO REFERENCIAL

7.1 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 e industrial, donde las nuevas tendencias tecnológicas a la que se conocen con el nombre de Colaboración o Collaboration por su nombre en Inglés (Valentine, s/f). 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. Por esto se conoce mundialmente como la red de redes, una definición simple pero concreta del término internet; estos dispositivos conforman conexión de red que pueden ir desde la conexión punto a punto, hasta la conexión global de internet.

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 internacional los protocolos, separando en siete capas (Ver Ilustración 12), 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.

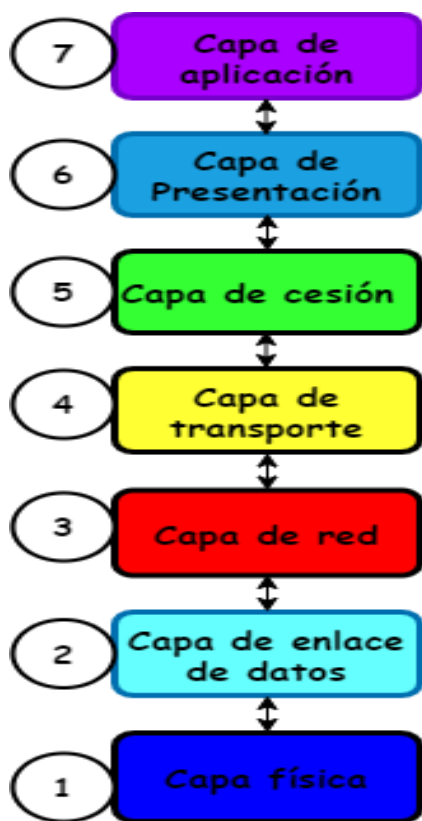


Ilustración 12 Modelo OSI
Fuente: Autor

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 llamados Switches(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 la

NIC o tarjetas de red inalámbricas, que se encuentra integrada en los dispositivos; 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 es superficial no de fondo(Sequeira, 2013).

Una red WAN (Wide Área Network) es una red conformada por la interconexión de varias LAN's, redes conformadas por dispositivos conectados en extinciones pequeñas, en la cual el dispositivo que permite la interacción entre dos o más LAN's es un Router, dispositivo que cumple con funcionalidades de conectividad de redes que si lo posicionamos en el modelo OSI, estaría posicionado en la capa tres o capa de red(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, s/f).

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

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 física de propiedad privada 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.

7.2 MARCO HISTÓRICO

El sector agropecuario constituye una gran parte del rubro de la economía de muchos países, en el caso de Colombia la agricultura ha tenido una fluctuación importante, aumentando y disminuyendo su influencia en el PIB, los factores que más influyen en la disminución de su influencia en el PIB del país son, sin orden aparente, la alta competitividad con precios internacionales, los altos costos de producción, aumento de importación de productos agrícolas, problemas de orden público, desplazamiento de campesinos, legalización y restitución de tierras.

Un factor importante es la que viene en el área de transporte la infraestructura vial de territorio colombiano, si bien en los últimos años ha mejorado en años previos, la infraestructura era precaria, actualmente hay problemas de inversión para proyectos nuevos, y en su mayoría son enfocados en renglones de la economía como transporte y en regiones más principales como capitales o con rumbos hacia ciudades principales, pero las infraestructuras de regiones productoras que en su mayoría son poblados pequeños, en regiones apartadas, es en estos lugares donde se busca o se necesita mejorar las condiciones para que se pueda generar fuentes de ingreso en regiones vulnerables y con el aprovechamiento de que la seguridad nacional está mejorando poco a poco se puede encontrar beneficios y enfocar recursos a mejorar las necesidades en territorios que antes no

se pensaba, otros factores importantes que afectan de manera considerable la producción agrícola son la mano de obra, la tierra en sí misma, las técnicas de producción, es importante que se tenga un control eficiente entre los costos de producción y los procesos de comercialización, hay que garantizar que este equilibrio de manera propicia para una producción eficiente y que genere ingresos importantes para los productores.(Castaño Giraldo & Cardona Gómez, s/f)

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.

Municipio Del 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 la 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).

7.3 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 LAN,

se podría decir que es la base fundamental de una LAN(Sequeira, 2013), lo cual hace parte fundamental de las redes en las cuales se quiere o necesita comunicar diferentes sensores con una funcionalidad específica, intercambio o distribución de información y confirmación de redes más complejas de equipos.

El Router es un dispositivo de Capa 3 del modelo OSI, el cual permite la interconexión de varias rede LAN, conformando así una red 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 estas redes, uno o más dispositivos dispositivo de seguridad llamados Firewall, los cuales realizan 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, s/f), en pocas palabras estos equipos permiten dar un cierto nivel de seguridad a las redes pequeñas para poder conectares a la red de redes sin que su información valiosa sea vulnerada.

Una WSN (Wireless sensor Network) 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 de comunicación por medios no guiados como ondas electromagnéticas a distancias considerables dando la posibilidad de extender las redes o

hacerlas escalables, 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).

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 radioenlaces, fibra óptica, 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 satelitales pueden ser punto a punto, un satélite dirigido a un único receptor, o pueden ser punto-multipunto (un satélite cubre un área determinada del planeta con lo que se da servicio a este terreno sin inconvenientes)(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, s/f)

Enlaces de radiofrecuencia

Los enlaces de radio frecuencias o radioenlaces son aquellos enlaces en los cuales el medio de transmisión para la información son las ondas electromagnéticas. Estas tecnologías tiene una serie de características que la hacen :(Angel Caffa, 2016).

- Fáciles de implementar
- Transportan la información en grandes distancias
- Son omnidireccionales, lo cual quiere decir que en ciertos casos pueden transmitir información en un rango de espacio determinado.
- No es necesario alinear con cuidado la antena de emisor y receptor.
- Tienen una desventaja, se ven afectadas por motores y otros equipos eléctricos
- Ofrecen un ancho de banda bajo.

Los enlaces de radiofrecuencia tienen las siguientes características:

- Trabajan 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 Km.
- Debe haber visibilidad directa entre los puntos de emisor y receptor.
- El ancho de banda es del orden de las decenas a los cientos de MHz.
- La lluvia absorbe las ondas, lo cual representa una desventaja para enlaces con niveles de servicio muy altos.

Cultivo de papa:

Para poder tener un cultivo adecuado de la papa es necesario conocer un poco de esta, sus características principales es que es una planta que cuenta con dos sistemas un sistema de características aéreas y otro subterráneo, es importantes que se tenga un control eficiente de las partes de esta planta, de sus características morfológicas es importante conocer que la planta tiene: raíces, tallos, rizomas, que son tallos subterráneos, tubérculos, hojas, inflorescencias (flores), frutos, para poder tener el control eficiente del crecimiento de la planta, se deben tener controladas las siguientes variables, que directamente benefician o afectan el crecimiento de la planta, en los territorios andinos se cultiva la planta en zonas frías, por lo que las variables principales a controlar son:

- Temperatura: para un crecimiento óptimo de la planta se requiere un rango de temperatura entre los 13°C y lo 18°C, pero además es importante tener en cuenta que al momento de realizar la plantación se debe tener una temperatura estimada de 7°C, si estas temperaturas bajan mucho se pueden presentar problemas de la planta y afectar su crecimiento.
- Heladas: si bien la temperatura se debe garantizar en el rango anteriormente mencionado, dada las condiciones reales del territorio, si las temperaturas bajan de los 0°C la planta se hiela y se muere.
- Humedad: la humedad es un factor muy importante que afecta todo el ciclo de vida de la planta, se debe garantizar un rango entre los 600 y los 1000 milímetros por ciclo de producción, esto dependiente de la temperatura y condiciones del terreno, este control garantiza que, si llega a ser necesario, se puedan programar o efectuar riegos adicionales si el cultivo lo requiere.

- Suelo: si bien el terreno en si es importante ya que los terrenos pedregosos y compactados no permite un crecimiento optimo por que la planta no tiene las características para crecer en estas condiciones, es también importante garantizar unos rangos de PH en el terreno para poder mantener sana la plana, los rangos óptimos que soporta la planta son entre los 5,5 y los 6, que son suelos considerados salinos.
- Velocidad del viento: ya que la planta tiene un sistema aéreo por su morfología, se debe cuidar que el viento que incide en la planta no supere velocidades de 20Km/h ya que podría afectar la planta y directamente afectar su desarrollo.(Zuñiga Chila, Morales Espinoza, & Estrada Martínez, 2017)

7.4 GLOSARIO DE TÉRMINOS

- Alcance: Determina el problema/oportunidad y establece la meta del proyecto, define los objetivos del proyecto y determina los criterios para el cumplimiento. “El alcance del proyecto debe incluir solo el trabajo necesario”.(Wysocki, Beck, & Crane, 2013)
- 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, s/f)
- HLD (High Level Desing): 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 término 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”, s/f)

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

8 EJECUCIÓN DEL PROYECTO

8.1 VARIABLES DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS

Para el 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 et al., 2017), tal y como se investigó en la fase preliminar del documento en donde se realizó un investigación de las características tanto de morfología con de necesidades para la planta, estos datos y otros parámetros son importantes para tener bajo control con mediciones constantes y con controles periódicos del terreno, además de tener una posibilidad de poder tener un control del cultivo en tiempo real y en rangos de tiempo ya que estos dos tipos de monitoreo son las más necesarios para el control de cultivos tal y como lo menciona la literatura revisada en la investigación realizada, y esta capacidad de controlar y mantener un registro tanto de imágenes como de datos de la evolución del cultivo que permiten dar datos relevantes para el profesional que esté a cargo de gestionar la perfecta evolución del cultivo.

8.2 ACCESO A LA RED DE PROVEEDORES

De acuerdo con la investigación realizada en etapas previas, 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 y dadas estas condiciones se dificulta muchísimo tener accesos de internet en tecnologías móviles, por la falta de infraestructura de proveedores, y por medios cableados aún más complejo por la distancia y poca cantidad de posibles cliente hacen que los proveedores de servicios no vean viable económicamente tender redes de comunicación en la región, adicional esto en una región de paramos los únicos medios de acceso factibles para esta ubicación son mediante radioenlaces o enlaces satelitales, descartando medios cableados como la fibra óptica o tecnologías de comunicaciones masivas como los servicios que se brindan en ciudades por lo mencionado previamente.

Un dato importante es que en la región es muy común encontrar que en las casas rurales los habitantes cuenten con servicio de televisión en modalidad prepago con servicio de televisión satelital mayormente con el proveedor DirecTV de hecho en la finca se cuenta con este servicio.

8.2.1 Acceso mediante radio enlace

Entre las alternativas posibles para una implementación con estas condiciones y una de las más posibles para implementar se tiene el servicio provisto mediante tecnología de radioenlace, si bien en este proyecto se puede instalar equipos necesarios en alguna torre de repetición 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 2.114 m.s.n.m. siendo esta torre 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 en análisis que se realizó para la implementación la tecnología necesaria para la implementación de radioenlace, las simulaciones realizadas desde el cerro de Mahoma hasta la ubicación de la finca, realizadas 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 como parámetros de referencia, con una frecuencia de trabajo mínima de 4.920Mhz-6.000Mhz, todo con fines de simulación únicamente.

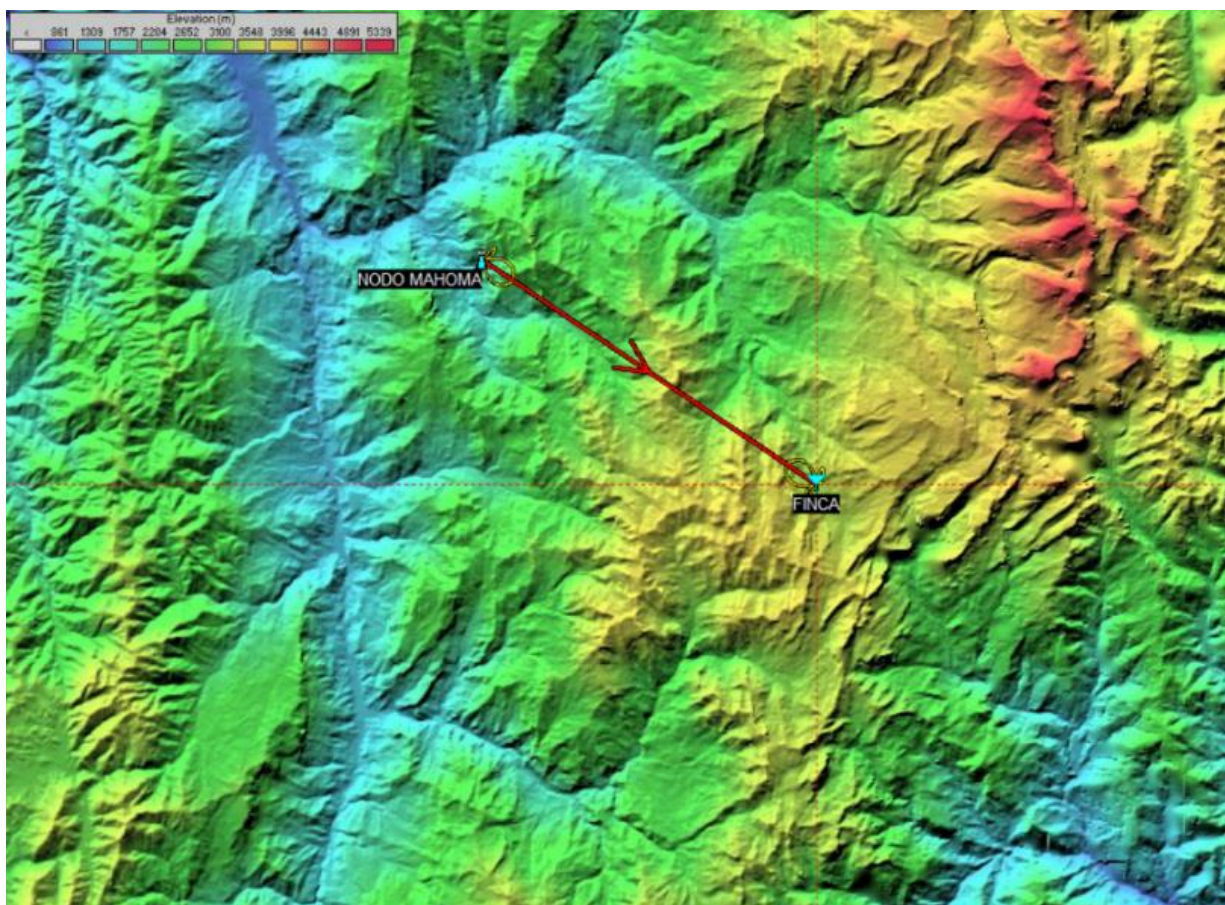
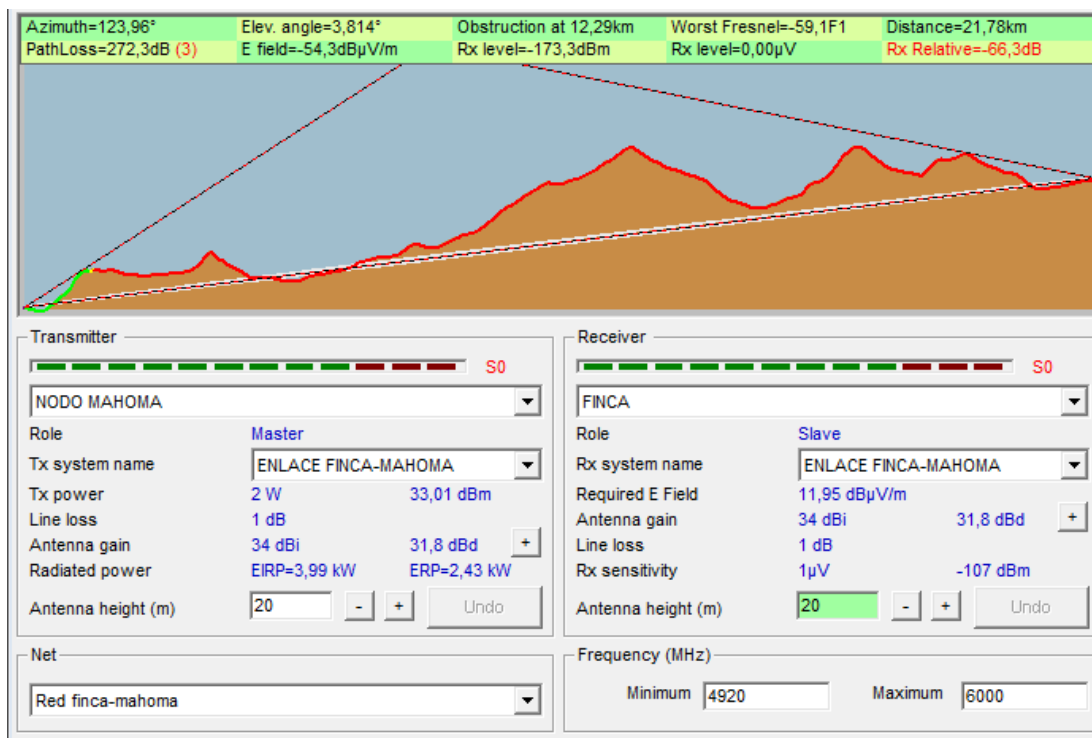


Ilustración 13 Simulación Radio enlace
Fuente: Autor



*Ilustración 14 Resultados de propagación.
Fuente: Autor*

8.2.2 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:** con planes de 20 Mbps, 30 Mbps, 40 Mbps y 50 Mbps y planes para PYMES planes de 35 Mbps, 50 Mbps, 75 Mbps, 150 Mbps, 250 Mbps que se pueden adecuar de acuerdo con el presupuesto que se destine al proyecto.

- **Axesat:** este proveedor maneja servicios para empresas legalmente constituidas, podría ser una opción a tener en cuenta, en esta fase de la planeación del proyecto es complicado solicitar una cotización de las capacidades de internet disponibles para la región, esto hasta no constituir formalmente una empresa que ejecute el proyecto.
- **DirecTV:** este proveedor maneja planes de internet de 2 Mbps, 4 Mbps, 6 Mbps, 10 Mbps y 20 Mbps.

Estos son algunos de los proveedores que brindan servicios de internet satelital en el país lo cual brinda cobertura en donde los otros proveedores y tecnologías, por medios tradicionales no pueden llegar y dar servicio, no solamente en esta región sino en todo el territorio nacional por lo que esta implementación se puede replicar en cualquier parte del país.

8.3 SOLUCIÓN DE MONITOREO

Para el sistema de monitoreo remoto se sugiere un sistema de video vigilancia, el cual servirá como sistema de supervisión para el personal profesional, este sistema servirá para ejercer un control visual de la evolución del cultivo, así mismo servirá como herramienta de seguridad para la supervisión de la infraestructura instalada y también se propone una red de sensores para la zona de cultivo que realizara la medición y censo de las variables que el especialista considere necesarias para monitorear adicionalmente a las variables que se consideran vitales para el crecimiento del cultivo, variables que según la investigación se determinaron las necesarias para tener un control óptimo, estos dos sistemas se implementaran en la zona de cultivo que se indicó previamente que cuenta con las características más apropiadas de ubicación, la cual comprende un área estimada de

$2.000m^2$, esta solución como se indicó previamente se puede replicar en cualquier terreno, pero teniendo en cuenta las condiciones iniciales y como un plan piloto se planea implementar en este terreno que brinda las mejores condiciones para la fase inicial, 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.

8.3.1 Descripción técnica

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

Para este caso la zona 1 de cultivo, se implementará un sistema de comunicación inalámbrico, necesario para el funcionamiento 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 para que se pueda realizar la correcta adquisición de la información del cultivo.

Para el sistema de Video y sensores se proponen la siguiente distribución respectivamente, teniendo en cuenta la mejor disposición para poder cubrir la totalidad del terreno con la cantidad de cámaras propuestas:

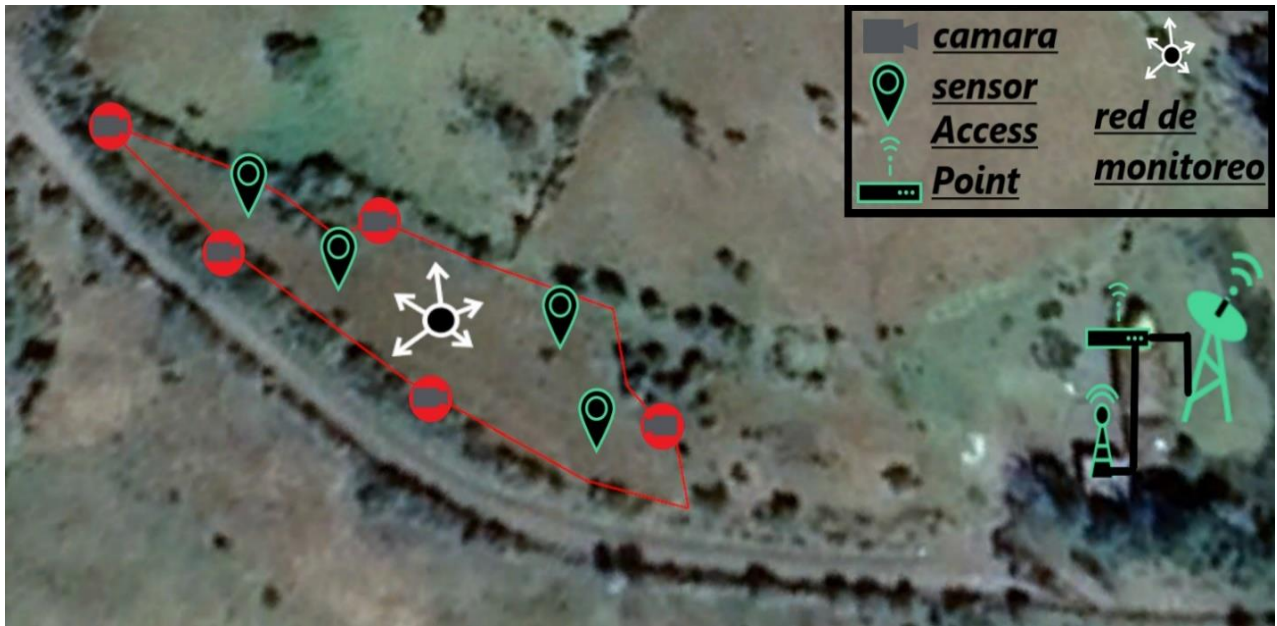


Ilustración 15 Distribución de equipos de monitoreo
Fuente: Autor

8.3.2 Zona de cultivo para monitoreo

La distribución del sistema de video y red de sensores se compone de un circuito cerrado de televisión (CCTV), puede estar compuesto por cámaras fijas tipo bala exterior o cámaras Pan tilt zoom (PTZ), dependiendo de los recursos económicos con que se cuenten en el momento de la implementación, 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 así como también que permita tener una visibilidad de la infraestructura, dependiendo el tipo de cámaras que se implementen se puede modificar la cantidad de equipos ya que con las cámaras PTZ se puede cubrir un área mayor del terreno gracias a su movilidad mientras que con las cámaras tipo bala se tiene una visión fija del terreno, ya sea en tiempo real o mediante un respaldo de información que se almacenaría en un espacio dedicado, para el almacenamiento de la

información con un rango de periodicidad que cumpla las necesidades este requerimiento se puede cumplir con cualquiera de los dos tipos de cámaras.

Teniendo en cuenta las necesidades mencionadas anteriormente, las cámaras se distribuyen de la siguiente forma, con la posibilidad de modificar la cantidad de cámaras de ser necesario o prioritario para reducir costos ya que el sistema de video no es prioritario para el cultivo como si lo es la red de sensores, la disposición propuesta a continuación es para un número mínimo de cámaras con un cubrimiento optimo del terreno:

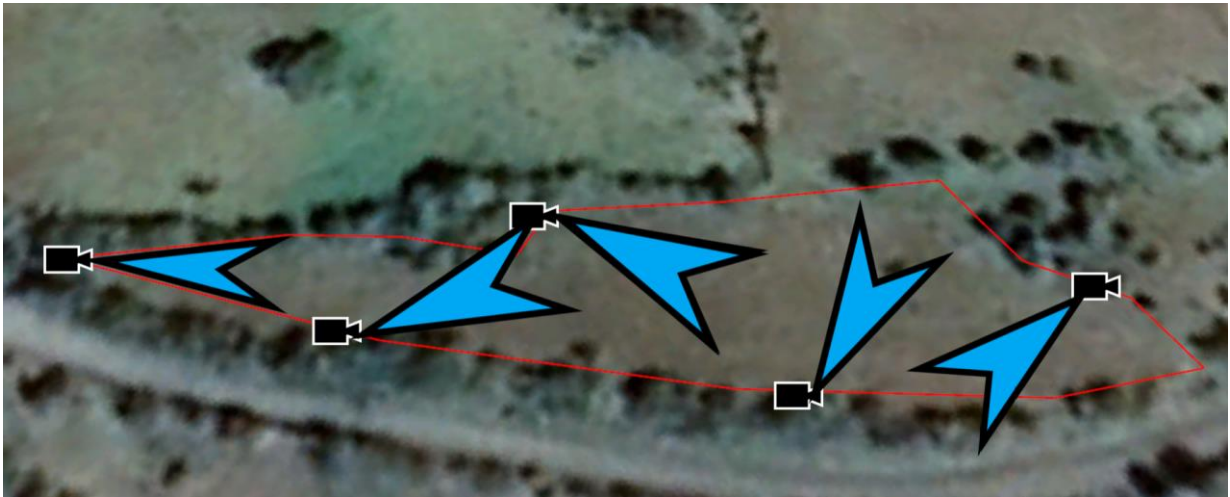


Ilustración 16 Distribución de cámaras en el terreno de cultivo
Fuente: Autor

Los dos tipos de cámara propuestos que podrían ser implementados bajo las condiciones ambientales, como se mencionó previamente son las cámaras tipo bala o tipo PTZ, las características principales de los dos tipos propuestos son las relacionadas a continuación.

- Cámaras tipo bala: este tipo de cámaras son estupendas para todo 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, como piedras, insectos, o animales,

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, switch o Access Point Wi-Fi, 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-hfaw1200rnvf-hdcvi-1080p-ip66>

- **Cámara PAN-TILT-ZOOM (PTZ):** 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 específico, se pueden programar determinadas zonas de movimiento de la cámara para hacer barrido sobre el terreno en ciertos rangos de tiempo, por lo que facilitaría el tener una visión más completa del terreno y esto se puede ver adicionalmente como un complemento a la seguridad física del terreno ya que se puede observar los alrededores y no únicamente el cultivo en sí mismo, 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, lo que representa un factor importante en la etapa de adquisición de equipos para optimizar costos.



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 propone la utilización de las cámaras tipo bala ya que se desea priorizar el cultivo sobre el resto de variables de seguridad, por lo que las cámaras PTZ representarían un sobredimensionamiento para esta solución específica y la cámara se fijará grabando una región específica y únicamente cubrirá esa región de interés y se fijaran en esta posición, si se quisiera implementar cámaras 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 un análisis cuidadoso de los costos para que se pueda optimizar el diseño de la mejor manera.

8.3.3 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, parámetros que de acuerdo con la literatura son los parámetros mínimos de control para tener en buen estado el cultivo de papa. 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 porque de presentarse temperaturas inferiores a los -2°C por periodos extendidos en el cultivo se puede helar y morir, más teniendo presente que en el cocuy se presentan temperaturas promedio 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 la evolución del proyecto y 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, con un control adecuado de humedad en el terreno se pueden generar planes específicos de riego, para ahorrar recursos y aprovechar las lluvias de la temporada de la mejor manera, 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, ya que este parámetro previene que el cultivo se llegue a enfermar como lo indica la literatura investigada.(Zuñiga Chila et al., 2017).

Otro parámetro importante de medición que ayuda a potenciar el crecimiento y producción de la papa es el PH del terreno, para el caso de los cultivos de papa se deben manejar

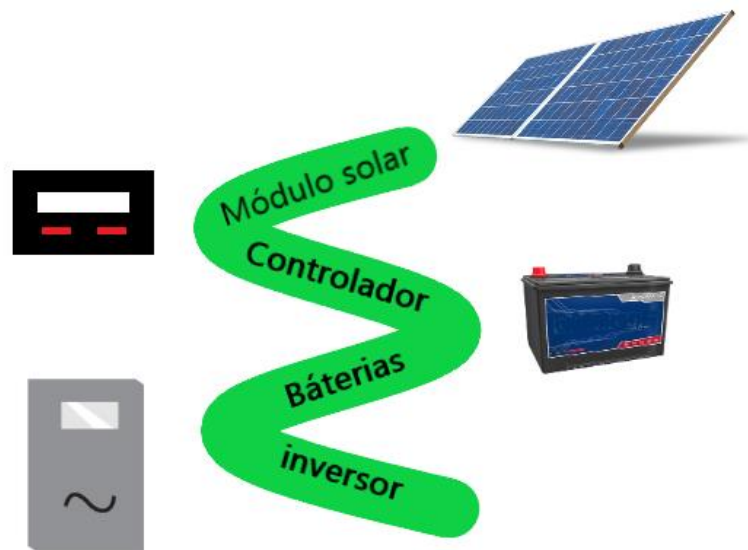
rangos entre los 5,5 y los 7,0 en terrenos con baja salinidad, lo cual ayuda a optimizar administración de nutriente en el terreno, compras de abonos y demás.

Otra variable relevante de medición es la velocidad del viento que afecta principalmente el sistema aéreo de la planta ya que si las velocidades del viento que inciden en la planta superan los 20Km/h se podrían generar daños en la planta y generar disminución 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”, s/f)

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 técnicas mínimas e importantes para esta implementación, la más importante es que sean gestionable mediante IP, o de lo contrario se debe adquirir más equipos que hagan la labor de centralizador de la información y hacer una recolección de los datos manualmente, para luego enviarlos a una base de datos que se pueda administrar remotamente o por alguien en la finca y transmitirlos vía internet al profesional del agro que los solicite, 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 este sistema puede variar de acuerdo con las características propias de cada sensor que se utilice.

8.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para el suministro de energía del sistema, tanto de las cámaras de video como para los sensores, se propone una solución mediante energía alternativa en este caso energía solar, sistema que está conformado por un módulo solar (panel 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 y constante 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 solar 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 o en tiempos que las nubes no permitan el paso de la luz solar de forma directa.
- **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, se sugiere que en la etapa de adquisición de equipos se tenga en cuenta el tipo de alimentación de la totalidad de los sensores, para no tener que adquirir equipos adicionales por solamente uno o dos equipos específicos, lo ideal es estandarizar las tecnologías, este equipos 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 rígida para el posicionamiento de los equipos que serán instalados, en el proyecto se tienen estimados el uso de postes para la instalación tanto de los sistemas de suministro de energía, como de soporte para las cámaras y de estos mismos poder tomar alimentación para la red de sensores.

8.5 DISEÑO Y TOPOLOGÍA

8.5.1 Diseño

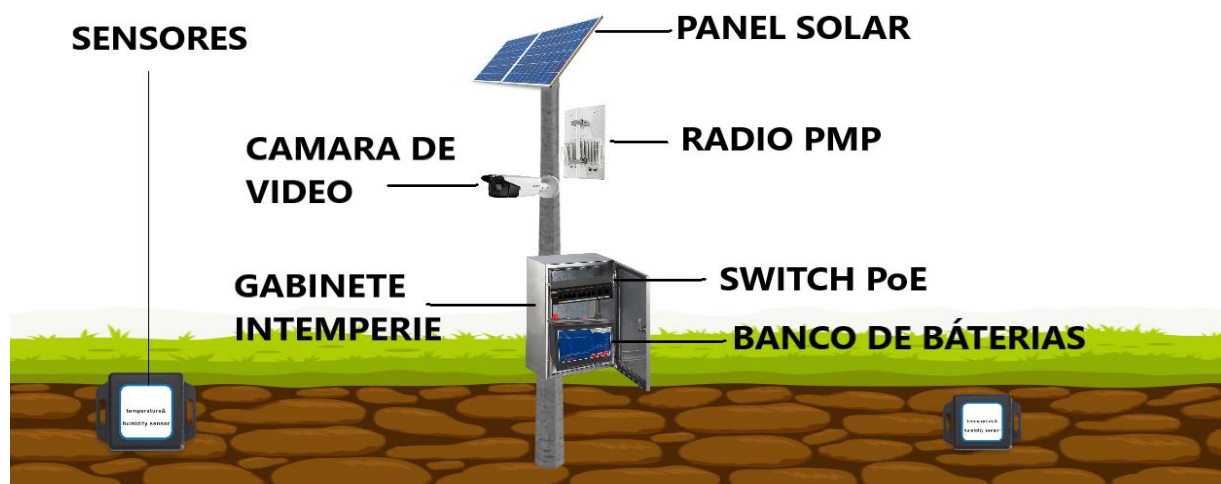


Ilustración 20 Diagrama de disposición de equipos
Fuente: Autor

El diseño para implementar en cada uno de los postes donde se ubicarán las cámaras y el sistema de alimentación se muestra en la Ilustración 20. Se instalará una caja de control impermeable la cual llevará un Switch PoE el cual alimentara a la cámara y a los sensores, adicional se instalará un banco de baterías que darán soporte a toda la electrónica que se instalara 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.

8.5.2 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 hacia Internet. No se plantea un sistema con alta disponibilidad ya que esto implicaría un aumento en los equipos y no es prioritario tener conectividad con altos requerimientos de disponibilidad, 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 que proporciona la conectividad hacia Internet, la cual brindaría la conexión desde cualquier ubicación para monitorizar el cultivo y sus variables, se puede observar que se cuenta con un controlador wifi central la cual brindara 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 las postas, 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 instalaran sistemas de alimentación energético 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 posteriormente esto se definirá cuando se precise el tipo de monitoreo que se requiera, en tiempo real o en rangos de tiempo, adicional de tener en cuenta 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.

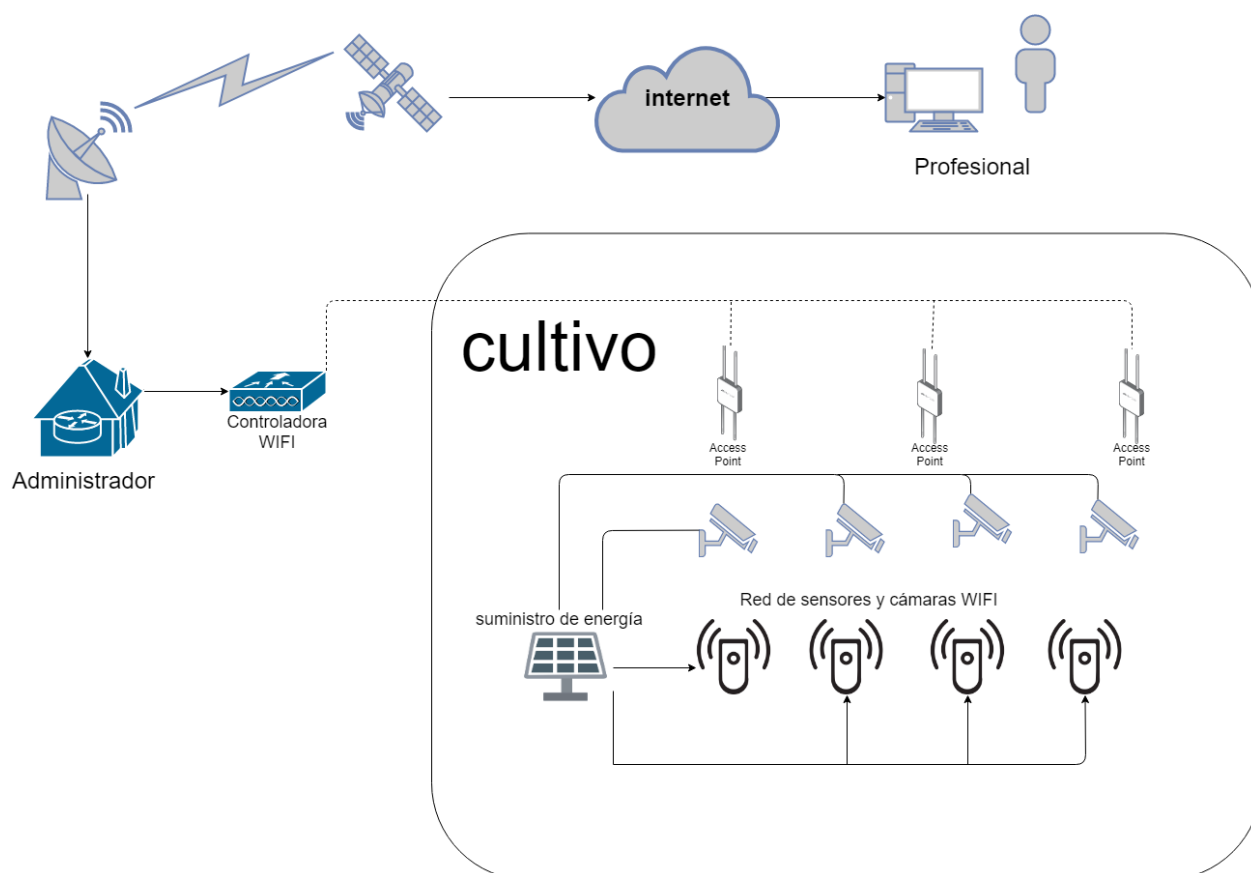


Ilustración 21 Topología de la solución
Fuente: Autor

8.6 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 y con condiciones diferentes aplicables a otro tipo de cultivos con variables de medición diferentes a las planteadas en este documento, en cualquier región del territorio nacional.

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, tiempos de compra, proveedores, entre otros.

Ítem	Equipo	Descripción	Cantidad
1	Controladora Wifi	Brinda acceso a los dispositivos remotos.	1
2	Servicio de conectividad	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, conectores, cables, etc.	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 y es que tiene una necesidad especial e importante, que representa un costo recurrente mensual y es el servicio de conectividad a internet, la solución satelital necesaria para la conectividad de la solución hacia internet, por lo que para la misma se deben tener presupuestados adicionales, 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, pero si bien se puede estudiar la posibilidad de adquirir servicios de conectividad temporales que funciones en rangos de tiempo cuando sean necesarios y no tener conectividad el 100% del tiempo.

8.7 IMPLEMENTACIÓN

Para el proyecto se plantea una EDT (estructura de desglose de trabajo), en el que se proponen los paquetes de trabajo requeridos para la implementación del proyecto de forma general, los cuales se estiman sean los necesarios para la implementación del proyecto, como se demuestra en la Ilustración 22, son actividades macro y cada una representa un hito en el proyecto como lo es la compra de equipos, o las pruebas de los sistemas entre otros.

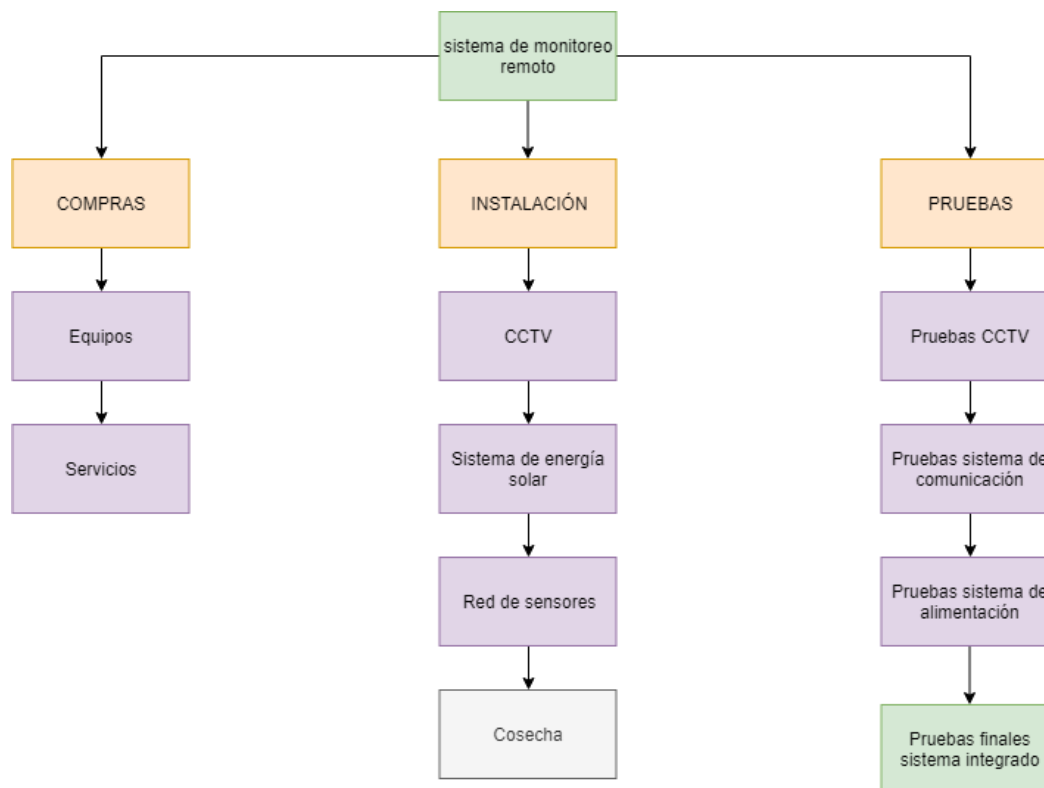


Ilustración 22 EDT proyecto
Fuente: Autor

El proyecto se puede separar en fases las cuales esta demostradas en el EDT, en donde lo más importante es la disposición o despliegue de la red de sensores, para que se pueda cubrir de manera eficiente el terreno a plantar, por lo que se debe saber exactamente la extensión de la plantación, otra fase es la compra de los equipos, otra fase importante es la instalación de los equipos y una adicional es la configuración de los equipos, la adquisición del sistema satelital y la integración del sistema, para identificar este plan de 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	vie 1/01/21	jue 28/01/21		Daniel ramirez;Clemencia velasco
2		Envio de equipos al terreno	1 día	vie 29/01/21	vie 29/01/21	1	proveedores
3		Adquisicion de sistema satelital	15 días	lun 1/02/21	vie 19/02/21	2	Clemencia velasco
4		Instalacion de equipos	17 días	lun 1/02/21	mar 23/02/21	2	
5		instalacion postes de soporte	1 día	lun 1/02/21	lun 1/02/21	2	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3;Capataz de la finca
6		Instalacion sistema solar	2 días	mar 2/02/21	mié 3/02/21	5	Daniel ramirez;tecnico 1;tecnico 3;tecnico 2
7		Instalacion CCTV	1 día	jue 4/02/21	jue 4/02/21	6	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3
8		Instalacion radios PMP	0 días	lun 1/02/21	lun 1/02/21	5	tecnico 1;tecnico 2;tecnico 3
9		Instalacion sensores	2 días	vie 5/02/21	lun 8/02/21	7	tecnico 2;tecnico 3;tecnico 1
10		Instalacion de sistema satelital	2 días	lun 22/02/21	mar 23/02/21	3;7	proveedor
11		integracion de sistema	2 días	mié 24/02/21	jue 25/02/21	4;10;9;7;6	Daniel ramirez
12		inicio de plantacion	8 días	vie 5/02/21	mar 16/02/21	7	Capataz de la finca
13		Analisis de terrenos	1 día	mié 17/02/21	mié 17/02/21	12	Daniel ramirez;profesional agronomo
14		disposicion de sensores en terreno	2 días	jue 18/02/21	vie 19/02/21	13;12	tecnico 1
15		pruebas de conectividad y adquisicion de datos	1 día	vie 26/02/21	vie 26/02/21	14;11	Daniel ramirez;profesional agronomo

Ilustración 23 Cronograma de proyecto estimado
Fuente: Autor

Como se puede observar el cronograma del proyecto en su totalidad tiene una duración estimada de 41 días con una fecha de inicio estimada el 1 de enero del año 2021, estas fechas son estimadas ya que se pueden ajustar a la fecha de plantación prevista de la finca, se puede mover la fecha de inicio y si se hace un control eficiente de las actividades, no se presentan inconvenientes, se puede garantizar el plazo estimado en este cronograma, 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, lo cual al finalizar el proyecto se puede tener un control completo de la ejecución para posteriores implementaciones en diferentes regiones de la finca o para implementaciones en diferentes zonas del país.

La ruta crítica del proyecto, que indica las actividades más importantes del proyecto y que delimitan la duración del mismo, es la ruta que se da por las actividades que se muestran en la ilustración 24, en la ruta indicada en color rojo con las actividades 1, 2, 3, 10, 11 y 15 son actividades sin ningún tipo de holgura de tiempos o rangos de movimiento que permitan alargar la duración 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 crítica, pero si es importante tener un control para hacer una eficiente ejecución y no sobre costear el proyecto con el pago de recursos adicionales de personal.

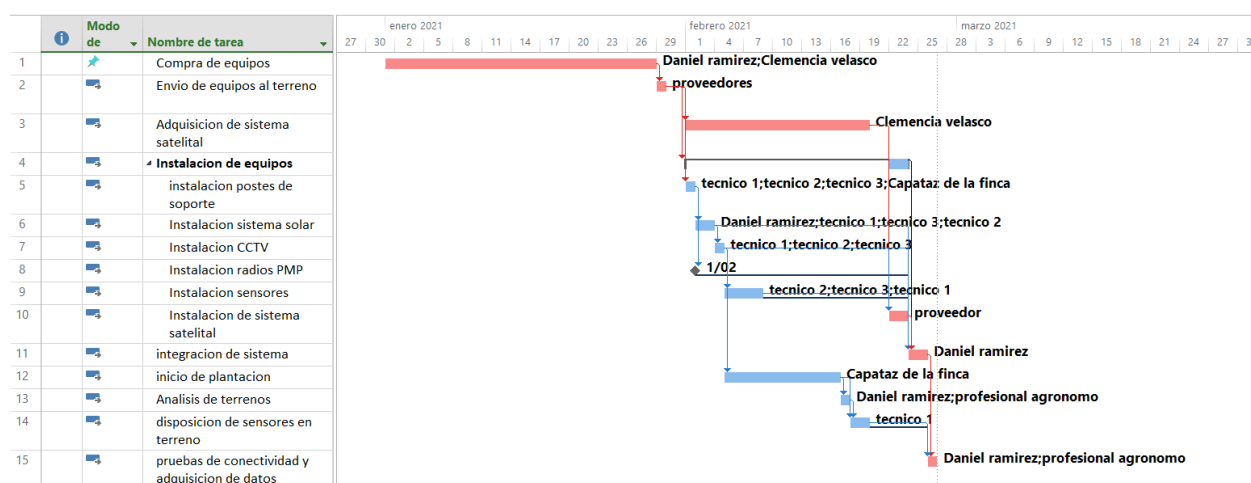


Ilustración 24 ruta crítica del proyecto

Fuente: Autor

8.8 MODELO DE GESTIÓN

El modelo para la gestión del proyecto se propone una estructura organizacional simple en la que participan esencialmente tres (3) roles principales, 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 quien finalmente será el que gestione la

información y le de valor al proyecto y finalmente el técnico en campo que ejecutar las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo en el campo se sugiere que sea una persona con conocimientos del campo y de las tecnologías que no necesariamente debe ser personal capacitado para las labores, pero se sugiere se capacite personas de la región para generar nuevos trabajos y nuevas oportunidades en la región.

A continuación, se muestra el modelo de estructura organizacional propuesto para el proyecto, hay que tener en cuenta que en la fase de implementación se requieren más recursos de personal y económicos, ya que en la fase de instalación se requieren más personal para las actividades instalación de equipos e infraestructura, pero en la etapa de operación los recursos se reducen a los mencionados anteriormente.

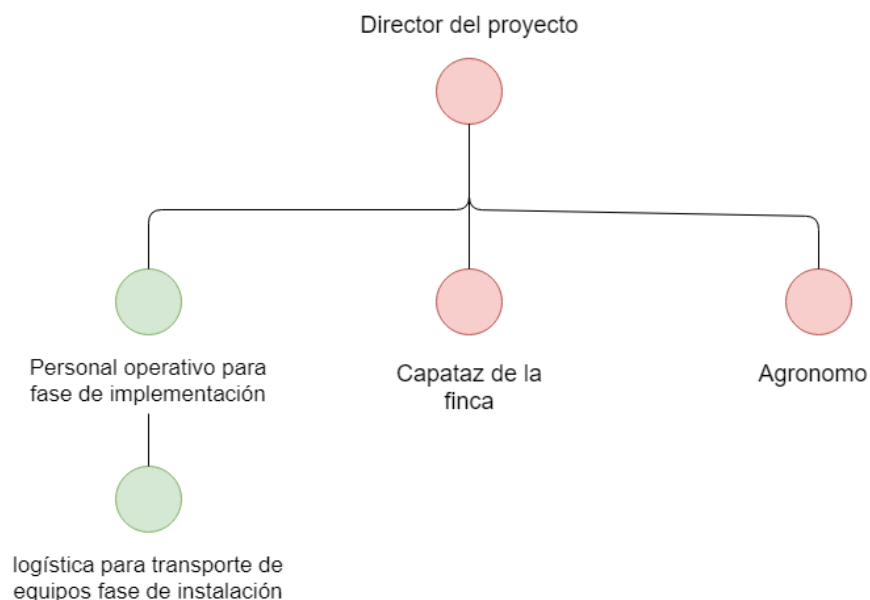


Ilustración 25 estructura organización propuesta
Fuente: Autor

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 implementado, 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 estas variables tenidas en cuenta se determinó la asignación de recurso humano, logístico, transporte, instrumentación, entre otros. De igual manera se estableció la distribución de la operación del proyecto.

8.8.1 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 como bodegas, para la ubicación de los equipos, para la gestión de los sistemas y no únicamente para la centralización del sistema de comunicaciones.

8.8.2 Recursos técnicos

En pro de optimizar costos de mantenimiento en el proyecto, lo que se plantea es realizar una capacitación al personal encargado de la propiedad, en actividades de mantenimiento básico, en labores como cambio de componentes, instalación, medición de variables, uso de los sensores y dispositivos en la zona 1 del cultivo además de las labores que requieran las actividades cotidianas del cultivo y del sistema. Si se requiere realizar desplazamientos hacia el municipio, donde se pueden conseguir suplementos básicos para actividades de

emergencia, como implementos de electrónica, pinzas, pelacables, cinta, cable, etc. el empleado de la finca, contara con un vehículo (motocicleta) que se le asignara como parte del proyecto, para realizar los desplazamientos desde la finca al casco urbano del municipio, abastecerse de los equipos o recursos necesarios y regresar nuevamente a la finca.

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, esto acompañado por una capacitación en el uso de estos.

El kit de herramientas básicas para trabajos en el proyecto está conformado como mínimo por los siguientes elementos:

- Computador portátil o de escritorio 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.

8.8.3 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, se busca que el sistema se encuentre siempre disponible para cuando sea requerido, 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 directa de comunicación de 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.

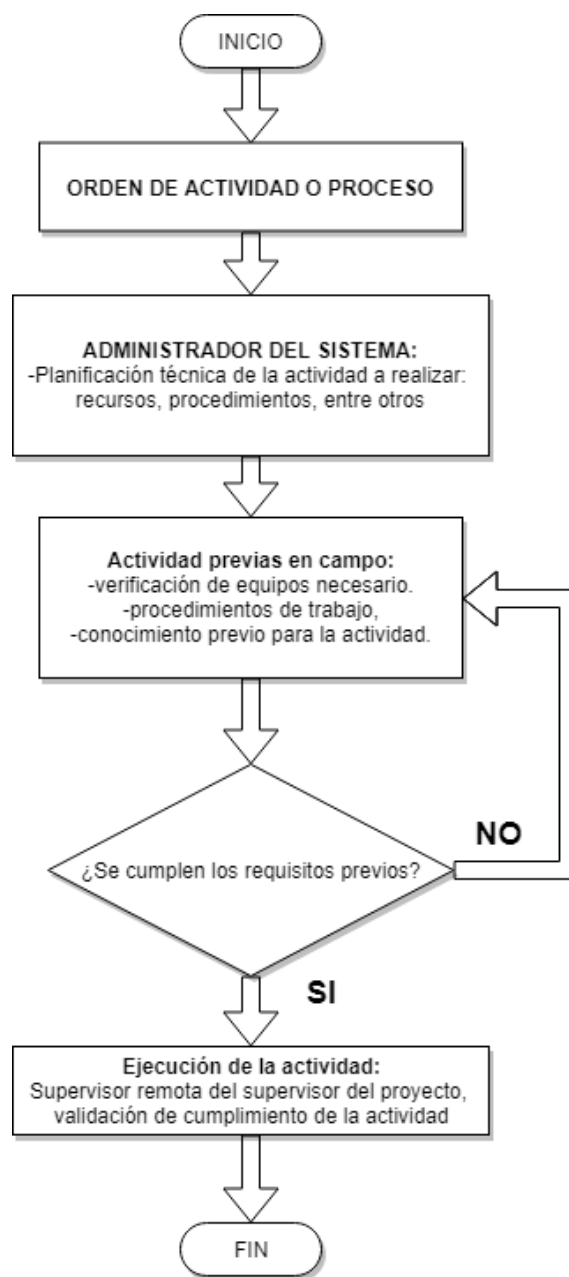


Ilustración 26 diagrama de flujo para actividades en la etapa de operación
Fuente: Autor

El modelo presentado en la Ilustración 26, se observa el proceso paso a paso de cómo se propone ejecutar correctamente cualquier actividad, comenzando por el requerimiento o necesidad de una actividad, sea solicitada por el agrónomo desde su experiencia, o por la necesidad de realizar algún mantenimiento, reparación o modificación al sistema o alguna

eventualidad adicional, el administrador del sistema, debe realizar la planificación para la ejecución de la actividad, determinar los recursos, procedimientos, necesidades, y demás requerimientos necesarios para desarrollar la actividad.

Antes de comenzar a realizar la actividad, se debe evaluar una serie de requerimientos previos, como lo son la disponibilidad de recursos, el procedimiento de trabajo y validar que el personal en campo o capataz de la finca cuente con lo necesario para ejecutar la actividad desde el conocimiento necesario para realizar la actividad, las herramientas y equipos, de no cumplirse estos requerimientos, no se puede realizar ninguna actividad por lo que se debe garantizar que se cumplan los requisitos previos y si no se cumplen se deben suplirlas estos requisitos para poder continuar.

Una vez se tengan los requisitos previos necesarios, se procederá a la ejecución de la actividad, este proceso será supervisado por el administrador del proyecto de manera remota y en caso extremo se deberá realizar el desplazamiento al sitio como última alternativa, siendo esto último una emergencia, un evento que se debe mediante la planeación adecuada, mitigar este riesgo al máximo, brindado una correcta formación al personal fijo, para que los errores en los procesos se reduzcan al mínimo.

Al finalizar cada una de las actividades se propone que se deje registrado una serie de documentos de registro tipo bitácora en la que se deje constancias de los procedimientos ejecutados en cada paso del proceso, esto con el fin de tener una evidencia y un repositorio de información para saber cómo proceder en casos que se presenten eventualidades similares en el futuro del proyecto.

Adicional y como controles de ejecución, cumplimiento y formalización de éxito del proyecto, se debe verificar que las actividades propuestas en el PDT se estén ejecutando en el tiempo y con las características propuestas, esto con la intención de tener una forma de evaluar el proceso y el avance de la ejecución, si bien se tienen actividades macro del proyecto teniendo la posibilidad de entrar en detalle se puede generar una serie de entregables más concretos al interior de cada paquete de trabajo, teniendo al finalizar la implementación una serie de documento o actas o entregables o evidencias que demuestren el cumplimiento de cada una de las fases esto permitirá saber si se realizó exitosamente la implementación del proyecto, de lo contrario se tendrán evidencias suficientes para poder corregir las deficiencias en ocasiones posteriores o como ejemplos para posteriores implementaciones en despliegues similares.

9 CONCLUSIONES

La mejor solución de conectividad que se adapta a la solución, con las condiciones planteadas en la investigación resulta ser un sistema satelital ya que por no es posible llegar con otro medio de transmisión a la ubicación además de que en la actualidad existen muchas variedades de planes que permiten optimizar el costo recurrente del servicio de conectividad.

De acuerdo con la investigación realizada, teniendo en cuenta la literatura, las investigaciones previas, se determinó las variables mínimas de control en el cultivo, y se garantiza una operación estable del sistema con sistema de alimentación mediante suministro de energía solar y mediante respaldo con baterías, la solución con las mejores

condiciones puede resultar muy costosa por sus componentes pero lo ideal de la solución es que permite ser escalable lo cual beneficia y permite realizar un crecimiento progresivo de la solución ya que se puede comenzar con pocos recursos y poco a poco y aumentando hasta tener cubierta la totalidad del cultivo.

El éxito de la implementación del proyecto está en la planeación previa a cada una de las fases propuestas en el plan de trabajo, teniendo presentes las sugerencias y definiciones planteadas en el documento, los planteamientos propuestos son sugerencias que se dictan para una implementación estándar con la posibilidad de extender la implementación en otras plantaciones o regiones y con adaptaciones para diversos cultivos.

10 RECOMENDACIONES

De los planteamientos realizados en este documento se generan muchas tareas asociadas a la identificación del cultivo con miras a la implementación, las tareas son adaptables a la extensión de los cultivos y la planta en sí que se dese monitorear, si estas tareas previas se ejecutan con buen criterio y siguiendo protocolos estándares, la implementación del proyecto se puede incluso optimizar reduciendo equipos recursos y tiempos, la solución propuesta tiene muchos veneficios, por su carácter modular y de fácil expansión, si se analiza la esencia de la raíz problemática que genero la idea del proyecto y de la solución propuesta se puede generar modificaciones que se adapten a diferentes necesidades, no solamente en el sector agrícola, también en el sector industrial una solución de este tipo se puede implementar ya que no requiere equipos muy especializados y no son soluciones

especializadas que tienen costos muy elevados, por el contrario es una solución simple de implementar y muy poderosa si se ejecuta con las mejores prácticas.

Después de hacer el análisis para una región en condiciones complejas y muy específicas de accesibilidad, si se implementa la misma solución en condiciones más favorables, posiblemente en una región con mejores condiciones de conectividad, más variedad de climas con posibilidades de cultivar más variedad de plantas, se puede rediseñar la solución a bajo nivel ya que esta es una propuesta macro, en la que no se entra a detallar en parámetros de diseñar detallados lo cual brinda la posibilidad de generar más soluciones con el mismo fundamento de base, en la que se proponen los modelos de implementación, ejecución y análisis de condiciones.

11 REFERENCIAS

«Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. (s/f). Recuperado el 6 de octubre de 2019, de <https://dle.rae.es/srv/search?m=30&w=tecnificar>

6°19'02.8"N 72°24'38.3"W - Google Maps. (s/f). Recuperado el 20 de abril de 2020, de <https://www.google.com/maps/place/6°19'02.8%22N+72°24'38.3%22W/@6.3174358,-72.4114666,467m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d6.3174444!4d-72.4106389>

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*. Recuperado de

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliotecaustasp/detail.action?docID=5213261&query=enlaces%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. (s/f). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado.

revistas.utp.edu.co. Recuperado de

<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. (s/f). Factores determinantes en la inestabilidad del sector agrícola colombiano Determining factors in Colombian agricultural sector instability. Recuperado de

<https://www.redalyc.org/pdf/5518/551856273006.pdf>

Clima promedio en El Cocuy, Colombia, durante todo el año - Weather Spark. (s/f).

Recuperado el 5 de octubre de 2019, de <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. (s/f). *CCNA wireless 200-355 official cert guide*.

Ji-Hua, M., Bing-Fang, W., & Qiang-Zi, L. (2006). A Global Crop Growth Monitoring System Based on Remote Sensing. En *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. En *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. (s/f). *Gestión de proyectos*. Recuperado de
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=940101040008376a6ff917c3e6a6bc83df38e2b16fb598b8b6971ad013bb26a

1

Lyda Amarillo. (2018). Nuestro municipio. Recuperado de <http://www.elcocuy-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

- Margaret Rouse. (s/f). Topología de red. Recuperado el 26 de mayo de 2019, de <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Topologia-de-red>
- Ossa, G. J. U., Montoya, C. G., & Velasquez, M. A. V. (2017). Control and monitoring of a stevia plantation in a hydroponic system. En *2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)* (pp. 1–5). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CCAC.2017.8276462>
- Ramirez, D. (2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO REMOTO, PARA UN CULTIVO DE PAPA EN LA VEREDA PANTANO GRANDE, DEL MUNICIPIO DEL COCUY (BOYACÁ)*. Universidad Santo tomas, Tunja. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19387/2019danielramirez.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- 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. (s/f). *CCNA security 210-260 official cert guide*.
- Sensórica. (s/f). Recuperado el 6 de octubre de 2019, de <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. (s/f). *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*. Recuperado de <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. En *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. Recuperado de <http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60>