

Optimización de Cultivos de Fresas en Cundinamarca mediante la Integración de Plataformas Cloud e IoT.

Ethan Petrovich Martínez Rojas
Cristian Camilo Hernández Mendoza

Directores:
Mónica Espinosa Buitrago, PhD.
Elvis Eduardo Gaona García, PhD.

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN
BOGOTÁ, 2023

Dedicatoria

Dedicamos esta monografía a todos aquellos apasionados por la agricultura y la tecnología, cuyo compromiso con la innovación y el progreso ha impulsado el desarrollo de soluciones para mejorar la producción de cultivos en la hermosa región de Cundinamarca, Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos sinceramente a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta monografía sobre la solución de optimización de cultivos de fresas en Cundinamarca mediante la integración de plataformas Cloud e IoT. Sus contribuciones, apoyo y orientación han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Expresamos nuestra gratitud a los directores de tesis, por su guía experta y su constante apoyo a lo largo de todo el proceso. Sus conocimientos y experiencia han sido invaluable en la realización de este trabajo.

También queremos agradecer a nuestras familias y amigos por su constante aliento y apoyo durante este proceso. Sus palabras de aliento y comprensión han sido un gran estímulo para seguir adelante y superar los desafíos.

A la universidad Santo Tomas expresamos nuestra gratitud por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto y por proporcionar los recursos necesarios para llevarlo a cabo. Su colaboración ha sido fundamental para la implementación exitosa de la solución propuesta.

Por último, agradecemos a todos los agricultores, expertos y profesionales que participaron en este estudio, compartiendo sus conocimientos y experiencias. Sin su colaboración y disposición para compartir información, este trabajo no hubiera sido posible.

A todos ellos, nuestro agradecimiento por su valioso aporte y su confianza en este proyecto.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	8
1. PROBLEMA	9
1.1. ARBOL DE PROBLEMAS.....	9
1.2. ¿QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR?	9
2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN	13
2.1. ¿POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN?	13
2.2. SECTOR OBJETIVO	17
2.2.1. Definición del Sector	17
2.2.2. Descripción del sector.....	17
2.2.3. Aplicaciones del sector	18
2.2.4. La relación de las aplicaciones con la propuesta	18
2.3. TENDENCIAS DEL SECTOR	19
2.4. ANALISIS DE MERCADO	20
2.5. ARBOL DE OBJETIVOS	23
2.6. ¿CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA?.....	23
2.6.1. Introducción a la situación deseada	24
2.6.2. Situación deseada	24
2.7. PROPUESTA DE VALOR	26
2.7.1. Perfil del cliente.....	26
2.7.2. Mapa de valor.....	27
3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	28
3.1. SENSORES Y ACTUADORES	28
3.2. RED DE SENSORES Y ACTUADORES	29

3.3.	GATEWAY	29
3.4.	CONEXIÓN A INTERNET	30
3.5.	ARQUITECTURA CLOUD	31
4.	MODELO DE NEGOCIO	34
4.1.	PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO	34
4.2.	VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO	37
5.	PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA	39
5.1.	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN.....	39
5.2.	DIAGRAMA DE CASO DE USO	39
5.3.	DIAGRAMA DE SECUENCIA	41
5.3.1.	Red de Sensores y Gateway	43
5.3.2.	Arquitectura AWS	43
6.	ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL	48
7.	ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN.....	53
7.1.	MARCO LEGAL	53
7.2.	CONTRATACIÓN	56
	CONCLUSIONES	58
	REFERENCIAS	59
	LISTA DE FIGURAS	61
	LISTA DE TABLAS	62
	LISTA DE ANEXOS	63

ACRÓNIMOS

ACFC: Optimización de Cultivos de Fresas en Cundinamarca.

IPC: Integración de Plataformas Cloud.

IloT: Integración de Internet de las Cosas.

SFC: Solución de Fresas en Cundinamarca.

OCFC: Optimización de Cultivos de Fresas en Cundinamarca.

PCC: Plataformas Cloud para Cultivos.

SCFC: Solución de Cultivos de Fresas en Cundinamarca.

IoT: Internet de las Cosas.

CFCI: Cultivos de Fresas con Integración.

PCFC: Plataformas Cloud para Fresas en Cundinamarca.

RESUMEN

La presente monografía propone una solución innovadora para optimizar el cultivo de fresas en la región de Cundinamarca, mediante la integración de plataformas cloud e IoT (Internet de las cosas). El objetivo principal es mejorar la eficiencia y la productividad de los agricultores, al proporcionarles una herramienta tecnológica que les permita monitorear y controlar de manera remota diferentes aspectos del cultivo. La solución propuesta se basa en la instalación de sensores en el campo, los cuales recopilan datos en tiempo real sobre variables clave como la temperatura, la humedad del suelo y la calidad del agua. Estos datos se transmiten a una plataforma cloud, donde son procesados y analizados utilizando algoritmos de aprendizaje automático. Los agricultores pueden acceder a la plataforma a través de dispositivos móviles o computadoras, lo que les permite tomar decisiones informadas sobre el riego, la fertilización y otros aspectos del cultivo. Se evidencio que esta solución contribuyo a incrementar la producción de fresas en Cundinamarca y a mejorar la sostenibilidad de la actividad agrícola en la región, concluyendo que mediante tecnologías IoT y plataformas en la nube se puede optimizar procesos en el agro colombiano.

ABSTRACT

This monograph proposes an innovative solution to optimize strawberry cultivation in the region of Cundinamarca, through the integration of cloud platforms and IoT (Internet of Things). The main objective is to improve the efficiency and productivity of farmers by providing them with a technological tool that allows them to remotely monitor and control different aspects of the crop. The proposed solution is based on the installation of sensors in the field, which collect real-time data on key variables such as temperature, soil moisture and water quality. This data is transmitted to a cloud platform, where it is processed and analyzed using machine learning algorithms. Farmers can access the platform via mobile devices or computers, allowing them to make informed decisions about irrigation, fertilization and other aspects of the crop. It is evident that this solution contributed to increasing strawberry production in Cundinamarca and improving the sustainability of agricultural activity in the region, concluding that IoT technologies and cloud platforms can be used to optimize processes in Colombian agriculture.

INTRODUCCIÓN

La Agricultura es uno de los sectores económicos más importantes en Colombia, debido a que aporta en el Producto Interno Bruto (PIB) y ayuda al desarrollo sostenible del país, mediante la mitigación de la pobreza y las políticas de seguridad alimentaria[1]. Sin embargo, en la actualidad este sector se ha visto afectado por factores como el conflicto armado, los cultivos improductivos, el aumento de importaciones, entre otros.

El avance de la tecnología y la cuarta revolución industrial juegan un papel importante frente a las labores agrícolas, implementando la modernización en las tareas y agilizando la producción de tierras, haciendo que el sector agrícola sea un gran potencial a nivel global. Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) siendo una de las tecnologías revolucionarias, por subir información a internet mediante dispositivos de uso cotidiano sin intervención humana y dar una instrucción requerida si el dispositivo o el proceso lo requiere dependiendo de los datos obtenidos, juega un papel fundamental en ese proceso de modernización del sector agrícola colombiano.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea generar un servicio mediante IoT que permita a los agricultores de fresas tengan un cultivo auto gestionable y mediante datos subidos a través de las plataformas cloud, puedan llevar en tiempo real el control del mismo, así como poder gestionar y tomar decisiones mediante el análisis de datos frente a la optimización de los recursos utilizados para los esté, reduciendo costos y mejorando la productividad.

1. PROBLEMA

1.1. ARBOL DE PROBLEMAS

El sector Agrícola de Colombia es uno de los más importantes dentro del PIB del país, sin embargo existen ciertos problemas en este sector (sociales, políticos y económicos) que impiden el desarrollo adecuado del mismo. Dentro los problemas raíces se puede encontrar que este sector no cuenta con accesos ni apropiación de servicios TIC, manejo de cultivos deficiente, entre otros, lo cual provoca baja producción de fresas afectando el rendimiento del sembrado y viéndose reflejado en los costos e impacto del medio ambiental de los mismos. En base a las dificultades presentadas en el contexto anterior, se evidencia en la figura 1 la problemática central y las posibles soluciones que nos llevará a mitigar en parte esta.

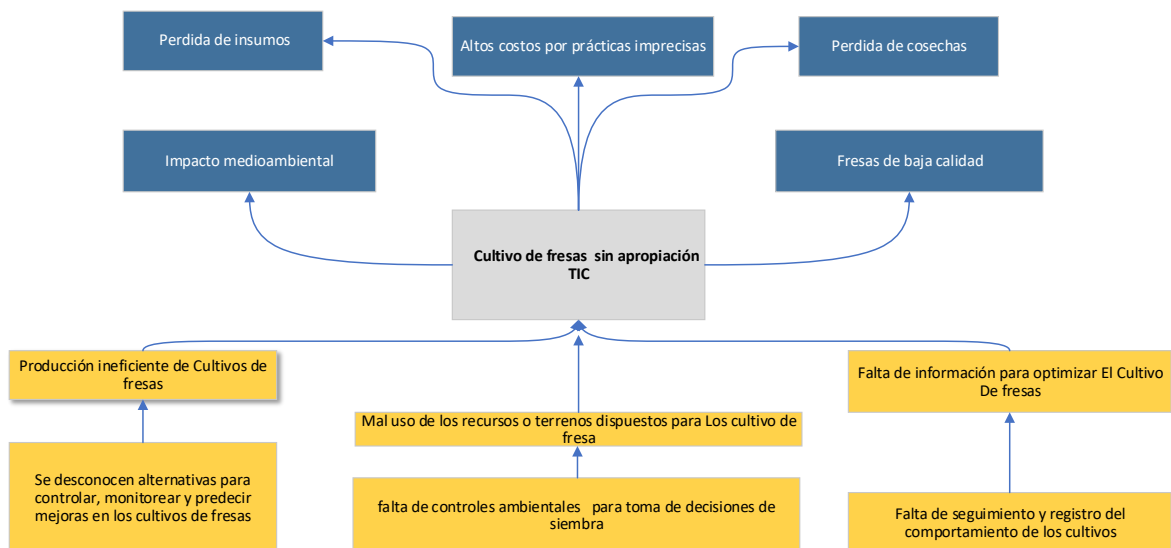


Figura 1 Árbol de Problemas

1.2. ¿QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR?

En la actualidad existen ciertas problemáticas que aquejan al sector Agrícola colombiano el cual está afectando en gran medida su producción y el abastecimiento de alimentos. Uno de estos grandes factores es la parte técnica y tecnológica en la cual no se ha visto muy vinculado este sector, esto afecta en la producción de productos mediante cultivos, para ello se debe realizar una descripción de este, delimitar el problema que tiene y proponer unas soluciones a

implementar mediante el apropiamiento de las nuevas tecnologías TIC para el sector y así brindar un mercado agrícola competente.

Como antes se mencionó dentro de la descripción del sector de agricultura se destaca en el país debido a que este cuenta con una ubicación geográfica privilegiada, así mismo dentro del país se tiene diversos pisos térmicos, como variedad de flora y fauna, lo cual le da al sector fortalezas para desempeñarse en la parte económica. Sin embargo, actualmente el sector cuenta con problemáticas que afectan el desempeño del mismo tales como cultivos improductivos, cambio climático, entre otras que causan un impacto general a la hora de competir con las importaciones y la demanda de alimentos.

Para solucionar dichos inconvenientes es necesario realizar una delimitación en este caso los cultivos de fresas, esta delimitación se marca teniendo en cuenta que en este sector se cultivan diferentes productos que requieren de supervisión y un manejo especial en cada proceso (terreno, minerales, aire, temperatura, humedad) sin embargo el alcance es muy amplio y se realiza esta delimitación con el fin de que a futuro sea implementado en los demás cultivos del sector.

Teniendo en cuenta el problema y la delimitación de este frente a área geográfica se debe realizar definir las problemáticas a tratar como lo son:

- **Accesos deficientes a servicios TIC:** Actualmente el sector agrario no cuenta con implementaciones frente a tecnologías dentro de sus actividades, lo que indica que para generar la producción lleva un tiempo de ejecución mucho mayor que el actualmente planteado, así como un mayor costo y un riego mayor.
- **Manejo de cultivos inapropiado:** Aunque el sector de cultivos de fresas se ha caracterizado por ser uno de los más importantes en el país, no cuenta con el uso apropiado de los insumos (agua, fertilizantes, entre otros) lo que ocasiona retraso en la producción de alimentos, gastos innecesarios en insumos y hasta pérdidas de cultivos por el abuso o la falta de control frente a los mismo.
- **Baja productividad de cultivos:** Muchos de los cultivos de fresas que actualmente están en el país no cuentan con la capacidad para cubrir la demanda actual teniendo en cuenta los factores antes indicados, pero también por temas relacionados con la actividad manual que se da en ellos. Lo cual ocasiona tiempos de ejecución amplios y bajo cubrimiento de demanda de alimentos.

Al realizar algunas definiciones de los problemas se propone generar un servicio mediante IoT que permita a los agricultores tener un cultivo auto gestionable y mediante datos subidos a través de las plataformas cloud, poder llevar en tiempo real el control del cultivo, así como poder gestionar y tomar decisiones mediante el análisis de datos frente a la optimización de los recursos utilizados para los mismos, reduciendo costos y mejorando la productividad de este. Teniendo en cuenta lo anterior se propone:

- **Solución de servicios TIC:** Para realizar un acceso al sector agrícola en especial a los cultivos de fresas, este se debe plantear mediante tecnologías que controlen la producción, aumenten la misma y beneficien la rentabilidad del campesino colombiano, con esta tecnología se podrán tomar acciones automatizadas, descriptivas y predictivas que permitan un mejor desarrollo del cultivo.
- **Solución en el manejo de cultivos:** Con lo anterior y teniendo en cuenta que se requiere implementar tecnologías que controlen el cultivo mediante IoT, estas deben tener condiciones a manejar tales como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica entre otras, recopilando la información emitida por los sensores inteligentes que a través de un medio de comunicación como las redes móviles aseguraremos la recepción y emisión de la información dispuesta por toda la solución y así puedan mediante estos datos subido a una plataforma Cloud en tiempo real, realizar proyecciones de fertilizantes y cosechas de alimentos en producción. Por otra parte, actualmente los campos colombianos no cuentan con una conectividad eficiente, dentro de la solución se propondrá el uso de redes móviles.
- **Solución en automatización y precisión en cultivos:** Para llevar a cabo la automatización del trabajo en áreas rurales se debe tener en cuenta que mediante tecnologías IoT se pueden realizar dichos procesos, utilizando sensores para recoger datos en terrenos, drones para monitorear cosechas, entre otros que permiten al agricultor configurar el cultivo para que se autogestione o en otro caso poder analizar datos y tomar decisiones eficientes para el aumento de la producción frente a la demanda. Una vez se asegure la conectividad, los datos leídos por los sensores serán enviados a internet a un data lake en la nube el cual procesa la información, para generar estadísticas, datos descriptivos y predictivos a través de una GUI que le permita al agricultor tomar acciones sobre sus cultivos.

- De esta forma los cultivos de fresas podrán ser optimizados a través de una aplicación o interfaz web que le permitirá al usuario final realizar ajustes en sus procesos agrícolas tales como mejoras en el riego automático, que terrenos mejorar para el sembrado o que acciones climatológicas modificar, en resumen.

2. IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN

El sector agropecuario representa un sector importante para la producción de alimentos a nivel global, el cual se ha visto en mayor demanda, una de estas razones se debe a las tasas de desnutrición las cuales según datos de la uno permanece estable desde el 2014 hasta el 2019, el factor de la desnutrición aumento del 8.4% al 9.9% en 2020 en consecuencia a los factores globales como la pandemia debido al Covid, factores económicos y políticos, desafortunadamente Colombia hace parte de las tasas de desnutrición las cuales no han tenido la importancia suficiente hasta el presente[2]. Si bien Colombia no cuenta con recursos económicos para afrontar estas tasas, el país cuenta con amplios agropecuarios los cuales con ayuda de tecnologías de la información podrían incentivar y acrecentar la producción de alimento y de empleo.

El sector agrícola en Colombia no ha inquirido en las nuevas tendencias tecnológicas presentes en muchos otros países, permaneciendo rezagado a nivel mundial, es por esta razón que se plantea tecnificar el sector agrícola específicamente en el cultivo de fresas el cual según estadísticas del Ministerio de agricultura en Colombia este se encuentra como el tercer país latinoamericano con mayor cobertura de sembrado de cultivos frutales, destacándose junto con el mango, por consiguiente se plantea utilizar tecnologías IoT y Cloud, junto con la aplicación de concepto de agricultura y precisión al cultivo de fresas, brindando así mayor oportunidad de competitividad y rendimiento a los cultivos de fresas en el país.

2.1. ¿POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN?

Colombia es un país caracterizado por diferentes capas geotérmicas y diversidad de flora y fauna. Entre la diversidad de flora y fauna, los materiales obtenidos son diversos, entre los que destacan cultivos frutales, como la fresa. De 2015 a 2020, la superficie cultivada de fresa en Colombia aumentó un 59%. Por otro lado, a nivel nacional, la producción se ha incrementado en un 55% durante este período, principalmente como resultado del aumento generalizado de las áreas sembradas[3]. Se concluye que es un producto pujante, aún no cuenta con un proceso tecnificado de producción, con la ayuda de las TIC, la industria tendrá un fuerte impacto en esta estadística, incrementando su producción, que es uno de los factores que determina la necesidad de mejorar los datos de Ministerio de agricultura muestran que según los datos micro agrícolas, los costos de producción de fresas desde la siembra y el control de plagas son altos, y con tecnologías como

el Internet de las cosas y la agricultura de precisión, estos altos costos se reducirán, haciendo fresas colombianas. competitivo.

Colombia es actualmente el tercer productor de fresas de América Latina, y con la ayuda de los procesos tecnológicos, la productividad y competitividad del sector repercutirá en el nivel de exportaciones, generará empleos y desarrollará el sector, lo que, entre otras cosas, se refleja. políticas implementadas por el gobierno, según el plan estratégico institucional 2019 para 2022 y 2022, uno de los objetivos estratégicos es generar la transformación digital del sector agrícola, el uso de tecnologías de la nube e IoT influirá y se adaptará a los objetivos estratégicos[4].

MinTIC actualmente planea abrazar la cuarta revolución industrial en el sector agrícola, conocida como Agricultura 4.0, en la que se ha desarrollado un programa piloto para adaptar las tecnologías de información de cultivos, y Agricultura 4.0 tiene como objetivo utilizar estas tecnologías para aumentar la sensibilidad de los productores, la uso de tecnología de la información para desarrollar mercados de datos e involucraría a los productores en palancas de desarrollo clave en la cadena de valor con lo cual es claro que el MinTIC tiene planes, proyecciones y metas para que el campo pueda mejorar sus procesos productivos[5].

En Colombia solo el 31% del sector agropecuario utiliza tecnologías de la información en su proceso productivo, por lo que MinTIC utilizara agro.4.0 para implementar un programa piloto para aumentar la productividad agrícola, en nuestro caso puede beneficiarse de estos apoyos y programas que ofrece MinTIC, que tienen como objetivo mejorar el proceso productivo en el cultivo de la fresa[5].

Estos programas piloto que ofrece MinTIC utilizan tecnología en la nube para monitorear diversas variables de los cultivos de cacao, aguacate y café con la tecnología utilizada, los datos obtenidos, las recomendaciones y la mejora del proceso productivo de estos cultivos. Estos programas piloto son un testimonio del organismo nacional y regulador, por ejemplo, el MinTIC, la transformación tecnológica lograda en la región, y esta experiencia también puede influir en la exportación de 407 toneladas de la floreciente cosecha de fresa[6].

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), actualmente Colombia produce el 10,6% de la producción total de frutas, de lo cual se puede concluir que es necesario mejorar el proceso de producción de frutas, conociendo las condiciones climáticas colombianas y el suelo fértil, con la ayuda de

TI, para mejorar estos niveles de producción y por lo tanto según el estado colombiano los objetivos estratégicos trazados se mantienen consistentes[7]. Nuestro país aún está mejorando varias industrias manufactureras. Otro dato interesante después del índice de competitividad es que ocupamos el puesto 63 a nivel mundial en innovación con un índice del 33% en 2018, por lo que somos parte de estos procesos tecnológicos que ayudan a mejorar la productividad en Colombia. lo que contribuye a la velocidad de la innovación[8].

Uno de los factores principales que afectan el rendimiento de los cultivos tradicionales es la baja fertilidad del suelo, que se debe principalmente a la agricultura intensiva, el uso de fertilizantes a base de amonio, la pérdida de la capa, la deforestación, entre otras cosas[9]. Esta situación ha hecho que los cultivos tradicionales se transformen a cultivos hidropónicos, que consisten en no usar un suelo y en cultivarse directamente sobre agua o medios como cascaras de arroz, coco o arcilla, y una vez se tiene este sistema base se aplican soluciones nutritivas que aportan los minerales necesarios para el desarrollo del cultivo. En Colombia no se promueve mucho la cultura porque el sector agropecuario está desatendido por abandono del país, falta de políticas públicas, invasión de grupos armados, corrupción, inestabilidad del cambio tecnológico y altos costos.

Los avances tecnológicos modernistas, como la tecnología de la información, recuerdan los sistemas de automatización y control utilizados en los agronegocios e integran el termino de sostenibilidad mediante la gestión de controles agrícolas. El agua, nutrientes y otros factores que afectan el crecimiento de nuevas alternativas para suplir los requerimientos básicos de la población, además de la creación de nuevas prácticas para atender el sector agrícola. Citando a la ingeniera agrónoma María Angélica Dueñas, mencionó a la Revista Bayer el uso de la agricultura de precisión como un factor importante, incluyendo el uso de nuevas tecnologías y la introducción de buenas prácticas agrícolas para incrementar el potencial de producción de fresa por hectárea sembrada en Colombia, afectada por los problemas anteriores, también puede tener importantes beneficios económicos. Según el conocimiento y la experiencia de Dueñas en este campo puede dar de 70 a 80 toneladas por unidad[10].

Por otro lado, un estudio de Cáez Pérez y Cáez Turizo muestra que cuando se entrevista a agricultores en diferentes regiones de Colombia, el uso de fertilizantes y plaguicidas no es recomendado por los expertos, sino por los propietarios o vendedores de las tierras de cultivo y esto lleva a que algunos agricultores que no tienen mucho conocimiento sobre el riego de cultivos e incluso si utilizan el 80-100%

de su superficie de tierra con fertilizantes, pero esto conlleva a que no obtengan los resultados esperados[11]. Por las razones antes mencionadas, se pueden encontrar bajos rendimientos, desperdicio de materia prima y saturación del suelo por falta de conocimiento e introducción de nuevos métodos. Cabe señalar que, con base en estudios previos, los productores agrícolas valoran en este tiempo la importancia de la tecnología para mejorar los rendimientos de la agricultura, los cuales son esenciales para la integración y apropiación de la industria con tecnologías innovadoras.

El autor Salinas presenta sistema de bajo presupuesto para el control y monitoreo que afectan a los cultivos de fresa, principalmente monitoreando variables como la humedad y la temperatura recolectadas en dichos cultivos para prevenir este problema utilizando comparaciones validadas con datos y generando resultados reales. -Alertas de tiempo para la toma de decisiones de eventos, dentro de este explica el diseño de una red inalámbrica de sensores (WSN) para la lectura de temperatura en espacios físicos, especialmente zonas ambientales[12].

Un estudio importante en agricultura de precisión fue realizado por universidades regionales de Colombia, donde desarrollaron e implementaron un sistema modular de bajo costo para monitorear variables ambientales en invernaderos probados en el norte de Santander. El sistema desarrollado se basó en la tecnología ZigBee y una red de sensores inalámbricos para capturar información sobre, temperatura, humedad y brillo, de modo que estas variables se pueden ver en tiempo real y se puedan analizar informes históricos[4].

Otra solución de red de sensores inalámbricos de bajo costo para agricultura de precisión fue presentada por el autor John, en cual se explica cómo las redes de sensores inalámbricos (WSN) se pueden desarrollar a bajo costo y asequibles para los agricultores que utilizan un protocolo de enrutamiento de fuente modificado (MSR). Probado con implementación de hardware sin alcance y emuladores de base de origen[13].

Otra implementación de agricultura de precisión que ofrece un sistema de monitoreo de cultivos de quinua el cual utiliza un sistema de desarrollo de teléfonos móviles 2G/3G llamada Electron from Particle para construir una red cloud junto con una plataforma Arduino. En este desarrollo se midieron Ph, temperatura ambiente, humedad ambiental, temperatura del suelo, humedad del suelo y sensores de

movimiento PIR. La plataforma cloud ThingSpeak se utiliza para almacenar y recuperar la información recopilada por los sensores. La aplicación Pushbullet se usa para mostrar notificaciones con información del sensor en el teléfono del usuario[14].

2.2. SECTOR OBJETIVO

2.2.1. Definición del Sector

El sector de frutas y productos derivados es una actividad económica relacionada con la producción y procesamiento de este, el cual se considera de gran impacto estratégica para el desarrollo de la producción nacional. En este sector, el país tiene una gran ventaja competitiva debido a su ubicación geográfica y condiciones variables de clima y suelo, identificando áreas con las mejores condiciones de producción que permiten producir el año, facilitando la entrega al mercado local y la comercialización internacional.

2.2.2. Descripción del sector

La fresa es la fruta con una producción en Colombia de 85.000 toneladas anuales en una superficie de unas 2.600 hectáreas distribuidas en 14 de las 32 provincias del país. A pesar de la expansión del cultivo a lo largo del país, las fresas se concentran en Cundinamarca, que concentra el 64% de la producción total, y Antioquia, que concentra el 19%, seguidas por las provincias de Cauca, Norte Santander, Beaufort, Yaka y Nariño.

De 2015 a 2018, la superficie cultivada de fresa en el país aumentó en un 61%, lo que demuestra que esta actividad productiva se ha consolidado como una operación rentable y una fuente efectiva de ingresos para las familias que se dedican a ella[15]. Gran parte del material vegetal que se siembra en Colombia es importado, lo que crea desafíos para las áreas de investigación y adaptación que utilizan las semillas para su producción. Además, la corta vida útil de la fruta cosechada crea desafíos para el subsector de la fresa, promoviendo el transporte refrigerado y produciendo tecnologías de conservación de frutas.

2.2.3. Aplicaciones del sector

La gestión de los cultivos de fresa requiere un uso importante de materias primas agrícolas, por lo que la implementación de estrategias de trazabilidad y la reducción de la concentración máxima de residuos en la producción son igualmente grandes desafíos para este sector. Otro desafío para el sector de la fresa en Colombia es el manejo sostenible de la tierra, ya que se cultiva en laderas, lo que tiene un impacto ambiental debido a la altitud requerida para el cultivo de la fresa[16] . Por tal razón es aquí donde debemos enfocarnos teniendo en cuenta que dentro de los del sector de cultivos de fresas deben tener factores en cuenta tales como la humedad, conductividad, Ph del Suelo entre otras, es aquí donde entra la agricultura de precisión a ser aplicada en la producción agraria, por medio de sensores con conectividad para realizar un sistema de riego controlado como ejemplo, Monitorear el estado del cultivo mediante variables y todo esto se hace mediante IoT.

2.2.4. La relación de las aplicaciones con la propuesta

El uso de la arquitectura IoT es una tendencia que aún está en evolución. Estas soluciones se basan en dos problemas fundamentales: encontrar un entorno de acceso y dispositivos estándar e integrar dispositivos en Internet. La idea básica detrás de clasificar una aplicación como IoT es capturar datos de sensores y enviarlos a la nube utilizando una arquitectura cliente-servidor. El envío de datos se muestra obteniendo los datos y luego enviando el protocolo. El IoT se integra en el sector agrícola mediante la conexión digital de muchos objetos, esta es la columna vertebral del mundo actual y proporciona soluciones eficientes para todos los procesos y consumos de recursos. La agricultura específicamente se lucra de la precisión de los datos seleccionados sobre las variables que afectan a los cultivos, el suelo, datos meteorológicos y el análisis de plagas y enfermedades. El uso de redes de sensores en agricultura se refiere a la forma en que interactúan máquinas o humanos para optimizar procesos en cultivos utilizando Internet como canal de comunicación. Es aquí donde la propuesta frente a los cultivos de fresa coge fuerza teniendo en cuenta que con las TIC podemos dar soluciones a varios factores y problemáticas que contiene el sector.

2.3. TENDENCIAS DEL SECTOR

Según Colombia productiva una de las metas o planes de negocio en el sector frutas y sus derivados presenta como visión ser líderes mundiales con una oferta y precio competido en el mercado internacional para el año 2032[17], indicando que el sector está en pro de mejorar sus procesos tecnológicos para dar empleo de calidad y desarrollo al sector rural de Colombia, por lo cual Colombia está alineado con la tendencia de mejorar esta área a fin de incrementar sus exportaciones en este tipo de mercado.

Por otra parte la Organizaciones de las naciones unidas (FAO) presenta a Colombia como un país selecto para ser una de las bodegas agrícolas del mundo[18], esto se debe a las ventajas que caracteriza a Colombia ya que al ser un país tropical favorece al sector agrícola gracias a sus características como el clima y geografía, es por esta razón que la tendencia en Colombia está enfocada en ser exportadores significativos de frutas y sus derivados, un indicio de esto se puede evidenciar en la estadísticas de la Empresa de investigación de mercados internacionales (SICEX), en las cuales Colombia se encuentra en crecimiento económico en exportaciones y el sector agropecuario crece un 3,2% en toneladas enviadas en frutas y sus derivados, dando importancia y tendencia a lo que el mercado internacional solicita, entendiéndose así que Colombia es capaz de suplir grandes demandas.

El cultivo de fresas ubica actualmente a Colombia como el tercer país en Latinoamérica con mayor sector sembrado, resaltando el departamento de Cundinamarca, según estadísticas del ministerio de agricultura la producción de este es del 90% debido a su alta utilidad, es por esta razón que es un cultivo de alto crecimiento actualmente y su tendencia está alineada a las estadísticas de la FAO las cuales promueven el continuo desarrollo de este cultivo para así cumplir con las expectativas de demanda para años futuros, la cual se estima según estas estadísticas, que la tendencia es a un crecimiento de 297 toneladas del 2015 hacia 373 toneladas esperadas en el 2030 [17], esto en el marco global de alimentos, con lo cual se infiere que la demanda de producción de alimentos está en constante crecimiento , por lo cual es primordial mejorar las tasas de producción del sector de frutas y sus derivados porque el mercado así lo está solicitando

2.4. ANALISIS DE MERCADO

Para realizar el análisis del mercado de la solución tecnológica en los cultivos de fresas se debe realizar la evaluación de diversos aspectos del mercado, la industria agrícola y las necesidades de los cultivadores de fresas en el sector de Cundinamarca, dentro del análisis de este se realizó el enfoque en ciertos aspectos tales como:

- a. **Identificación del mercado objetivo:** Para lograr identificar el mercado objetivo de la solución, se tuvo los aspectos importantes que compondrían dicho sector como lo son los pequeños productores y MiPymes que se dediquen al cultivo de fresas en el sector de Cundinamarca.
- b. **Análisis de la industria agrícola:** El cultivo de fresas en Cundinamarca es una industria en crecimiento debido a la alta demanda de este producto tanto en el mercado nacional como en el internacional. Los agricultores enfrentan desafíos en términos de optimización de recursos, gestión de cultivos y calidad de los productos. La implementación de tecnologías como la nube de AWS y el IoT pueden ayudar a mejorar la eficiencia, el monitoreo y el control de los cultivos.
- c. **Evaluación de la demanda y las necesidades del mercado:** La demanda de fresas en Cundinamarca es alta y continúa creciendo, ya que este producto es ampliamente consumido tanto en el mercado interno como en los mercados de exportación. Los consumidores están cada vez más interesados en productos agrícolas de calidad, cultivados de manera sostenible y con mínimos niveles de agroquímicos. La implementación la solución Cloud en AWS e IoT puede ayudar a los agricultores a cumplir con estos requisitos, al permitirles monitorear y controlar de manera precisa las condiciones del cultivo, optimizar el uso de recursos y mejorar la calidad de las fresas.
- d. **Análisis de precios y modelo de negocio:** Para este caso dependerá de varios factores, como el tamaño del cultivo, el número de sensores e dispositivos IoT necesarios y las funcionalidades requeridas. El modelo de negocio puede ser una combinación de venta de hardware (sensores, dispositivos IoT), servicios de consultoría para la implementación y configuración de la solución, y una suscripción mensual o anual para el uso de la plataforma en la nube. Los agricultores estarán dispuestos a invertir en

esta solución si pueden obtener beneficios claros, como aumento de la productividad, reducción de costos y mejora de la calidad de los productos.

- e. **Evaluación del entorno regulatorio:** Es importante tener en cuenta el entorno regulatorio para la implementación de esta solución en el sector agrícola de Cundinamarca. Esto incluye aspectos relacionados con la protección de datos, la privacidad, las regulaciones ambientales y las normativas de seguridad alimentaria. Es necesario asegurarse de que la solución cumpla con todas las regulaciones y normativas aplicables para evitar posibles sanciones o problemas legales, por ello este tema se profundizara mas en el capítulo 7.
- f. **Análisis FODA:** La implementación de esta solución Cloud en AWS e IoT en un cultivo de fresas en el sector de Cundinamarca puede proporcionar beneficios significativos a los agricultores al mejorar la eficiencia, el monitoreo y el control de los cultivos, sin embargo, se debe tener en cuenta las fortalezas debilidades oportunidades y riesgos de esta solución.
- **Fortalezas:** La solución Cloud en AWS e IoT permitirá a los agricultores monitorear y controlar de manera eficiente las condiciones de cultivo, optimizar el uso de recursos y mejorar la calidad de las fresas. Esto puede conducir a un aumento de la productividad y una mejora en la rentabilidad del cultivo.
 - **Oportunidades:** Existe una demanda creciente de productos agrícolas de calidad, cultivados de manera sostenible y con mínimos niveles de agroquímicos. La implementación de esta solución puede ayudar a los agricultores a cumplir con estos requisitos y acceder a mercados más exigentes.
 - **Debilidades:** La implementación de la solución Cloud en AWS e IoT puede requerir una inversión inicial significativa por parte de los agricultores, lo que podría ser una barrera para algunos de ellos. Además, puede haber cierta resistencia al cambio y falta de conocimiento sobre estas tecnologías en el sector agrícola.
 - **Amenazas:** Existe la posibilidad de que surjan competidores que ofrezcan soluciones similares en el mercado. Además, los cambios en el entorno regulatorio pueden afectar la forma en que se implementa y se utiliza esta solución como se puede evidenciar en la figura 2.



Figura 2 Matriz DOFA

2.5. ARBOL DE OBJETIVOS

El objetivo principal del árbol de objetivos es la apropiación del sector agrícola con las TIC, entre sus causas tenemos la producción efectiva de cultivos, un correcto uso de los insumos y terrenos del cultivo y seguimiento de métricas del cultivo en tiempo real, estas causas generan efectos positivos que ayudarán al productor o agricultor a mejorar y tomar decisiones acordes en los cultivos gracias a la integración de tecnologías de la información, como disminución de la pérdida de insumos, cosechas optimizadas y productos de calidad. A continuación, en la Figura 3.

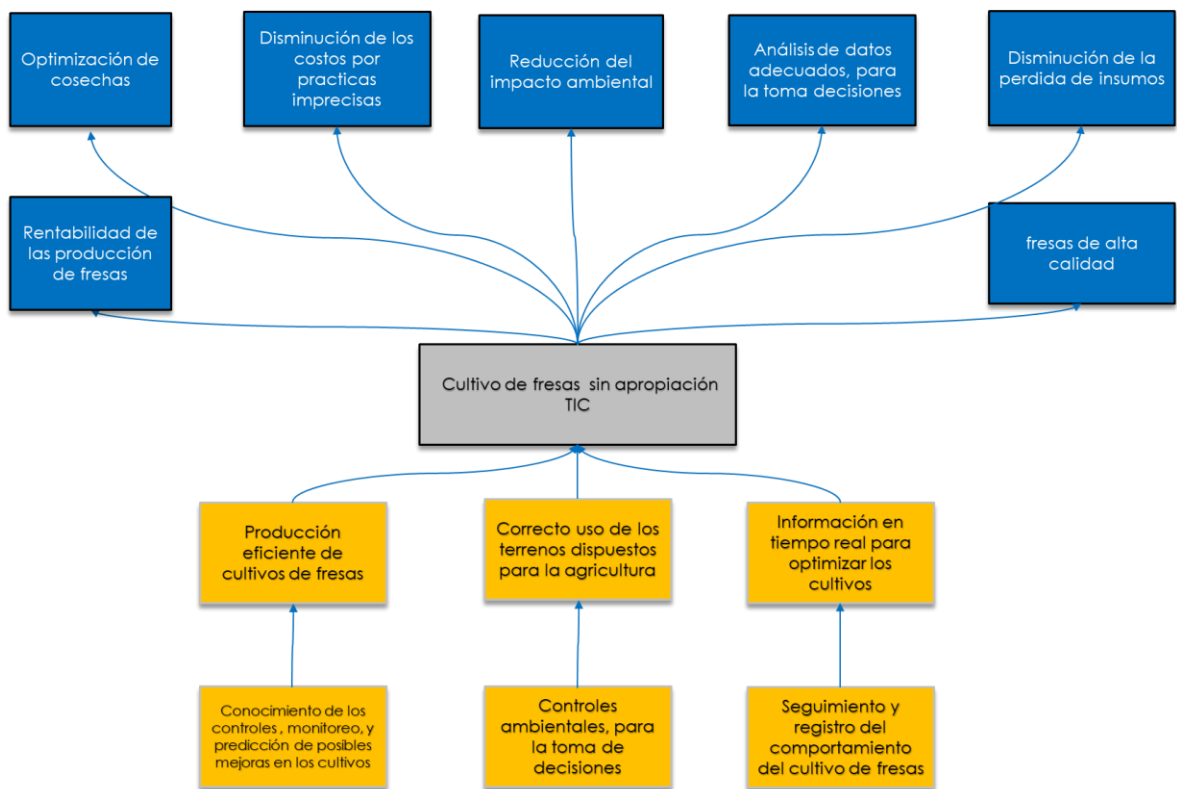


Figura 3 Árbol de Objetivos

2.6. ¿CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA?

Dentro de esta sección se establece la relevancia global del sector agropecuario y la importancia de las fresas como un cultivo valioso en varios países, de igual manera se destaca a Colombia como un jugador relevante en la producción de fresas en Latinoamérica.

Por otra parte, se brinda información detallada sobre el crecimiento de la producción de fresas en Colombia, resaltando los departamentos más destacados en este aspecto, también se abordan preocupaciones como el costo de producción, la necesidad de personal y las demandas de calidad por parte de los consumidores destacando la oportunidad de implementar tecnologías como la agricultura de precisión para mejorar la producción.

2.6.1. Introducción a la situación deseada

El sector agropecuario representa un sector importante para la producción de alimentos a nivel mundial, el cual se ha visto en mayor demanda, una de estas razones se debe a las tasas de desnutrición. La producción de las fresas en la actualidad es una de las más grandes a nivel mundial en países como China, Estados Unidos, Turquía, entre otros, los cuales ascienden a 4,8 Millones de Toneladas al Año. Esta fruta tiene grandes beneficios alimenticios ya que contiene Vitaminas tales como la C y es una de las que más antioxidantes tiene en el grupo de frutas. En Latinoamérica el país que cuenta con el tercer puesto en cobertura de área cultivada para esta fruta es Colombia con una producción de 2600 hectáreas al año.

En los últimos cinco años la producción a nivel Nacional aumento el 90%, esto como consecuencia del incremento de siembra de este producto generando una gran utilidad a los productores, teniendo como proyección una producción de 348 hectáreas por año, esto hace que Colombia se posiciones como uno de los más fuertes en el mercado Latinoamericano. La producción de fresas por departamento se da en ciertas regiones donde los factores climáticos favorecen los cultivos, Cundinamarca es el principal departamento de producción representando el 65%, seguido de Antioquia con el 62% y Norte de Santander 18%.

2.6.2. Situación deseada

Aunque la producción de cultivos de fresas está en aumento, el costo de esta se da alrededor de 85 millones de pesos en la región de Cundinamarca, por tanto, es importante tener el control de las variables climáticas y de cultivo de esta fruta, debido a que si alguno de estos factores cambia podría provocar pérdidas incalculables para los productores. Otros de los factores que influyen y por los que están preocupados

los productores de fruta es contar con personal calificado y preparado para hacer los cuidados, cortes y manipulación de los frutos. En la actualidad el consumidor final ha aumentado para este tipo de fruta, sin embargo, así mismo a aumentados sus exigencias en la calidad del producto y es aquí donde el productor tiene nuevos retos y una oportunidad para implementar nuevas estrategias de generación y tratamiento del producto, esto de la mano de la tecnología en cultivos de precisión.

Como se puede evidenciar en la actualidad la mayoría de los cultivos de fresas se encuentran monitoreados y controlados manualmente, es aquí donde se quiere abordar mediante herramientas IoT un despliegue de redes de sensores que busquen la automatización de esta labor. Para llegar a esta situación se debe realizar un análisis de la información del cultivo, un control de variables físicas del cultivo, así como su definición, un planteamiento de las posibles soluciones mediante algunos prototipos a implementar y los posibles resultados que estos pueden generar en la producción. A continuación, podemos evidenciar los diagramas de la situación actual del sector en la figura 4 y la situación deseada en la figura 5.



Figura 4 Situación Actual



Figura 5 Situación Deseada

2.7. PROPUESTA DE VALOR

En la propuesta de valor, ofrecemos una solución integral para la optimización de los cultivos de fresas en la región de Cundinamarca, aprovechando la integración de plataformas en la nube AWS e IoT. La solución se centra en mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad de los agricultores al proporcionarles herramientas tecnológicas avanzadas y datos en tiempo real para la toma de decisiones. Para ello es importante realizar un perfilamiento de los clientes con el fin de identificar y caracterizar a quien va dirigida la solución, así como cual sería el valor agregado que se le dará a sus necesidades.

2.7.1. Perfil del cliente

Nuestro cliente objetivo son los agricultores y productores de fresas en la región de Cundinamarca, Colombia. Estos agricultores pueden ser propietarios de pequeñas o medianas fincas dedicadas al cultivo de fresas, los cuales deben tener un conocimiento básico sobre el cultivo de fresas y deseen mejorar la eficiencia de sus operaciones y maximizar los rendimientos de sus cultivos. De igual manera deben

estar abiertos a la adopción de nuevas tecnologías y buscan soluciones innovadoras para optimizar la producción y reducir los costos.

2.7.2. Mapa de valor

Dentro del mapa de valor de la solución se presenta una visión general de los productos y servicios ofrecidos, los aliviadores de dolor que abordan los desafíos existentes y los creadores de valor que generan beneficios para los agricultores que utilizan esta solución de optimización de cultivos de fresas. Por otra parte, se debe tener en cuenta que dentro de este mapa de valor se deben evaluar ciertos factores que involucran al cliente entre los cuales se encuentra el trabajo del cliente, los dolores del cliente y las ganancias del cliente, permitiendo comprender mejor el contexto y las necesidades que debe abordar la solución propuesta. A continuación, en la figura 6 se muestra el mapa de valor.

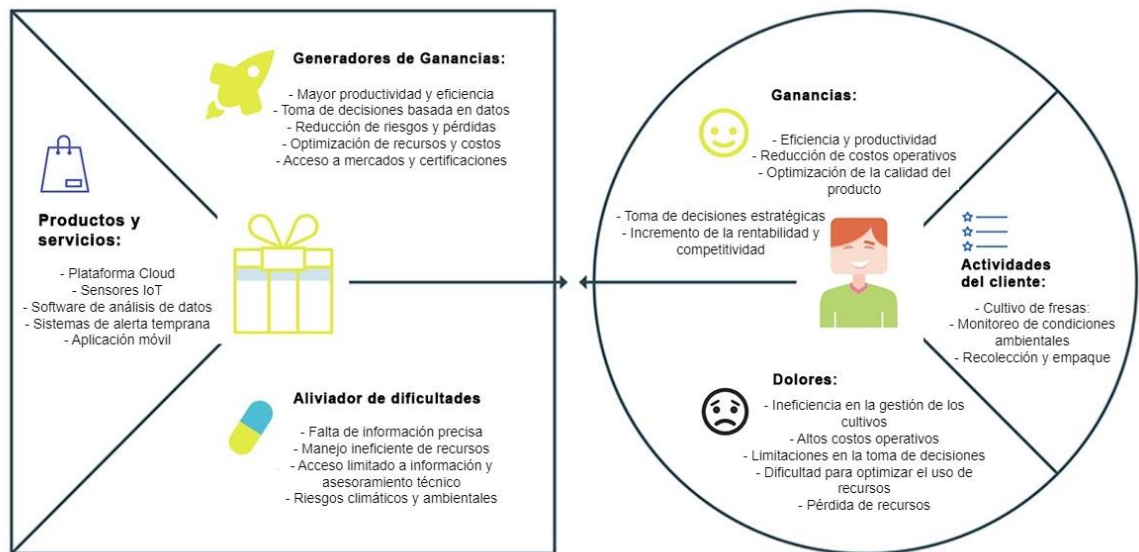


Figura 6 Mapa de Valor

3. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

La arquitectura de la solución se divide en 5 etapas, una de sensores y actuadores para recopilación y medición de variables importantes que afectan al cultivo de fresas, la segunda etapa es la red de sensores, como estos sensores o actuadores se van a comunicar entre ellos, la tercera etapa es la etapa de Gateways, el cual es el puente para enviar la información hacia la nube, la cuarta etapa es la conexión hacia internet, cual es la mejor alternativa de conectividad para transmitir datos hacia una infraestructura Cloud, y la quinta etapa es la arquitectura Cloud, la cual es el backend y el front de la aplicación que visualizara y dará al usuario final un dashboard con métricas y análisis para toma de decisiones en el proceso de cultivo de fresas.

A continuación, se describen las etapas con sus alternativas técnicas más acordes a la solución del cultivo de fresas.

3.1. SENSORES Y ACTUADORES

Para esta etapa nos planteamos preguntas como, ¿qué tipo de sensores y actuadores se ajustan a la solución del cultivo de fresas?, ¿Cuáles son sus ventajas y desventajas?

Teniendo en cuenta esta gran incógnita, debemos analizar parámetros importantes como los siguientes:

- Condiciones de trabajo y contexto
- Precisión de la medición.
- Ciclo de vida: cantidad de lecturas que puede realizar de forma fiable.
- Costo económico
- Facilidad de instalación y mantenimiento.

Teniendo en cuenta los parámetros nombrados, los sensores y actuadores deben tener la capacidad de soportar contextos ambientales variables, en los que los sensores tengan la capacidad de soportar cambios ambientales y terrenos no comunes, esto con el propósito de que los sensores y actuadores no se vean afectados y así dar fiabilidad en esta etapa.

Los sensores deberán tener un equilibrio en parámetros de una medición precisa y aceptable, en paralelo con el costo, ya que sensores con precisión muy altas y calibraciones óptimas, generan costos altos, con lo cual en esta solución los sensores deben tener un costo bajo con precisiones razonables, ya que algunas

variables durante el procesos del cultivo no se necesitan con una exactitud optima, debido a que el proceso del cultivo se desarrolla en periodos largos , con lo cual sensores de temperatura y aire , tendrán mediciones secuenciales durante el día, con el fin de no saturar el proceso de métricas con datos redundantes.

Dentro de las variables de mantenimiento y ciclo de vida, los sensores que se ajustan a la solución deben tener un ciclo de vida largo, y al igual que su mantenimiento sea sencillo, puesto que las condiciones de trabajo de estos sensores serán en zonas rurales donde el acceso a cambios o mantenimientos frecuentes, generan un alto costo en la línea de soporte de la arquitectura IoT.

3.2. RED DE SENSORES Y ACTUADORES

En este marco de red de sensores, tenemos varias tecnologías que podrían hacer parte de la solución para el cultivo de fresas, pero para esto debemos tener en cuenta factores como cantidad de sensores, cobertura de los sensores, protocolos o tecnologías de acuerdo a su costo económico, facilidad de integración.

Al tener en cuenta estos factores, soluciones como LoraWan, Zbee , son soluciones para redes de sensores de alta densidad, para nuestro la solución del cultivo de fresas no aplica, ya que las mediciones se harán en estaciones se podrían realizar en estaciones meteorológicas ubicadas en puntos estratégicos del cultivo las cuales se comunicarán por una red Wifi .otras tecnologías que no aplicarían serían redes celulares como 4Go 5G,Sigfox, las cuales son tecnologías que pueden transmitir datos a grandes distancias con tasas de transmisión muy eficientes, pero para el caso del cultivo de fresas estas tecnologías no son necesarias , ya que los cultivos a trabajar podrán tener áreas no tan extensas, con lo cual tecnologías como Wifi o Bluetooth facilitan el proceso de comunicación de la red de sensores.

La mejor alternativa para esta solución es usar una tecnología como la Wifi, porque con esta cubrimos el rango de 50 a 80 metros, lo suficiente para ubicar los sensores estratégicamente dentro del cultivo de fresas y adicional la facilidad de que la tecnología Wifi es una de las más comunes, y más evolucionada en el mercado, agregando sencillas de uso, lo cual facilita el despliegue de la solución, a nivel de implementación y soporte.

3.3. GATEWAY

Para la solución el tipo de Gateway que se ajusta a la necesidad de un cultivo de fresas dependerá de varios factores, como la escala de la operación, la distancia

entre los dispositivos de IoT (sensores, actuadores, entre otros) y la nube, la tecnología utilizada en los dispositivos, así como la cantidad de datos que se recopilan. Para ello se tiene en cuenta que en el mercado existen diferentes tipos como Gateways celulares, de banda estrecha de largo alcance (LoRaWAN), Wi-Fi, entre otros que se ajustan a la solución del problema y pueden brindar una conexión fiable a los sensores que conforman el sistema IoT.

Uno de los factores más relevantes es la ubicación del sistema a implementar, para este caso el cultivo de fresas se da mayor mente en Cundinamarca y revisando la cobertura nacional de conectividad de la red de telefonía móvil, cuenta con una cobertura LTE y cuarta generación (4G) en gran parte del departamento brindando un punto de conectividad alto para la solución dentro de este sector, es por ello que la mejor opción para la solución es un Gateway celular el cual pueden conectarse a través de redes móviles como 3G, 4G o 5G, lo que permite una conexión remota a la nube y se descartan soluciones Zigbee, sigfox y LoRa, entre otras, porque estas requieren de costos adicionales con proveedores privados que nos permitan la conexión a estas tecnologías.

El enrutamiento de la información a internet se dará mediante el Gateway celular, este utilizara una tarjeta SIM para asegurar la conexión a internet mediante la red 3G, 4G o LTE que están vigentes en Colombia, la cual nos conectara con la nube AWS. Se debe tener en cuenta que esta conexión entre la nube AWS y el gateway debe tener ciertos controles de seguridad, para ello se sugiere configurar una VPN entre el gateway y la red de la nube, esto permite que los datos se enruten de forma segura a través de la VPN y lleguen a la nube AWS.

Otro tipo de control que se puede implementar para garantizar la seguridad de la solución es el uso de mecanismos de autenticación fuertes, como la autenticación de dos factores y la autenticación basada en certificados, así se garantizan que solo los dispositivos y usuarios autorizados puedan acceder a la solución.

3.4. CONEXIÓN A INTERNET

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica en la cual se brindará la solución y el sector que en este caso es de cultivo de fresas en el departamento de Cundinamarca, se pueden realizar un cotejo de varias opciones de conexión a internet disponibles en la región, validando que estas garanticen una conexión estable y de alta velocidad con el fin de que la transmisión de datos sea confiable y rápida. Las opciones que se pueden dar para este escenario son: Conexión por cable, Conexión satelital y Conexión celular.

Después de hacer una evaluación de la solución, sabiendo el tipo de gateway a utilizar y la cobertura de la conexión a internet, se concluye que la mejor opción a escoger para este caso es la conexión celular, debido a que el dispositivo puede transmitir la información a la nube por la red móvil y no va tener un costo alto como

lo es una red cableada o satelital que depende de un despliegue de infraestructura amplia se debe tener en cuenta que la a calidad de la señal celular puede verse afectada por la ubicación y la congestión de la red, sin embargo los datos se transmitirán cuando exista esta conexión.

Un tipo de control que se puede implementar para garantizar la seguridad de la solución es el uso de mecanismos de autenticación fuertes, como la autenticación de dos factores y la autenticación basada en certificados, así se garantizan que sólo los dispositivos y usuarios autorizados puedan acceder a la solución.

3.5. ARQUITECTURA CLOUD

Esta etapa tenemos diferentes soluciones o alternativa Cloud, dentro de la arquitectura se podría realizar un servicio de infraestructura como servicio, en el que se podría desplegar instancias y una red privada en la nube y allí correr ejecutar un backend y un front que me lea los datos recopilados de los sensores IoT y me muestre estos datos en un dashboard web , pero no es la opción más óptima , ya que esta solución requiere enfocarnos en temas de administración de instancias ,VPC, instalación de aplicativos dentro de estas instancia,actualización de parches de seguridad otras acciones que cargarán la solución con operatividad que no son el foco de la solución.

Actualmente las diferentes plataformas ofrecen plataformas como servicio que facilitan la implementación, Azure tiene el módulo de Azure IoT Hub , Amazon tiene el módulo de AWS core IoT, que facilitan la conexión desde un Gateway IoT hacia la nube, adicional se tienen servicios para desarrollar funciones específicas sin necesidad de implementar o correr toda una infraestructura como una instancia y luego ejecutar el motor de código y luego correr este código , todo esto lo podemos ejecutar en servicios que ya ofrece la nube y nos facilita centrarnos en temas Core de la solución.

Para la solución una opción óptima es hacer uso de esas plataformas como servicio para desplegar fácilmente la solución, AWS puede ofrecernos facilidad de implementación con IoT core, seguido de esto podemos usar IoT analytic, para organizar y darle valor a los datos recopilados y guardarlos en una BD como DynamoDB, seguido de esto podemos de una manera fácil visualizar estos datos en un dashboard con servicios como Quicksight, adicional a esto podremos usar AWS Lambda para ejecutar procesos o script en los cuales queramos tomar acciones de acuerdo a las métricas almacenadas y tomar decisiones automáticas o en remoto.

Los servicios en la nube pueden proporcionar facilidad de herramientas a la hora de realizar la implementación, estos se deben tener ciertas características como lo son

escalabilidad, conectividad, almacenamiento, procesamiento de datos en tiempo real, análisis de datos, integración de servicios externos, seguridad, entre otros lo que garantiza el éxito de la solución.

Las características técnicas se pueden comparar validando los servicios ofrecidos por cada Nube, en este caso se toman dos como lo son AWS en la tabla 1 y Azure en la tabla 2;

Tabla 1 Servicios AWS Cloud

Servicio	Característica
AWS IoT Core	Permite conectar y administrar dispositivos IoT, así como enviar y recibir mensajes de manera segura y escalable.
AWS Lambda	Permite ejecutar código sin preocuparse por la infraestructura subyacente. Se puede utilizar para procesar y analizar datos de sensores en tiempo real y tomar decisiones automatizadas en función de esos datos.
Amazon S3	Permite almacenar grandes cantidades de datos. Se puede utilizar para almacenar datos de sensores y otros datos de la solución para su posterior análisis y procesamiento como lo son los históricos.
Amazon DynamoDB	Permite almacenar y recuperar datos de manera rápida y escalable.
API Gateway	Permite realizar código para consumir y exponer apis
AWS IoT Analytics	Permite realizar transformación de datos y machine learning.

Tabla 2 Servicios Azure Cloud

Servicio	Característica
Azure IoT Hub	Permite conectar, supervisar y administrar dispositivos IoT
Azure Stream Analytics	Permite analizar datos de streaming en tiempo real y tomar acciones en consecuencia.
Azure Functions	Permite ejecutar código sin tener que administrar un servidor.
Azure Time Series Insights	Permite almacenar, visualizar y analizar grandes cantidades de datos de series temporales
Azure Machine Learning	Permite crear modelos de aprendizaje automático para predecir el rendimiento del cultivo y tomar decisiones en consecuencia

Frente a las características económicas se puede evidenciar que tanto Azure como AWS cuentan con las mismas similitudes y que están van a variar dependiendo del uso de la solución y de cada servicio. Algunas de las características económicas de estas nubes son:

- Pago por uso
- Escalabilidad
- Seguridad
- Servicios de integración

Teniendo en cuenta lo anterior se realiza la arquitectura de la solución de la siguiente manera:

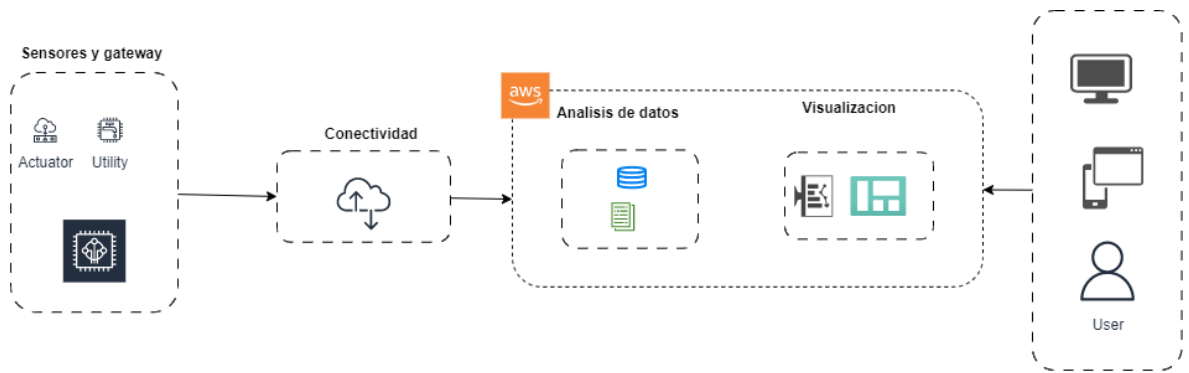


Figura 7 Arquitectura de la Solución

4. MODELO DE NEGOCIO

4.1. PROPUESTA DE MODELO DE NEGOCIO

El cultivo de fresas en Cundinamarca enfrenta diversos desafíos que afectan su rentabilidad y eficiencia. Los agricultores se enfrentan a dificultades para optimizar el riego, el uso de fertilizantes y las actividades de siembra, lo que puede llevar a pérdidas de cultivos y bajos rendimientos. Además, la falta de acceso a información en tiempo real y herramientas de análisis dificulta la toma de decisiones informadas y estratégicas. Es por eso que la solución planteada se presenta un modelo de negocio que aproveche las tecnologías de Cloud e IoT para brindar una solución integral de optimización de cultivos de fresas en Cundinamarca. Esta solución permitirá a los agricultores mejorar la eficiencia de sus operaciones, maximizar los rendimientos y reducir los costos asociados con el cultivo de fresas. Para ello se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- a) **Análisis del mercado y oportunidades:** Para iniciar con el análisis del mercado se tuvo en cuenta ciertos factores claves a considerar tales como La demanda de fresas frescas y de alta calidad la cual ha ido en aumento tanto a nivel local como a nivel nacional e internacional obteniendo 85.000 toneladas anuales, la innovación tecnológica debido a que los productores están buscando soluciones que les permitan mejorar la eficiencia, la productividad y la calidad de sus cultivos; y por ultimo la ventaja competitiva debido a que la región de Cundinamarca cuenta con suelos fértiles, mano de obra calificada y experiencia en el cultivo de fresas, lo que brinda ventajas competitivas a los productores locales.
- b) **Oportunidades para la integración de Cloud e IoT:** Dentro de la propuesta para el modelo de mercado se debe tener en cuenta las numerosas oportunidades para mejorar la eficiencia, la productividad y la rentabilidad de los cultivos, mediante la integración de plataformas cloud e IoT en el cultivo. Es por ello que se deben identificar que oportunidades se tienen para impulsar el mercado agrícola en la región, algunas de estas oportunidades son: monitorización y control de variables ambientales, optimización del riego y fertilización, automatización de tareas y acceso a información y conocimientos.

- c) **Descripción de la solución propuesta:** La solución se basará en la instalación de una red de sensores IoT en los campos de cultivo de fresas. Estos sensores estarán diseñados para recopilar información en tiempo real sobre variables clave como la temperatura, humedad del suelo, nivel de agua, calidad del aire y la radiación solar. Luego de obtener la información, los sensores transmitirán los datos recopilados a una plataforma en la nube para este caso la nube AWS.

En la plataforma AWS se almacenarán y analizarán los datos generados por los sensores, permitiendo el acceso remoto a la información, facilitando el procesamiento y el análisis de los datos obtenidos. Utilizando algoritmos y modelos avanzados, podremos obtener información valiosa sobre el estado de los cultivos, identificar patrones y tendencias, y tomar decisiones informadas para optimizar los procesos agrícolas.

Por otra parte, la solución incluirá la implementación de sistemas de riego automatizados y controlados por la plataforma en la nube. Con base en los datos recopilados por los sensores, la plataforma podrá determinar los momentos óptimos para el riego, teniendo en cuenta las necesidades específicas de cada planta y minimizando el desperdicio de agua. Esto asegurará un suministro adecuado de agua a los cultivos, lo cual es fundamental para el crecimiento saludable de las fresas. Asimismo, la solución aprovechará la capacidad de la plataforma en la nube para enviar alertas y notificaciones a los agricultores en tiempo real, permitiendo una respuesta rápida y eficiente ante situaciones imprevistas, minimizando las pérdidas y maximizando la productividad.

Por último, la solución también contempla la integración de sistemas de gestión y control agrícola en la plataforma en la nube. Estos sistemas permitirán a los agricultores monitorear y gestionar de manera centralizada todas las operaciones relacionadas con los cultivos de fresas, incluyendo la planificación de siembras, el seguimiento de la producción y la gestión de inventarios. Esta integración simplificará la gestión diaria de los cultivos y permitirá una toma de decisiones más eficiente y basada en datos.

- d) **Modelo de negocio:** Para realizar el desarrollo del modelo de negocio se realizó un modelo canvas el cual se encuentra en el Anexo 1, en este se propone una solución integral para optimizar los cultivos de fresas en la región de Cundinamarca, Colombia, a través de la integración de plataformas

Cloud e IoT. La solución se basa en la recolección y análisis de datos en tiempo real para mejorar la toma de decisiones y aumentar la eficiencia en el proceso de cultivo. Para eso se identifica ciertos segmentos importantes para el modelo los cuales son:

- **Segmento de clientes**, se identifican los pequeños agricultores de fresas en Cundinamarca como los principales beneficiarios de esta solución, ya que les permite acceder a información valiosa sobre el estado de sus cultivos y tomar decisiones más informadas.
- **La propuesta de valor**, se destaca la capacidad de la solución para monitorear variables clave, como la humedad del suelo, la temperatura, la calidad del aire y el nivel de nutrientes, a través de sensores IoT. Estos datos se recopilan y se almacenan en una plataforma Cloud, donde se procesan y analizan mediante algoritmos avanzados.
- **Las actividades clave**, se incluyen la instalación de sensores en los campos de cultivo, la configuración de la plataforma Cloud para recibir y almacenar los datos, y el desarrollo de algoritmos de análisis de datos. Además, se proporciona capacitación y soporte técnico a los agricultores para que puedan utilizar la solución de manera efectiva.
- **Los recursos clave** necesarios para implementar esta solución son los sensores IoT, la infraestructura de la plataforma Cloud, el personal técnico especializado y los materiales de capacitación.
- **Los canales de distribución**, se propone establecer alianzas con cooperativas agrícolas y proveedores de tecnología agrícola para llegar a los agricultores de fresas en la región. Además, se utilizarán canales de comunicación digitales, como sitios web y redes sociales, para promover la solución y generar interés.
- **En la relación con los clientes**, se busca establecer una relación de confianza y colaboración a largo plazo con los agricultores. Se brindará soporte continuo, actualizaciones de la plataforma y asesoramiento técnico para garantizar el éxito y la satisfacción del cliente.

- Finalmente, en **los ingresos** se plantea un modelo de suscripción mensual o anual, donde los agricultores pagarán una tarifa por el acceso a la plataforma Cloud y los servicios de monitoreo y análisis de datos. Además, se explorarán oportunidades de generar ingresos adicionales a través de la venta de equipos y sensores, así como servicios de consultoría personalizada.

4.2. VALIDACIÓN DEL MODELO DE NEGOCIO

Teniendo en cuenta la propuesta de modelo de negocio que se planteo en el capítulo 4.1 se realiza una validación de este asegurando que la solución propuesta sea viable y rentable en el mercado objetivo. Para ello se llevo a cabo diferentes actividades y análisis para evaluar la viabilidad técnica, económica y comercial del modelo de negocio.

- e) **Validación técnica:** Dentro de esta validación se debe evaluar la capacidad de la solución propuesta para cumplir con los requisitos técnicos y funcionales necesarios para el cultivo de fresas que se seleccione, considerando aspectos tales como:
 - **Integración de plataformas Cloud e IoT:** Donde se verificará la capacidad de integrar y sincronizar los datos generados por los sensores IoT con la plataforma Cloud, realizando pruebas para asegurar una comunicación eficiente y segura entre los dispositivos y la plataforma.
 - **Monitoreo y control de variables ambientales:** Se evaluará la capacidad de la solución para monitorear y controlar variables críticas para cada cultivo de fresas, como temperatura, humedad, luminosidad, pH del suelo, entre otros, verificando la precisión de los sensores utilizados y realizando pruebas en diferentes condiciones ambientales.
 - **Algoritmos de optimización:** Se evaluará la eficacia de los algoritmos utilizados para la optimización de los cultivos, llevando a cabo pruebas comparativas para evaluar el rendimiento de los algoritmos en términos de eficiencia y precisión.

- f) **Validación económica:** Para el modelo de negocio y la solución planteada es importante buscar determinar la viabilidad financiera y la rentabilidad del modelo de negocio propuesto, es por ello que se debe analizar los siguientes factores:
- **Análisis de costos:** Se identificarán y cuantificarán todos los costos asociados con la implementación y operación de la solución. Esto incluirá los costos de adquisición de hardware, desarrollo de software, costos operativos, mantenimiento y soporte técnico con el fin de dar una base al pequeño agricultor de los insumos mínimos y el costo que tendrían esto dependiendo del cultivo y su caracterización.
 - **Análisis de beneficios:** Se evaluarán los beneficios económicos derivados de la implementación de la solución. Esto puede incluir ahorros en el consumo de agua, energía y fertilizantes, así como mejoras en la productividad y calidad de los cultivos, cuantificando estos beneficios en términos monetarios.
 - **Análisis de viabilidad financiera:** Se realizará un análisis financiero para evaluar la rentabilidad del modelo de negocio, calculando indicadores financieros como el período de recuperación de la inversión, el valor actual neto y la tasa interna de retorno.
- g) **Validación comercial:** Otra validación importante dentro del la propuesta de modelo de negocio es evaluar la aceptación y demanda del mercado para la solución para ello es importante tener en cuenta la investigación del mercado, el análisis de los competidores y la validación de los clientes.

A través de la validación técnica, económica y comercial, se podrán tomar decisiones informadas y realizar ajustes necesarios en el modelo de negocio. Esto permitirá ofrecer una solución efectiva, rentable y que satisfaga las necesidades de los agricultores en la región a futuro.

5. PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

La arquitectura planteada, se divide en 2 secciones, Red Sensores y Gateway; y arquitectura Cloud, en la que se realiza un análisis completo de la solución como tiempos de implementación, impacto en los modelos de seguridad y monitoreo asociados a las buenas prácticas de implementaciones en servicios Cloud, secuencia de la solución y un antes y después del modelo o proceso de cultivos de fresas, con lo cual se pretende abarcar todos los campos de la solución técnica.

5.1. TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN

Partiendo del sector al cual va la implementación de la solución y su impacto, se plantea en la figura 8 un esquema de los tiempos de implementación de la solución en la nube AWS de la siguiente manera:

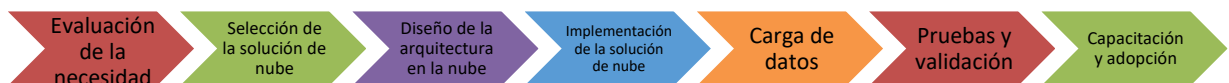


Figura 8 Tiempos de implementación de la solución

Donde los esquemas cuentan con una ejecución de 3 meses y 10 días distribuidos de la siguiente manera:

- Evaluación de la necesidad: 1 Mes
- Selección de la solución de nube: 8 Días
- Diseño de la arquitectura en la nube: 15 Días
- Implementación de la solución de nube: 15 Días
- Carga de datos: 2 Días
- Migración de datos: 15 Días
- Capacitación y adopción: 15 Días

5.2. DIAGRAMA DE CASO DE USO

Dentro de la solución planteada se quiere mostrar mediante el diagrama de uso la interacción entre los diferentes usuarios con el sistema y los procesos que realiza, como se muestra a continuación:

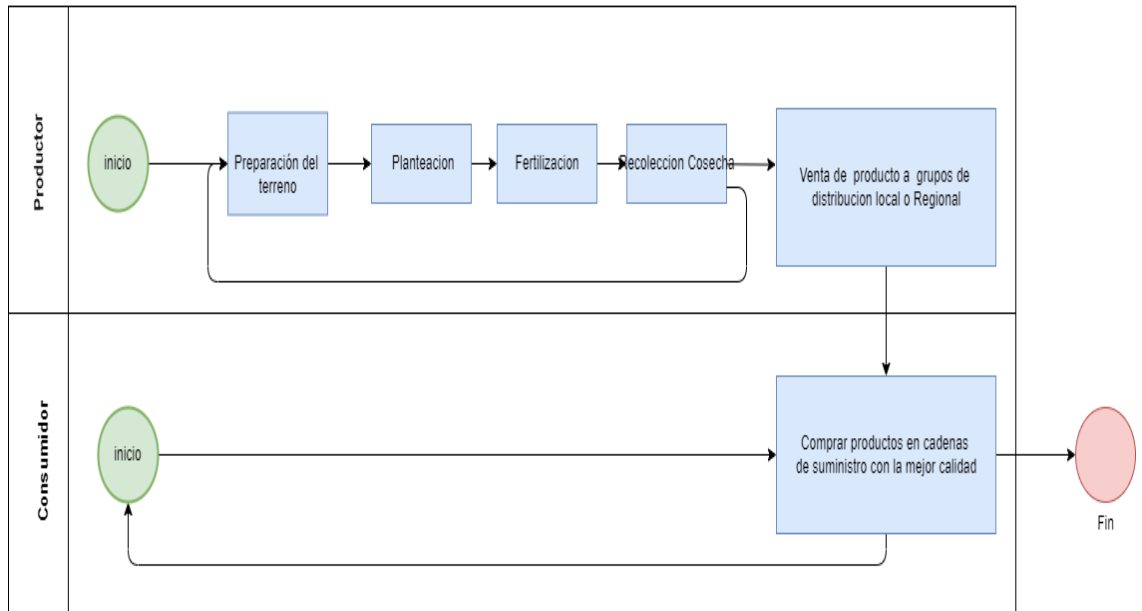


Figura 9 Proceso Común

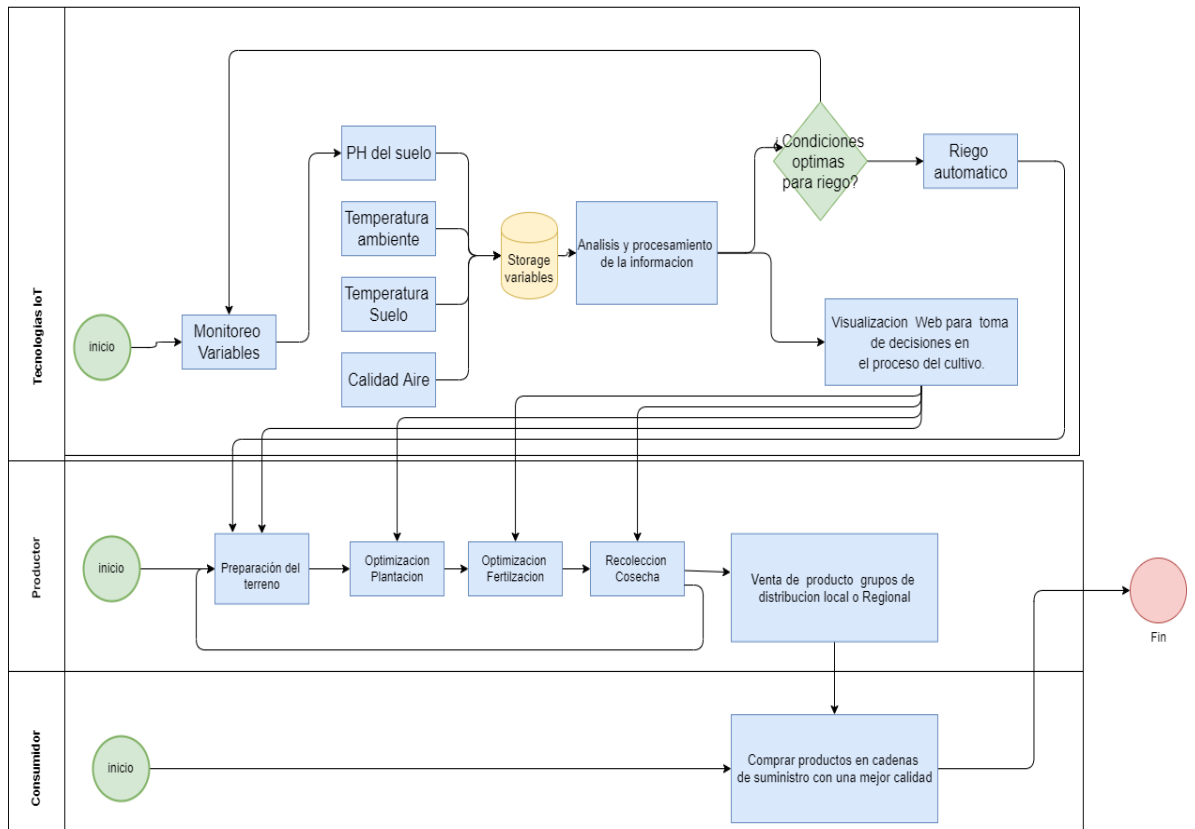


Figura 10 Proceso Propuesto

5.3. DIAGRAMA DE SECUENCIA

Para este caso se contempla en la figura 9 un ejemplo básico de funcionamiento del sistema con un sensor y la plataforma en la nube de la siguiente manera:

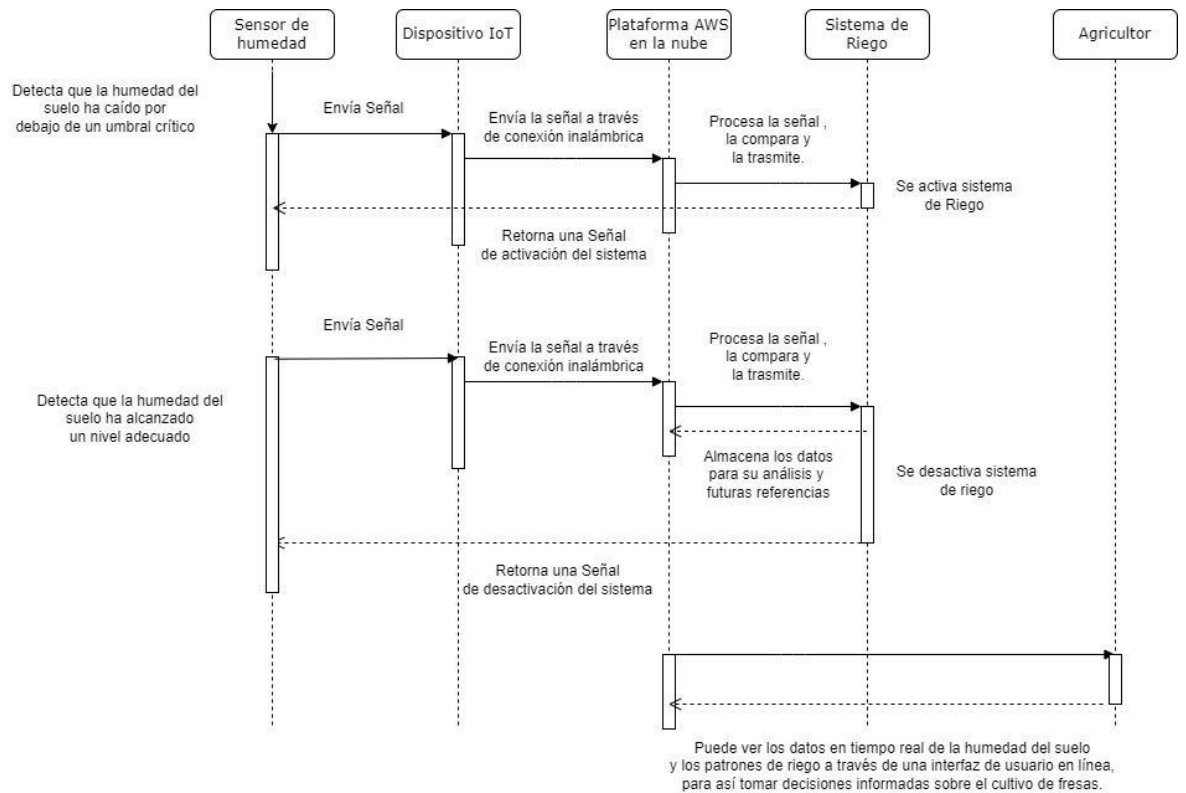


Figura 11 Diagrama de secuencia del funcionamiento del sistema

5.3 ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

Para la solución se plantea en la figura 10 la siguiente arquitectura en la nube de AWS:

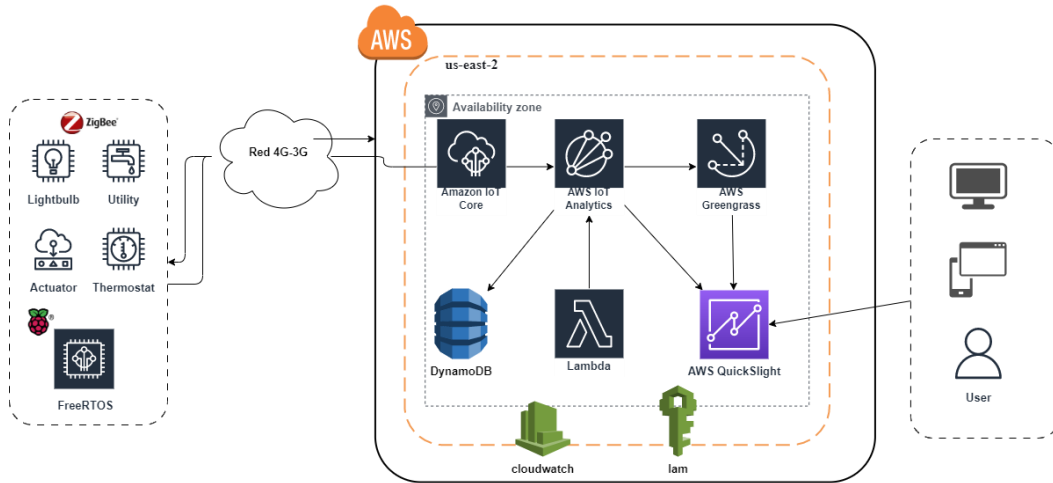


Figura 12 Arquitectura de la solución

La arquitectura planteada, se divide en 2 secciones: **Red Sensores y Gateway** en la figura 11, y **arquitectura Cloud** en la figura 12.

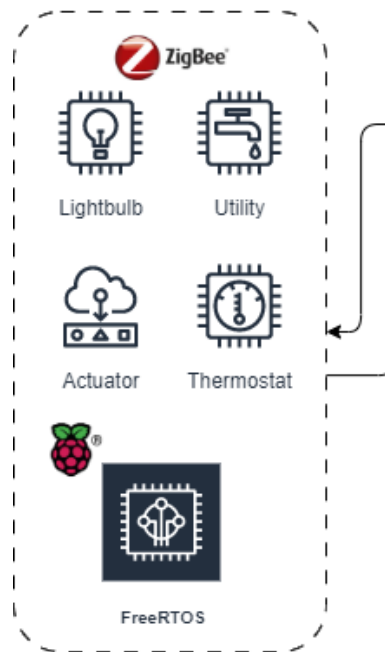


Figura 13 Red Sensores y Gateway

5.3.1. Red de Sensores y Gateway

Para esa sección se plantea una red de sensores Zigbee, que nos da un margen de alcance alrededor de los 300mts, que se ajusta a los cultivos de fresas que se quieren atacar, en este caso agricultores independientes, la red estaría dispuesto por varios nodos, uno de los módulos planteados es el XBee-PRO[19].

El cual nos permite conectar transductores analógicos o digitales, dentro de los cuales se optan por sensores de una gama media que nos permite una parametrización optima de los sensores y así tener datos acordes para la toma de decisiones, estos tipos de sensores medirán variables como temperatura, conductividad de suelo, PH del suelo, humedad del suelo, calidad del aire entre otros , los datos tratados por estos sensores se transmitirán en la red de sensores Zigbee , esta información se concentrara un Gateway como una Raspberry con conectividad a la red celular, como la siguiente Raspberry PI 3 Model A+[20]. La Raspberry PI, estará acoplada a un módulo 4G/3G/GNSS para Raspberry Pi, para permitir la conectividad celular con características de la siguiente referencia[21], el Gateway estaría Anidado a un módulo de comunicación Zigbee como esta haría el papel de enrutador de datos de sensores digitales y analógicos a emitirlos por una red celular de un ISP apuntando a la IP publica de la nube de AWS.

5.3.2. Arquitectura AWS

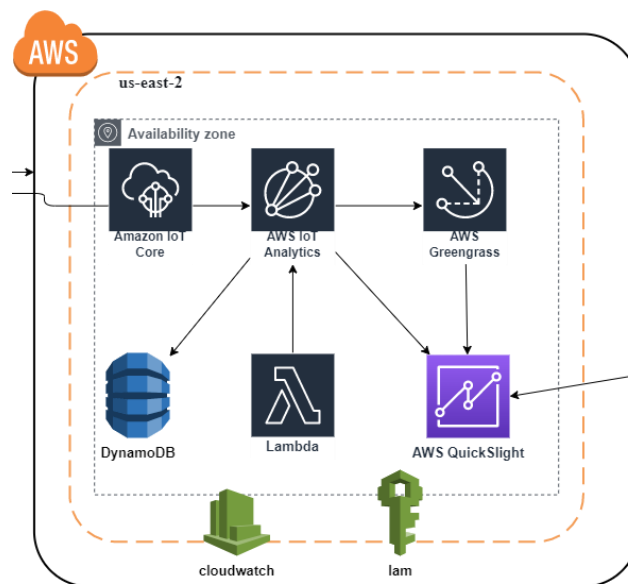


Figura 14 Arquitectura AWS

En esta sección en la figura 12 se presenta una solución planteada en AWS, la cual se centra en el procesamiento de la data adquirida por la etapa de sensores, y al procesarla darle valor, con visualización de dashboard con analítica de datos para la toma de decisiones importantes dentro del proceso del cultivo de fresas. Dentro de los módulos importantes de la arquitectura se tiene:

- **AWS IOT CORE:** Permite a la solución mediante un SDK, conectar fácilmente y con rapidez los dispositivos de hardware de la solución IoT, con el que se puede conectar, autenticar y compartir mensajes por protocolos MQTT y HTTP.

AWS contiene información para conectar dispositivos Gateway como las Raspberry PI, con lo cual ayuda a despliegue de configuración y conectividad de los datos. AWS IoT Core actúa como Gateway de entrada al cloud de AWS, facilitando los tiempos de Time to Market en la solución, adicional este PaaS ofrece autenticación y autorización con el fin de validar que el dispositivo conectado sea el permitido, esta validación o autenticación se realiza mediante un token anidado a un certificado, brindándonos confidencialidad e integridad de los datos en este proceso de la solución.

- **AWS IoT ANALYTICS:** Esta PaaS brindará a la solución, análisis sofisticado de los datos adquiridos por el ambiente IoT, facilitando procesos de implementación adicionales, este módulo nos permite tener un proceso de filtrado, limpieza, transformación, que nos ayude a tener datos claros y que enriquezcan el proceso de toma de decisiones.
-
- **DYNAMODB:** Esta solución de DBS no SQL almacenará la data procesada después del módulo de AWS IoT Analytics, esta solución nos permitirá un fácil almacenamiento de datos mediante datos Clave-valor permitiéndonos almacenar datos sin estructura para facilitando el proceso de análisis y el rendimiento de altos proceso de datos, adicional a esto esa PaaS nos permite tener disponibilidad de hasta 99.99%, cifrado de datos en reposo, restauración de copias automáticas.
- **AWS LAMBDA:** Este SaaS nos permitirá realizar integraciones con el módulo de AWS analytics en el proceso de filtrado y limpiando, creando funciones para limpiar y filtrar los datos y adicional, permitirá crear funciones adicionales para el envío de toma de decisiones entre los demás módulos para activar el regado

automático o actuadores que se incorporen en la solución. La ventaja de este módulo es que nos permite desplegar fácilmente cualquier backend en diferentes lenguajes de programación, permitiendo foco a los ítems importantes de la solución, como el despliegue de scripts o funciones dentro de los diferentes módulos cloud de la solución.

- **AWS QUICKSIGHT:** Esta solución Serverless, permitirá la integración con Aws lot analytics y mediante machine learning generar data y visualización de esta data de una manera ágil y escalable, este será parte del front para los agricultores, en el que se podrán validar dashboard que muestren la información óptima del proceso de cultivo de fresas, en el que el agricultor podrá ver datos en tiempo real, análisis de estos datos y sugerencias de acuerdo al comportamiento del cultivo.
- **AWS IoT Greengrass:** Este módulo interactúa con la data procesada y limpiada en el módulo Analytics y ayuda a realizar modelos de machine learning con modelos que aprenden de datos ya entrenados, y así identificar patrones y relaciones y crear un modelo nuevo para que el sistema ofrezca decisiones inteligentes a partir de la data procesada, y este modelo de aprendizaje, podrá relacionarse con los módulos de AWS Lambda para envío de datos a actuadores y a su vez con quicksight en donde se podrá visualizar datos a modo de recomendación o comportamientos futuros para análisis y toma de decisiones en el proceso del cultivo de fresas.

5.4 MODELO DE SEGURIDAD

En la figura 13 podemos evidenciar el modelo de seguridad para la solución en la nube mediante la plataforma AWS podemos considerar los siguientes:



Figura 15 Modelo de seguridad

5.5 MODELO DE MONITOREO

El modelo de monitoreo es un conjunto de herramientas y técnicas que se utiliza para supervisar, analizar y reportar el rendimiento de la solución en este caso facilita la información del estado de los dispositivos y del sistema en la nube, esto garantiza que la solución mediante dispositivos IoT y los sistemas de la nube funcionen correctamente identificando y solucionando cualquier problema en tiempo real. A continuación, se plantea un esquema básico de este modelo:

Modelo de Monitoreo



- Definición de roles y procesos para monitorear las diferentes etapas de la arquitectura
- Análisis y almacenamiento de Logs
- Control de históricos logs
- Monitoreo de servicios críticos de la arquitectura
- Monitoreo del rendimiento de los componentes de conectividad e infraestructura de la arquitectura
- Definición de procesos a incidentes o fallas de acuerdo a los SLA
- Gestión de KEDB
-

Figura 16 Modelo de monitoreo

6. ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

La transformación digital se define como el cambio que se da en organizaciones o procesos mediante nuevas tecnologías de la industria 4.0, con el fin de potenciarlos. Para ello es importante tener en cuenta que este se basa en ciertas faces que permiten una concientización del mundo digital mediante su adaptación a dichas tecnologías, generando investigación y búsqueda de posibilidades en el sector TIC, es por ello que mediante IoT y las plataformas cloud definimos el modelo de transformación digital obteniendo como resultado mejoras en la eficiencia y productividad de los cultivos de fresas. Teniendo en cuenta lo anterior se debe tener en cuenta ciertas etapas en el modelo de transformación como se muestra en la figura 14, que nos lleve a transformar ciertos procesos en el sector.

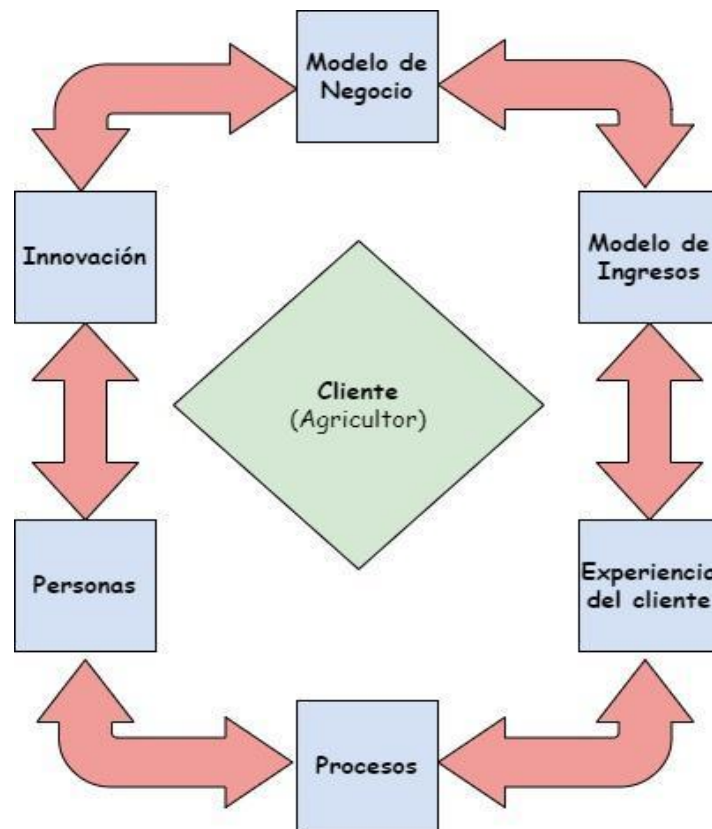


Figura 17 Modelo de transformación digital

Para ellos se definen las etapas del modelo de la siguiente manera:

- **Cliente:** Es la etapa central del modelo de transformación digital y se enfoca en factores de mejoramiento de la relación de las necesidades de este frente al modelo de la solución dentro de los cuales se encuentran compromiso con

el agricultor, ciclo de vida del cultivo, relación con el agricultor, experiencia con el agricultor, valor de solución, atención al agricultor. Esto hace una comprensión a la necesidad del mismo mediante unas etapas específicas (personas, procesos, innovación, modelo de negocios, modelo de ingresos, experiencia del cliente) que conllevan a mejorar las necesidades del agricultor implementando nuevas soluciones con tecnologías IoT y plataformas cloud.

- **Innovación:** En el proceso de Innovación en sector de cultivos de fresas carece de aun de procesos tecnológicos que no aportan innovación en Colombia, con lo cual la solución planteada inserta nuevas tecnologías como IoT y Cloud que darán nuevas herramientas al sector para mejorar, y así innovar con estas nuevas tecnologías digitales, incluso agregando nuevas etapas tecnología tales como un Ecommerce o un sistema para la distribución de las fresas.

Otra punta de innovación es crear nuevos procesos de cultivos, nuevas formas de analizar los cultivos, nuevas formas de optimizar los recursos, ahorros en costos de producción, obtener métricas y análisis predictivos para mejorar cada proceso del cultivo, esto dará valor agregada al proceso de cultivo de fresa e innovación continua, ya que a partir de estas métricas y analíticas se podrían desarrollar nuevas alternativas para cultivar, que ayudarán a mejorar todo un ecosistema agrícola.

- **Modelo de negocio:** Desde el punto de propuesta de valor el negocio se ajusta a rediseñar el actual modelo en Colombia, en el actual modelo el proceso de cultivo de fresas no se ha tecnificado y no aplica nuevas tecnologías de la industria 4.0 para mejorar la producción y ser más competitivos en el mercado latinoamericano, adicional el campesino no cuenta con capacitación para acercarse a las nuevas tecnologías de la industria 4.0.

Indagando más a fondo el modelo Actual en sus diferentes fases, el agricultor independiente no mide sus procesos , no tiene acceso a tecnología para automatizar procesos de producción de las fresas, no le es fácil adquirir capacitación para mejorar sus cultivos con tecnologías de Industria 4.0 , con lo cual la solución planteada propone que dentro del modelo de negocio el agricultor independiente tenga la posibilidad de incorporar tecnologías como IoT , Big Data o Machine learning para optimizar las fases de producción del cultivo, capacitarse para hacer uso correcto de estas tecnologías y agilizar

sus procesos con los análisis plasmados en la solución propuesta que permitirá al campesino visualizar en tiempo real variables importantes para la toma de decisiones inteligentes.

Con estos datos el agricultor podrá tener métricas que le permitan medir el éxito del negocio y cómo mejorar cada día de acuerdo con el comportamiento que tenga el cultivo de fresas durante los diferentes climas que afectan a Colombia. Desde el punto de vista del ecosistema del Digital agrícola, la solución ayudará a estimular la oferta y la demanda del servicio de cultivos de fresas, ayudando positivamente en los ingresos en el mercado de fresas, a continuación se detallan los ítems en los que el cultivo de fresas podrá mejorar:

- **Infraestructura:** El hecho de agregar tecnologías 4.0 mejorará la infraestructura Tecnológica del cultivo de fresas en el que se expandirán nuevos servicios IoT y Cloud que darán valor agregado al proceso de producción del cultivo de fresas.
 - **Servicios:** El mercado de fresas podrá desplegar nuevos servicios o variaciones a partir de fresas más rentables y competitivas, en las que se darán variación de fresas para nuevos procesos de distribución de fresas, esto por la mejora tecnológica en la que se obtendrá fresas más rentables y de una calidad mayor.
 - **Aplicaciones:** En este punto los agricultores podrán contar con una aplicación web o móvil para la toma de decisiones, monitoreo y analítica que promocionan el desarrollo de aplicaciones y contenidos digitales en el modelo de negocio.
 - **Usuarios:** Los agricultores tendrán facilidad de apropiarse de tecnologías digitales que le permitirán innovar y mejorar sus procesos productivos.
- **Modelo de ingresos:** La solución propuesta ayudará al modelo de ingresos del sector del cultivo de fresas agregándole valor al producto ofreciendo fresas de alta calidad, fresas orgánicas, o fresas con una presentación especial. De esta forma, el agricultor podrá cobrar precios más altos y aumentar los ingresos. El agricultor podría Diversificar los productos y aumentar los ingresos, Por ejemplo, se pueden ofrecer productos

complementarios como mermeladas, salsas o bebidas a base de fresas, debido a que la producción será más rentable y eficiente ayudándole a agricultor a enfocarse en otras líneas del proceso para aumentar sus ingresos.

Otro punto por mejorar en el modelo de ingresos, con la ayuda de tecnificar el cultivo de fresa es enfocarse en el mercado de exportación: el cultivo de fresas en Colombia tiene un gran potencial de exportación debido a la alta calidad de la fruta y los bajos costos de producción. Por lo tanto, se podría enfocar en el mercado de exportación para aumentar los ingresos, con un cultivo competitivo y tecnificado.

- **Personas:** Dentro de esta etapa es importante el enfoque en la manipulación del producto final, teniendo en cuenta que al realizar el proceso de implementación de la solución y realizando una transformación digital a los cultivos de fresas, el personal debe estar capacitado para el uso de las nuevas tecnologías a implementar, esto con el fin de que se involucren en el proceso aportando ideas y sugerencias. Para que esta etapa se lleve a cabo se tendrán en cuenta ciertas acciones a ejecutar dentro de la misma como lo son:

- Identificación de partes involucradas (agricultores, los empleados de la empresa, los clientes y los proveedores)
- Definición de roles y responsabilidades
- Capacitación y entrenamiento.
- Comunicación y colaboración.
- Gestión del cambio.
- Evaluación del desempeño.

Al realizar las definiciones de estas acciones se garantiza que dentro de la etapa de personas se involucran todas las partes y se asegura que estas realicen uso de la solución tecnológica de manera efectiva.

- **Procesos:** Para esta etapa su eje central es el aseguramiento de la implementación de la solución tecnológica de manera efectiva y eficaz dentro del cultivo de fresas, esto involucra una identificación de los procesos y un análisis de estos integrados a la solución en el cultivo de fresas existente. Debemos tener en cuenta que dentro de los procesos las acciones a tomar en cuenta para este fin son:

- Análisis del cultivo de fresas existente.
- Identificación de los procesos claves dentro del cultivo.
- Definición de los requisitos necesarios para llevar a cabo la solución.
- Diseño de la solución.
- Integración y pruebas.
- Implementación y monitoreo.

Con estas acciones se garantiza la implementación de la solución, generando eficiencia y rentabilidad del cultivo.

- **Experiencia del cliente:** Esta etapa se enfoca en garantizar que el cliente tenga una experiencia satisfactoria y se resuelva su problemática mediante la implementación de la solución tecnológica, es decir que mediante esta etapa se puede obtener los elementos críticos que pueden marcar una diferencia en la adopción de la solución y así garantizar el éxito de esta. Con la solución de cultivo de fresas mediante IoT y las plataformas cloud, se logra brindar información de variables esenciales para el manejo del cultivo (temperatura, humedad, luz solar, pH del suelo), permitiendo al cliente final (agricultor) un control de manera oportuna y eficaz de las condiciones del cultivo mejorando la productividad del mismo.

Teniendo en cuenta lo anterior es importante que la solución a implementar debe ser fácil de usar e intuitiva, donde el agricultor realice el uso de la interfaz de forma fácil y clara, obteniendo la información relevante y útil para su toma de decisiones desde cualquier dispositivo que sea usado (laptop, tablet, smartphone).

Para lograr una mayor experiencia, la solución permite al agricultor realice una configuración básica de los parámetros necesarios para el funcionamiento de la solución, teniendo en cuenta las necesidades específicas del cultivo de fresa, con esto garantizamos un mayor control del entorno y proporcionando una solución intuitiva, personalizable, con información relevante y útil para el cliente final, contribuyendo a un mayor desempeño de su cultivo.

7. ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN

En este capítulo, se abordarán los aspectos legales y contractuales relevantes para la implementación de la solución, abordando la comprensión y el cumplimiento del marco legal vigente, que incluye la legislación agrícola, la protección de datos personales y la propiedad intelectual. Además, se aborda el establecimiento de contratos adecuados, como el de desarrollo de software, implementación y mantenimiento, servicios de nube y acuerdos de confidencialidad, para garantizar el correcto funcionamiento del proyecto y proteger los derechos de todas las partes involucradas, para ello se dividirá en dos subcapítulos marco legal y contratación.

7.1. MARCO LEGAL

Dentro de esta solución es importante abordar las regulaciones y leyes relevantes que deben tenerse en cuenta al utilizar estas tecnologías en el contexto agrícola, con el fin de asegurar la conformidad legal y promover el desarrollo sostenible de los cultivos de fresas en la región. Dentro de la normatividad vigente y regulaciones aplicables se encuentran las siguientes:

- **Normas Agrícolas y Ambientales:** La normatividad vigente y que cubre la solución son:
 - **Ley 101 de 1993** tiene como objetivo principal impulsar el desarrollo rural, fortalecer el sector agrícola y garantizar la seguridad alimentaria en el país. Busca promover el acceso a la tierra, fomentar la modernización agrícola, proteger el medio ambiente, regular la comercialización y precios, y brindar apoyo a los agricultores a través de programas y servicios especializados.
 - **Decreto 1843 de 1991** establece medidas para promover el desarrollo agrícola en el país buscando fomentar la modernización y la productividad del sector agrícola, así como garantizar la seguridad alimentaria y el bienestar de los agricultores. Entre las principales disposiciones se encuentran la creación de programas de apoyo técnico y financiero para los agricultores, la promoción de la investigación y la transferencia de tecnología en el sector agrícola, la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, y la regulación de las actividades relacionadas con la comercialización de productos agrícolas, impulsando el desarrollo sostenible del sector agrícola en Colombia, promoviendo la eficiencia, la competitividad y la equidad en el campo.

- **Resolución 2047 de 2003** busca promover la seguridad alimentaria, mejorar la productividad y competitividad del sector, y garantizar la protección del medio ambiente, mediante lineamientos para la producción y comercialización de productos agrícolas, el uso sostenible de los recursos naturales, la implementación de prácticas agrícolas responsables y el fomento de la investigación y la innovación en la agricultura; esto contribuye a impulsar el desarrollo del sector agrícola en Colombia y contribuir al bienestar de los agricultores y la sociedad en general.
- **Protección de Datos y Privacidad:** Para la solución es importante tener en cuenta que cualquier información recopilada de los agricultores, como sus datos de contacto, información financiera o cualquier otro dato sensible, debe ser manejada de acuerdo con las leyes de privacidad vigentes en Colombia. Esto implica obtener el consentimiento informado de los agricultores para recopilar, procesar y almacenar sus datos, así como implementar medidas de seguridad adecuadas para proteger la confidencialidad de la información. Para ello se tienen en cuenta la siguiente normatividad:
- **Ley 1581 de 2012**, mediante la cual se regula la recolección, almacenamiento, uso, circulación y protección de datos personales, protegiendo los derechos de privacidad y control de la información de las personas y garantizando que los datos sean utilizados de manera adecuada y segura, estableciendo principios básicos de protección de datos, como el consentimiento informado, la finalidad específica, la calidad, la seguridad y la confidencialidad de la información y creando la figura del responsable y encargado del tratamiento de datos, quienes deben cumplir con obligaciones y deberes específicos para garantizar la protección de los datos.
 - **Decreto 1377 de 2013**, garantiza la privacidad y control de la información personal de los ciudadanos, estableciendo que toda entidad pública o privada que recopile maneje o almacene datos personales debe cumplir con ciertos principios y obligaciones. Algunas de estas obligaciones incluyen informar a los individuos sobre la finalidad de la recolección de sus datos, obtener su consentimiento expreso, asegurar la seguridad de la información y permitir el ejercicio de los derechos de acceso, corrección, actualización y supresión de los datos personales. Además, el decreto establece la

obligación de las entidades de implementar medidas de seguridad para prevenir el acceso no autorizado, la pérdida, alteración o divulgación de los datos personales.

- **Conectividad y Telecomunicaciones:** Dentro de la solución es muy importante este ítem dentro del marco legal ya que estas normas establecen las bases para la infraestructura de comunicaciones necesaria, así como los lineamientos para la protección de datos y la privacidad en el uso de tecnologías IoT, promoviendo la adopción de tecnologías de conectividad eficientes y accesibles, lo que permite la implementación de sistemas de monitoreo y control remoto en tiempo real para los cultivos de fresas, para ello se contemplaron las siguientes normas:
 - **Resolución 572 de 2015**, promueve el acceso a servicios de telecomunicaciones de calidad, equidad y asequibilidad para todos los ciudadanos. Además, busca fomentar la competencia en el mercado de las telecomunicaciones y garantizar la protección de los derechos de los usuarios. De igual manera establece lineamientos para la asignación y uso eficiente del espectro radioeléctrico, con el objetivo de impulsar el desarrollo de tecnologías de comunicación en Colombia, lo cual es muy favorable para la solución planteada debido a que esta utilizara comunicación inalámbrica.
 - **Resolución 2078 de 2017**, establece medidas y lineamientos para fomentar el desarrollo y la implementación de infraestructuras y servicios de telecomunicaciones en el país, promoviendo el acceso equitativo a las tecnologías de la información y comunicación e impulsando la conectividad en áreas rurales y zonas de difícil acceso, esto fortalece la competencia en el sector de las telecomunicaciones y garantizar la calidad de los servicios ofrecidos a los usuarios.
- **Propiedad Intelectual:** Si la solución incluye innovaciones tecnológicas, es importante considerar la protección de la propiedad intelectual. Esto implica verificar si existen patentes, derechos de autor u otras formas de protección intelectual relacionadas con la solución propuesta. En este caso se deben tomar las medidas legales correspondientes para garantizar que los derechos de propiedad intelectual y evitar cualquier infracción o conflicto legal, por ello se cita la siguiente ley que menciona lo antes indicado:

- **Ley 23 de 1982**, esta protege los derechos de propiedad intelectual de los autores y titulares, fomentando la creatividad y la innovación en el país, y estableciendo los derechos y las medidas de protección correspondientes.

7.2. CONTRATACIÓN

Un aspecto importante dentro de la solución es la celebración de diversos contratos, así como los requisitos y consideraciones legales que deben tenerse en cuenta al formalizar los contratos relacionados con esta solución. A continuación, se describen algunos contratos clave que deben considerarse:

- **Contrato de Desarrollo de Software:** Si se requiere el desarrollo de software personalizado para la solución, se debe celebrar un contrato con una empresa o proveedor de servicios de desarrollo de software. Este contrato debe establecer claramente los alcances del desarrollo, los plazos, los costos, los derechos de propiedad intelectual, las garantías, las obligaciones de confidencialidad y cualquier otro aspecto relevante para el proyecto.
- **Contrato de Implementación y Mantenimiento:** Por otra parte, es recomendable celebrar un contrato con el proveedor de la solución para definir los términos de implementación y mantenimiento de la plataforma Cloud e IoT. Este contrato debe contemplar los plazos de implementación, los servicios ofrecidos, los niveles de soporte técnico, las actualizaciones, las garantías, las responsabilidades de cada parte y cualquier otro aspecto relevante para asegurar el buen funcionamiento de la solución a largo plazo.
- **Contrato de Servicios de Nube:** En este se deben establecer los términos y condiciones mediante un contrato con el proveedor de servicios de nube. Este contrato debe abordar aspectos como la disponibilidad de los servicios, la seguridad de los datos, la propiedad de los datos, las responsabilidades de cada parte, la escalabilidad, los costos y cualquier otra cláusula relevante para garantizar un servicio confiable y seguro.
- **Acuerdo de Confidencialidad:** Para esta solución es importante firmar un acuerdo de confidencialidad con todas las partes involucradas en el desarrollo e implementación de la solución. Este acuerdo tiene como objetivo proteger la información confidencial compartida entre las partes y establecer las obligaciones de confidencialidad y no divulgación de dicha información.

Es importante destacar que los contratos y aspectos legales específicos pueden variar según las circunstancias particulares de cada proyecto.

CONCLUSIONES

En este documento se desarrolló una solución que cuenta con variables que pueden cambiar las tecnologías en las distintas etapas de la solución, debido a que los ambientes Cloud ofrecen servicios muy similares, con lo cual todo se reduce a costos de la solución en general.

La solución propuesta dentro de la investigación y desarrollo del planteamiento, indica que la propuesta es convergente para otro tipo de cultivos, en los que se puede monitorizar y automatizar cultivos con características similares.

Dentro del proceso de transformación digital, la solución impacta puntos importantes como la innovación, ya que el campo colombiano solo sigue existiendo una brecha digital importante para apoyar procesos agrícolas mediante tecnologías 4.0, esto indica que la solución propuesta es una gran alternativa para dar un punto de quiebre y que el campo colombiano tome apropiación de estas tecnologías.

La implementación de esta solución presenta diversos beneficios. En primer lugar, los agricultores contarán con información en tiempo real y análisis detallados sobre las condiciones de sus cultivos, lo que les permitirá tomar decisiones basadas en datos y mejorar la eficiencia de sus operaciones. Además, al optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, se contribuirá a la sostenibilidad ambiental y se reducirán los costos asociados.

Es evidente que esta solución propuesta podría ir atada a políticas de estado que permitan agilizar el impacto y apropiación de las tecnologías 4,0, así la solución planteada abarcaría con mayor rango e impacto en diferentes sectores, no solo el de cultivos de fresas.

REFERENCIAS

- [1] AgroNegocios, «La fresa es un cultivo rentable y con proyección en el exterior, conozca por qué», 2015. <https://www.agronegocios.co/agricultura/fresa-un-cultivo-rentable-y-con-proyeccion-en-el-exterio-2621276> (accedido 22 de junio de 2023).
- [2] «Alimentación | Naciones Unidas». <https://www.un.org/es/global-issues/food> (accedido 14 de junio de 2023).
- [3] Ministerio de Agricultura de Colombia, «Cadena de la Fresa», 2021.
- [4] «Plan_Estratégico_Institucional_2019_2022_Primer_Versión».
- [5] «Uso y apropiación de tecnologías 4.0 - C4IR.CO». <https://c4ir.co/uso-y-apropiacion-de-tecnologias-4-0/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [6] «Estadísticas de carga marítima de comercio exterior | Sicex». <https://sicex.com/sismar-colombia/> (accedido 15 de junio de 2023).
- [7] «DANE - Encuesta nacional agropecuaria (ENA)». <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena> (accedido 15 de junio de 2023).
- [8] «Colombia - Índice Mundial de Innovación 2018 | Datosmacro.com». <https://datosmacro.expansion.com/estado/indice-mundial-innovacion/colombia> (accedido 15 de junio de 2023).
- [9] «Estadísticas home». <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1> (accedido 15 de junio de 2023).
- [10] «Jornada de Campo de Nunhems | Crop Science». <https://cropscience.bayer.com.ar/content/jornada-de-campo-de-nunhems> (accedido 15 de junio de 2023).
- [11] S. Acuña Jiménez, «Análisis de los efectos de los plaguicidas y fertilizantes en la producción agrícola mediante modelos de optimización.» <https://repository.universidadean.edu.co/?sequence=1&isAllo%20wed=y> (accedido 15 de junio de 2023).
- [12] B. J. Pérez Guevara y B. J. Pérez Guevara, «Diseño e implementación de una aplicación móvil Android orientada al adulto mayor para apoyar la adherencia al tratamiento médico», 2019, Accedido: 15 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2316>
- [13] G. E. John, «A low cost wireless sensor network for precision agriculture», *Proceedings - 2016 6th International Symposium on Embedded Computing*

- and System Design, ISED 2016*, pp. 24-27, jul. 2017, doi: 10.1109/ISED.2016.7977048.
- [14] S. Bhattacharyya, P. Sarkar, S. Sarkar, A. Sinha, y S. Chanda, «Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias Maria Poussepin», *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 575, pp. 405-411, 2021, doi: 10.1007/978-981-13-8687-9_37.
- [15] Ministerio de Agricultura de Colombia, «Cadena productiva de la Fresa». <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fresa/Pages/default.aspx> (accedido 15 de junio de 2023).
- [16] Ministerio de Agricultura de Colombia, «Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo», 2021. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1> (accedido 15 de junio de 2023).
- [17] «Colombia Productiva - Colombia Productiva». <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-sectores/agroindustria> (accedido 21 de junio de 2023).
- [18] «Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030». <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s08.htm> (accedido 21 de junio de 2023).
- [19] «XBee ® /XBee-PRO ® RF Modules Product Manual v1.xEx-802.15.4 Protocol For RF Module», 2009, Accedido: 21 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.digi.com>
www.digi.com
<http://www.digi.com/support/eservice/login.jsp>
- [20] «Raspberry Pi Datasheets». https://datasheets.raspberrypi.com/?_gl=1*1g05ji6*_ga*MTc1Njc0NzE2LjE2ODc0NTkwMDg.*_ga_22FD70LWDS*MTY4NzQ1OTAxMC4xLjEuMTY4NzQ1OTIyMy4wLjAuMA.. (accedido 21 de junio de 2023).
- [21] «GSM/GPRS/GNSS HAT - Waveshare Wiki». https://www.waveshare.com/wiki/GSM/GPRS/GNSS_HAT (accedido 21 de junio de 2023).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Árbol de Problemas	9
Figura 2	Matriz DOFA	22
Figura 3	Árbol de Objetivos	23
Figura 4	Situación Actual	25
Figura 5	Situación Deseada.....	26
Figura 6	Mapa de Valor	27
Figura 7	Arquitectura de la Solución	33
Figura 8	Tiempos de implementación de la solución	39
Figura 9	Proceso Común	40
Figura 10	Proceso Propuesto	40
Figura 11	Diagrama de secuencia del funcionamiento del sistema	41
Figura 12	Arquitectura de la solución.....	42
Figura 13	Red Sensores y Gateway	42
Figura 14	Arquitectura AWS	43
Figura 15	Modelo de seguridad	46
Figura 16	Modelo de transformación digital	48

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Servicios AWS Cloud.....32
Tabla 2 Servicios Azure Cloud.....32

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Modelo Canvas64

Anexo 1 Modelo Canvas

