



PDF Proyecto - SGPS-SIPRO
Código SGPS del proyecto: SGPS-12499-2024

Centro para la industria petroquímica (9218) - Regional Bolívar

PROTOTIPO DE MONITOREO DE SISTEMA DE SIEMBRA INTELIGENTE UTILIZANDO IOT

Fernando Javier Florez Arrieta

Centro de formación	Centro para la industria petroquímica
Fechas de ejecución del proyecto	2024-02-05 - 2024-12-15
Línea de investigación	Prototipado, mantenimiento, automatización y robotica.
Areas de Cualificación - Marco Nacional de Cualificaciones	Electrónica y automatización Tecnologías de la información y las comunicaciones
Red de conocimiento	Red de Telecomunicaciones
Disciplina de conocimiento	Internet de las cosas IoT
¿En cuál de estas actividades económicas se puede aplicar el proyecto?	Telecomunicaciones
Temática estratégica SENA	
Código dependencia presupuestal (SIIF)	Linea programatica: 82 - Fomento de la innovación y desarrollo tecnológico en las empresas

PARTICIPANTES

NOMBRE	CORREO ELECTRÓNICO	CENTRO DE FORMACIÓN	REGIONAL	ROL SENNOVA	MESES	HORAS
Jesus Viña Ballesta	vinaballestaj@gmail.com	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	aprendiz en semillero de investigación	10	1
Andres Felipe Quiroz Ariza	andresfelipe7980@gmail.com	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	aprendiz en semillero de investigación	10	1
Rocny Junior Montes Armesto	rmontesa@sena.edu.co	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	experto/a tecnoparque	10.3	10
Gustavo Adolfo Pinto Herrera	gpintoh@sena.edu.co	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	líder de proyecto	10.3	10
Fernando Javier Florez Arrieta	ffloreza@sena.edu.co	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	instructor investigador	10.3	5
Ronald Martelo Ching	rmartelo@sena.edu.co	Centro para la industria petroquímica	Bolívar	investigadores/as expertos/as	10.3	16

¿EL PROYECTO TENDRÁ UN IMPACTO EN EL SECTOR AGRÍCOLA?

Si, el proyecto tendrá un impacto en el sector agrícola permitirá la tecnificación de procesos que antes eran realizados de forma artesanal o rudimentaria.

¿EL PROYECTO SE FORMULÓ EN CONJUNTO CON LA TECNOACADEMIA?

No

EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SE REQUIERE LA RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA CON FINES DE ELABORACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES (ENTENDIENDO COMO RECOLECCIÓN LOS PROCESOS DE REMOCIÓN O EXTRACCIÓN TEMPORAL O DEFINITIVA DE UNA ESPECIE YA SEA VEGETAL O ANIMAL DEL MEDIO NATURAL) NOTA: ESTE PERMISO NO SE REQUIERE CUANDO LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN SE LIMITEN A INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS O CON FINES INDUSTRIALES, COMERCIALES O DE PROSPECCIÓN BIOLÓGICA.

No

¿El proyecto está relacionado con la estrategia institucional CAMPESENA?

Justificación: Si esta relacionado, ya que con este proyecto se tecnificara procesos agrícolas en el campo, en la región y el departamento de Bolívar en especial el municipio El Carmen de Bolívar.

¿EL PROYECTO SE ALINEA CON LAS MESAS SECTORIALES?

Automatización
Telecomunicaciones
Producción agrícola

¿EL PROYECTO SE ALINEA CON EL PLAN TECNOLÓGICO DESARROLLADO POR EL CENTRO DE FORMACIÓN?

Si

¿EL PROYECTO SE ALINEA CON LAS AGENDAS DEPARTAMENTALES DE COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN?

Si

¿EL PROYECTO SE ALINEA CON LAS MESAS SECTORIALES?

Automatización
Telecomunicaciones
Producción agrícola

¿EL PROYECTO SE FORMULÓ EN CONJUNTO CON LA TECNOACADEMIA?

No

¿El proyecto aporta a la divulgación y apropiación del conocimiento relacionado con los retos que incorporan las líneas estratégicas de la Convocatoria?

Producción para la vida

Impulso de la economía popular

Justificación: Si, el proyecto aporta las líneas estratégicas de la convocatoria ya que se encuentra en marcado dentro de los planes de gobierno para ser más productivo el campo

INDICADORES

PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD DEL (LOS) BENEFICIARIO(S) FINAL(ES) DEL PROYECTO

El proyecto brinda mejoras en las competencias laborales y da nuevos conocimientos y habilidades a los aprendices, instructores y campesinos que haga uso del sistema de control y monitoreo implementado mediante IOT, mitigando la brecha de conectividad, acceso seguro y en tiempo real a los parametros ambientales del cultivo.

GENERACIÓN O MANTENIMIENTO DE EMPLEO POR PARTE DEL (LOS) BENEFICIARIO(S) DEL PROYECTO

Sin información registrada

CREACIÓN DE NUEVAS EMPRESAS Y DISEÑO Y DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS, PROCESOS O SERVICIOS

El proyecto sirve como punto de partida para la generación de nuevos sistemas de control y monitoreo remoto aplicado a diferentes sectores productivos como por ejemplo la agroindustria, en donde el manejo de variables y las condiciones de las actividades productivas es vital para la calidad de los productos derivados de las actividades del campo colombiano; se brinda total acceso a los cambios que se presenten en la producción y/o transformación de materia prima y sirve como insumo para generación de datos estadísticos (reportes, tendencias, etc.) necesario para optimizar sus procesos.

INCORPORACIÓN DE NUEVOS CONOCIMIENTOS Y COMPETENCIAS LABORALES EN EL TALENTO HUMANO EN LA(S) EMPRESA(S) BENEFICIARIA(S) DEL PROYECTO

La implementación del proyecto permite incorporar en el talento humano relacionado con el sistema de control nuevos conocimientos y competencias asociadas al desarrollo de arquitecturas de control y monitoreo basadas en IOT

GENERACIÓN DE VALOR AGREGADO EN LA(S) ENTIDAD(ES) BENEFICIARIA(S) DEL PROYECTO

Sin información registrada

FORTALECIMIENTO DE PROGRAMAS DE FORMACIÓN DEL SENA

Sin información registrada

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS AL SENA Y A LOS SECTORES PRODUCTIVOS RELACIONADOS

Sin información registrada

COBERTURA, CALIDAD Y PERTINENCIA DE LA FORMACIÓN

Se mitiga la brecha de conectividad y se amplía la cobertura con calidad a una mayor población. Se dan las herramientas para proveer mejores servicios en sistemas de IOT con personal cualificado y competente.

IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INNOVACIÓN E INVESTIGACIÓN APLICADA

El proyecto permite incorporar tecnología existente con nuevos equipos, plataformas y bases de datos en la nube, lo cual ayuda a mitigar la generación acelerada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) al interior del Centro de formación (inicialmente) y en las empresas o entidades que implementen este tipo de proyectos en su organización.

¿CUÁL ES EL ORIGEN DE LAS MUESTRAS CON LAS QUE SE REALIZARÁN LAS ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN, BIOPROSPECCIÓN Y/O APROVECHAMIENTO COMERCIAL O INDUSTRIAL?

No aplica

Resumen del proyecto

En la región de Bolívar se tienen cultivos de diferentes alimentos pero los procesos de cultivo siguen siendo los mismos de hace muchísimos años en los cuales no existe una tecnología para tener una precisión o una mejora en la calidad en la producción de estos cultivos. Con el desarrollo de las tecnologías surgen sistemas para el monitoreo de las condiciones físicas y químicas del ambiente que pueden influir en la siembra, estas variables pueden ser la temperatura, la humedad, el pH del suelo y los diferentes elementos que en el suelo existen que nos van a permitir que se le adicionen a la Tierra abonos que mejoren la calidad del suelo con el objetivo de mejorar los procesos de siembra. Se presenta un proyecto utilizando sensores y el internet de las cosas en la región del Carmen de Bolívar en un sembradío en el cual se instalarán diferentes sensores junto a una red utilizando la tecnología LoRaWAN para conectar estos sensores y los datos que se registren serán transmitidos a una plataforma en la cual se le podrá aplicar diferentes procesos como el Big Data o el almacenamiento de la información que está generando. Con esta información se podrán implementar procesos para la mejora de las Siembras en el terreno.

Antecedentes

Los retos a los que se enfrentan actualmente las actividades agrícolas han producido enormes cambios en las técnicas y metodologías. El agricultor de la nueva generación ha pasado de la agricultura tradicional a los conceptos tecnológicos. Los investigadores que trabajan en este campo han elaborado teorías y prácticas que incorporan a dispositivos inteligentes para evaluar los parámetros que contribuyen al crecimiento de las plantas, además muestran que la mayoría de los temas de interés de la tecnología IoT está relacionada con el campo agrícola (Belupú, 2022). Teniendo en cuenta las diferentes propiedades del ambiente, el suelo y las necesidades específicas de los cultivos, con el propósito de manejar y optimizar los recursos necesarios para llegar a una producción con calidad, rentable y respetuosa con el ambiente es donde entra a jugar un papel importante las tecnologías emergentes en el campo de la agricultura de la precisión (Mora, 2020).

El problema de los malos tratamientos de los suelos y el desperdicio de agua en el proceso de riego, no solo se vive en Colombia, esto es un problema que se viene presentando a nivel mundial y con este desgaste lo que se hace es acelerar el calentamiento global; para esto se han realizado mejoras en los sistemas agrícolas, aplicando agroelectrónica con IOT. Las variables físico-químicas del suelo y el riego son labores agrícolas de gran importancia que permite conseguir el desarrollo agrícola de los cultivos incrementando sus rendimientos (Ramírez & Vergara, 2020). Estudios como el Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero, realizado en Pereira – Colombia. su principal objetivo fue un sistema de riego que permite el monitoreo, registro y control de un cultivo en invernadero a través de microcontrolador, sensores y actuadores, para realizar un historial de las mediciones de las variables físicas más relevantes (Temperatura, humedad relativa, luminosidad y humedad del suelo) en todo el proceso de desarrollo del cultivo (Palacios, 2016). También existe una automatización del sistema de riego para el cultivo de flores tipo exportación. Este sistema automatizado tuvo como objetivo tomar acciones de control de forma remota, al momento de supervisar el invernadero, controlar la apertura y cierre de las válvulas, ya sea por medio de programación de horarios de riego o en cualquier momento a criterio del administrador del riego (Dueñas, 2015).

Aprendices de Casanare implementaron un sistema de riego automatizado empleando la agricultura de precisión para el cultivo del plátano en Casanare - Colombia. Este proyecto consiste en el manejo agronómico del cultivo de plátano, control de plagas y enfermedades, conllevando al aumento de la productividad del cultivo y mejorar las condiciones de vida de los productores de la región (Investigación-SENA, 2015). El equipo de Tecnoacademia nodo Tolima, implementaron el proyecto desarrollo de una huerta casera con internet de las cosas, con este prototipo de agricultura de precisión que depende de un microcontrolador con conexión Wifi, el

hardware TecnoKit de robótica y electrónica. Contralando el riego por gravedad, adquiere los datos ambientales que se reflejan en el centro de control para ser gestionados desde el celular por el responsable de la huerta. Actualmente sirve para evitar la erosión y poder sembrar en las zonas secas controlando remotamente el riego y monitoreando el estado del cultivo (Galvis y Campos, 2021). A su vez, el internet de las cosas llega a los agricultores de Nariño de la mano de SENNOVA, al implementar iniciativas de proyectos que miden las variables que se presentan dentro de un invernadero como temperatura, humedad, peso, la cantidad de riego adecuado, la cantidad de nutrientes necesarios para cada tipo de cultivo, entre otros factores importantes (Molina, 2021). Con el desarrollo de software y hardware, se pudo crear un sistema de riego automatizado que consiste en el monitoreo remoto en tiempo real de la temperatura ambiental y humedad del suelo utilizando una interfaz gráfica desarrollada en IoT Cloud de Arduino, para controlar de la humedad del suelo mediante una bomba de agua creada a partir del diseño CAD con prototipado de impresión 3D. la energía de este sistema es suministrado por medio de módulos solares, ayudando a la protección del ambiente, además de eliminar la dependencia de fuentes de energía tradicionales y contaminantes (Llanes et al., 2022). En la ciudad de Montería se llevó a cabo un Sistema controlador del crecimiento de plantas sin necesidad de tierra, automatizado por sensores y sistema de riego (hidroponía), que su principal objetivo fue crear un sistema controlador del crecimiento de plantas, automatizado por sensores y sistema de riego para ayudar al crecimiento de las plantas sin necesidad de tierra; además de eso desarrollar una aplicación Web Adaptativa para la administración, registro y control de sistema automatizado para cultivos hidropónicos (Botero, 2015).

MARCO CONCEPTUAL

El corazón del proyecto es una plataforma que maneja la tecnología LORAWAN, esta tecnología permite tener grandes distancias entre los sensores pudiendo tener una distancia máxima de hasta 10 km, la plataforma utiliza visualización a través de una página web en dónde se registran los diferentes sensores que se encuentran en el rango de cobertura de ella, Cuenta con diferentes tecnologías para enlazarse a ella como lo es el Wifi y podría conectarse también a través cableadas. Los sensores que se utilizan trabajan con la tecnología LORAWAN transmitiendo en la frecuencia de 905 mega Hertz estos sensores pueden medir la temperatura y humedad del ambiente, el nivel de radiación solar en el terreno, el PH (la acidez o alcalinidad del suelo) y también me dirían diferentes elementos cómo fósforos y nitratos en el suelo los datos serán transmitidos a un servidor donde se almacenarán y esta información se podrá utilizar para generar procesos de mejoras en la siembra.

La agricultura de precisión, aborda aspectos tales como las etapas, ventajas, barreras, limitantes y objetivos para la preparación de los cultivos, esta se complementa con una serie de fundamentos relacionados con las tecnologías utilizadas en sistemas de monitoreo de variables agronómicas, tales como: los sistemas de posicionamiento global (GPS), los Data-Loggers y las WSN. Las redes WSN operan con los siguientes protocolos (802.15.4, 6LoWPAN, CoAP y RPL), como los sistemas operativos propios de plataformas de hardware en WSN (Contiki y TinyOS). También encontramos los mecanismos de enrutamiento y las herramientas para el análisis estadístico de los datos (Test de Kolmogorov-Smirnov y Test de Kruskal-Wallis) en el contexto de las WSN y el Internet de las cosas IoT (Caicedo, 2017).

La Agricultura de Precisión
Antes de la modernización agrícola, las decisiones de los agricultores se basaban en cambios de cultivos basados en observaciones y conocimientos previos, lo que facilitaba la implementación de

acciones correctivas necesarias pero subóptimas para mantener el rendimiento. sin frecuencia fija. Debido al crecimiento del mercado de consumo moderno, es necesario aumentar el tamaño de los cultivos para satisfacer las necesidades nutricionales. En esta etapa, al agricultor le resulta difícil mantener el control sobre el cultivo, lo que se refleja en una mala utilización de la producción. Insumos como fertilizantes, agua, semillas y otros pesticidas conllevan un aumento de los costos de inversión y mantenimiento y en ocasiones resultan en una mala calidad de los cultivos, lo que afecta directamente su economía y la necesidad de sistemas tecnológicos que sustenten su trabajo diario (Caicedo, 2017). La evolución de las Tecnologías de la información (TI) ha cambiado el entorno del desarrollo agrícola en muchos países, acelerando la transformación de la agricultura tradicional a la agricultura moderna, trayendo consigo la necesidad de investigar y estudiar las nuevas tecnologías y sus posibles aplicaciones en la agricultura para su posterior implementación en los países en desarrollo planteando el reto a Ingenieros, Agrónomos e incluso Economistas de integrar enfoques multidisciplinarios que brinden soluciones a problemas complejos en el crecimiento de la agricultura moderna o como se conoce hoy día Agricultura de Precisión (Bhutani & Wadhwani, 2019; Botta et al., 2022; Mohd et al., 2022; Sergieieva, 2023). La agricultura de precisión es la técnica de efectuar la intervención correcta, en el momento adecuado y en el lugar preciso". Son prácticas de la agricultura de precisión el uso de la maquinaria automatizada, modificación en el riego del cultivo, variación en la dosificación del uso de fertilizantes, el ajuste de las dosis de semillas de acuerdo al suelo, entre otras, que vienen desarrollando los agricultores de manera empírica gracias a un conocimiento previo de las condiciones de sus cultivos y a una metodología de ensayo y error (Caicedo, 2017).

Desde los inicios de la agricultura continúan desarrollándose nuevos métodos de tratamiento en atención a sus cultivos teniendo como beneficios principales, el incremento y la mejora de estos, disminuyendo los gastos en insumos y materia prima (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, 2023). En ese sentido, las nuevas tecnologías como GPS, SIG (Sistema de Información Geográfica), el desarrollo de ordenadores miniaturizados, la teledetección, la informática móvil, el procesamiento avanzado de la información, las telecomunicaciones, los Data-Loggers y las WSN (Wireless Sensor Network) (Yang & Lee, 2013), han tenido una inmersión positiva en el sector agrícola, mejorando y facilitando la captación de las variabilidades agronómicas como humedad del suelo, conductividad eléctrica del suelo, temperatura del suelo y radiación fotosintéticamente activa, entre otras, presentes al interior de los cultivos y que muchas veces pasan desapercibidas por los agricultores (Caicedo, 2017).

Por lo tanto, la combinación de los conocimientos obtenidos por los agricultores a través de sus experiencias, y la aplicación de la tecnología, permiten aprovechar de manera eficiente las materias primas e insumos a nivel del terreno para lograr un incremento en la cantidad y calidad del cultivo. Consecuentemente, se puede ahondar en el concepto de agricultura de precisión como el conjunto de técnicas orientadas a optimizar el uso de los insumos agrícolas en función de la variabilidad espacial y temporal del cultivo. Entiéndase variabilidad espacial como las diferencias de producción en un mismo campo, en una misma cosecha y una misma campaña. Por otra parte, la variabilidad temporal se refiere a los cambios de producción en un mismo campo y en distintas campañas de cosecha. Las prácticas agrícolas tradicionales están siendo apoyadas por la información suministrada de sistemas tecnológicos que en conjunto con la experiencia propia de cada agricultor contribuyen a la toma de decisiones de manera más objetiva (Caicedo, 2017).

El monitoreo o recolección de datos tiene como objetivo principal, obtener información de variables físicas, químicas o climáticas que sean consideradas de mayor incidencia en el óptimo desarrollo

de cada cultivo. El uso de tecnologías GPS, Data-Loggers y WSN es común encontrarlas como herramientas principales de monitoreo debido a las características que presentan cada una de estas tecnologías, que serán analizadas posteriormente con mayor detalle. En el análisis, procesamiento e interpretación de los datos se utilizan programas informáticos especializados para el tratamiento de los datos, mostrando la incidencia de las variables, respecto al comportamiento en el cultivo y que a simple vista no se percibe sino solo analizando grandes cantidades de datos. Durante la ejecución o aplicación de insumos se aplican los correctivos necesarios al cultivo, ya sea de manera automatizada o manual. Tomando como base los resultados suministrados por el software y previamente validados por el agricultor (Caicedo, 2017).

Sistemas De Monitoreo De Variables Agronómicas

Un sistema de monitoreo, es aquel que se encarga de recolectar información deseada del entorno en el que se encuentre, con un nivel de esfuerzo y costo aceptables, logrado a través de una correcta planificación, cuidadosa ejecución y una continua revisión y evaluación del proceso, atendiendo las necesidades de los usuarios. El correcto diseño de un sistema de monitoreo se describe a partir de darle respuesta a los siguientes interrogantes: ¿Cómo, ¿cuándo y dónde se hace la captura de datos?; ¿Cómo se realiza su análisis?; ¿Cómo se almacenan los datos obtenidos, los resultantes y los analizados e interpretados? y ¿Cómo se informará a los agricultores de los resultados? Esto parte de una planificación con metas y objetivos, en equilibrio con los recursos económicos que se cuenta. Un ejemplo puntual es la captura de datos medioambientales y/o agronómicos de los cultivos que generen información útil. Ahora para ser más específico se agrega, el ¿cómo y para qué se hace obtienen los datos? La agricultura se apoya en diferentes tecnologías modernas para realizar captura de datos (insumo necesario del análisis de cultivos). A finales de 1980, se tuvo como base de partida el GPS, integrado con sensores de suelo utilizados para medir la variabilidad espacial, los atributos del suelo, el rendimiento de los cultivos y las plagas en los mismos, gracias a que se pueden obtener imágenes de alta resolución que permitan una visión de todo el cultivo en general (Yang & Lee, 2013; Caicedo, 2017).

Data-Loggers

Esta tecnología es ampliamente conocida y utilizada para el monitoreo de variables atmosféricas y agrícolas, entre otras. Son equipos capaces de capturar y almacenar información en algún dispositivo de almacenamiento propio como las EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) o memorias SD (Secure Digital) para un posterior análisis de los datos obtenidos, se realiza automáticamente en periodos constantes a lo largo del día. Normalmente estos equipos se instalan y se dejan sin supervisión, luego el usuario final debe recoger y extraer la información utilizando un computador, aunque algunos modelos actuales brindan la facilidad de acceder a los datos de manera remota a través de internet (Lozoya et al., 2016; Caicedo, 2017).

Wireless Sensor Network – WSN

Las desventajas del GPS y los registradores de datos han sido superadas por las conocidas redes de sensores inalámbricos o Wireless Sensor Networks (WSN). Se trata de dispositivos autónomos (sensores) que se despliegan en un área específica a gran o pequeña escala. Son capaces de procesar y transmitir de forma remota información a lo largo de todo el espectro electromagnético de manera eficiente y sin pérdida de datos para estudiar variables físicas o condiciones ambientales en tiempo real. La agricultura de Precisión Agricultura es una aplicación que utiliza WSN para controlar el riego, necesario donde el agua es escasa y se debe utilizar este recurso de manera eficiente. También en el control de la distribución de fertilizantes mediante dispositivos automatizados. O en el monitoreo de variables atmosféricas como, entre otras: temperatura,

humedad relativa, presión y variables agrícolas como: humedad del suelo, espesor del tallo de las plantas, radiación fotosintéticamente activa, etc. (Aqeel-ur-Rehman et al., 2014; Cedeño et al., 2014; Caicedo, 2017).

Las WSN constan de los siguientes componentes: sensores, nodos de sensores, puerta de enlace, estación base e infraestructura de red inalámbrica que proporciona conectividad entre estos componentes. Los sensores son dispositivos electrónicos encargados de detectar variables físicas y convertirlas en señales eléctricas para su posterior estudio y análisis. Los nodos sensores transmiten los datos obtenidos del sensor a la estación base. La tarea del gateway es conectar las distintas red (WSN con red TCP/IP). La estación base recopila datos de varios sensores y se basa en un sistema informático o un sistema embebido Mahmoud, (2013) (Caicedo, 2017). La red inalámbrica posibilita la interconexión de varios dispositivos electrónicos (nodos sensores o motas), dotados con capacidad de cómputo, coste moderado y baja potencia, lo que permite su operación sin la necesidad de proveedores externos, interconectándose entre sí, sin que exista línea de vista entre ellos, a través del uso de diferentes protocolos de comunicación como Bluetooth, Wifi, ZigBee, IEEE 802.15.4, 6LoWPAN, RPL, tal como lo indica Proskochylo et al. (2015) (Caicedo, 2017).

Internet de las Cosas - IOT
El IoT también conocido como el Internet de los Objetos, fue el nombre que le acuñó Kevin Ashton, investigador del MIT en 1999, a la interconexión digital de los objetos que nos rodean a través de Internet. Dotándolos de una dirección IP que le permitan a cualquier persona, desde cualquier lugar y en cualquier momento, poder acceder a la información e incluso controlar dispositivos de manera remota, pudiendo establecer redes de intercambio de información con otros dispositivos pertenecientes a redes diferentes, tal como se indica en Colina et al. (2016) (Caicedo, 2017).

El IoT representa una nueva evolución del internet y gracias a su integración con objetos cotidianos capaces de coleccionar y distribuir datos, para su posterior almacenamiento, preprocesamiento y análisis; permite generar información a través del uso de herramientas de BigData. Desde esta perspectiva el IoT se proyecta como una revolución tecnológica que combinando hardware, software e internet facilitará el entendimiento del entorno que nos rodea, generando múltiples e innovadoras aplicaciones para contribuir a mejorar la calidad de vida del ser humano. El IoT nace entre 2008 y 2009 con la masificación de los dispositivos inteligentes como Smartphones y Tablets, que debido su facilidad de conexión a internet y a las diferentes aplicaciones que soportan, hace que sea infinito su ámbito de implementación (Caicedo, 2017; Digital Guide Ions, 2020).

Sistemas operativos para plataformas de hardware en WSN
Como se ha mencionado, una red de sensores está compuesta por muchos nodos encargados del monitoreo de distintas variables. Cada nodo cuenta con un microcontrolador que en la mayoría de los casos posee una memoria limitada capaz de almacenar unos cuantos kilobytes, adicionalmente tienen transductores, módulos de radio, conversores análogos digitales, entre otros recursos que son alimentados por baterías o paneles solares. Los sistemas operativos gestionan y asignan estos recursos a los usuarios de una manera ordenada y controlada para el correcto funcionamiento de la red. Aunque existen distintos sistemas operativos para WSN se realizó un análisis comparativo solo de dos Contiki y TinyOS por ser los más utilizados y porque cuentan con suficiente documentación y comunidades activas de soporte disponibles. (Caicedo, 2017).

Drones en agricultura de precisión

Los drones son un elemento que ha generado una particular atención, porque son aeronaves pequeñas que pueden manejarse fácilmente desde un teléfono, cuentan con cámaras y sensores, y ha estado siendo utilizado en un número amplio de proyectos, por lo tanto, para el sector de la agricultura también (Vanegas, 2022).

La Agricultura Convencional es considerada un método de elaboración en el que los insumos se esparcen sobre toda la superficie a trabajar, sin considerar las necesidades específicas del suelo o la planta, ni los aspectos que pueden interponerse en el proceso de un cultivo. A diferencia de la Agricultura de precisión, un método que consiste en dar un manejo particular y característico a los cultivos a partir de la información diferencial que se identifica. Esta tecnología busca dar un manejo diferenciado de acuerdo con las necesidades reales que se logan identificar en cada zona del cultivo. Es decir, dar solución al problema y zona específica, reduciendo con esto costos y tratamientos innecesarios, y así mejorar la rentabilidad de la agricultura y la disminución en el impacto ambiental. (Reuter, F. y Pedenovi, A., 2019) por lo que los sensores que se manejan con los drones pueden proporcionar un método de presupuesto bajo, pero que permite cumplir con los requisitos espaciales y temporales. El manejo de los recursos hídricos de cualquier país depende, del conocimiento que se tiene sobre las cuencas hidrológicas existentes, del alcance que tienen estas y el manejo adecuado que se le debe dar a estos. Para lo cual los avances tecnológicos que se han generado funcionan al usar sensores, satélites y radares, que permiten controlar y hacer seguimiento de esta forma al uso del agua y manejo de la agricultura, por ejemplo, en la gestión y planeación de las acciones de prevención y seguimiento de las inundaciones, crecidas de ríos y sequías, eventos naturales que se encuentran muy ligados y son determinantes para la producción agrícola, y para facilitar esto, el uso de instrumentos como los Drones. (Pino, 2019).

Para la agricultura es de gran importancia contar con información para medir y elegir el tiempo y lugar de actividades como riego, plantación y fertilización, para lo que es determinante generar una mayor eficiencia y conciencia en el uso que se le dé al agua, asegurando una aplicación que se ajuste de manera precisa a la necesidad requerida por el cultivo y que permita ser distribuida equitativamente. Es por esto que la agricultura de precisión solicita una alta atención en la distribución espacial de los insumos que se requieran para la producción del cultivo, por lo que se vuelve indispensable conocer el detalle de los datos sobre el estado del terreno y los insumos para dar respuestas ajustadas a la necesidad y oportunas. (Pino, 2019) En Colombia el monitoreo, seguimiento y la fumigación de cultivos a través de Drones han buscado ser una opción para mejorar la productividad en la agricultura, mediante la toma de fotografías para explorar los terrenos, sin embargo, los costos son muy altos y los resultados en muchas ocasiones no cumplen con las expectativas. Es por esto que a través de la agricultura de precisión se busca optimizar en general el proceso, disminuyendo costos y aumentando beneficios, con herramientas como los drones, las actividades diarias del cuidado del cultivo pueden realizarse de una forma controlada, como la fumigación, lo que permitirá disminuir el riesgo de contaminación en los ecosistema y seres vivos que se encuentran alrededor de la zona de cultivo, además aportaran para el incremento de la eficiencia, señalando el lugar exacto en el que se quiere fumigar, y permitirán utilizar de forma adecuada los recursos que se requieren, en la toma de fotografías existe otra ventaja con la altura mínima en la que se puede tomar, permitiendo así el aumento en la calidad. (Garzón & Luque, 2018).

El agricultor colombiano valora una fumigación eficiente, dentro de los tiempos estimados y con costos ajustados a su presupuesto, a lo que finalmente, se puede encontrar respuesta con los drones, una herramienta que busca quitar los problemas de mano de obra, ajustar los costos altos que actualmente se manejan, disminuir el tiempo que se implementa para esta tarea y eliminar las

practicadas que no son amigables con el medio ambiente. Finalmente se puede afirmar que es necesario contar con un cambio en los métodos tradicionales de fumigación, monitoreo y seguimiento de los cultivos, y los drones son la alternativa más ajustada, si se evalúan aspectos en cuanto a costos y tiempo, sin embargo, en Colombia existen algunas barreras, que se requieren ser tratadas de inmediato, para que el sector Agrícola pueda ser competitivo a nivel mundial, tecnificando estos procesos en el menor tiempo posible. (Garzón & Luque, 2018).

Se ha utilizado como herramientas de monitoreo en cultivos de arroz los drones en fincas en Panamá, con el objetivo de identificar áreas afectadas por el bajo indicador de salud, en los cuales, por medio de mapas, capturas de imágenes y diferentes softwares se identificaron deterioros de los cultivos en las diferentes áreas (Montilla, Montilla, Pérez & Seijas, 2021). Lo que nos permite validar como una estrategia efectiva el uso de drones, para la intervención y prevenir inseguridades en los cultivos, como en este caso, la identificación del deterioro, produciendo así mayor efectividad en la solución de problemáticas. Por medio de vehículos aéreos no tripulados se pueden adquirir datos e información de cultivos para gestionar métodos agrícolas, por medio de recopilación de imágenes, lo cual es un proceso un poco costoso por el valor de esta herramienta tecnológica y por tal motivo es difícil que sea adquirido por el pequeño agricultor colombiano, por esta razón se propone un vehículo más fácil de adquirir, VALNT(vehículo aéreo ligero no tripulado) con un costo más razonable, el único inconveniente es que lleva muy poco en el mercado, y cuenta con menos tiempo de vuelo y es más pequeño, por ese motivo se creó un software que supere esas limitaciones y logre planificar una mejor ruta de vuelo hacia el cultivo de estudio, para mejorar la dificultad del tamaño se realizó diferentes investigaciones donde el viento juega un papel favorable, esta herramienta cuenta con diferentes aplicativos como Wavefront, Dijkstra y Spiral para mejorar y dar un mejor análisis a los cultivos solicitada por el agricultor. (Corrales & Campo, 2020)

NÚMERO DE APRENDICES QUE SE BENEFICIARÁN EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

29

MUNICIPIOS BENEFICIADOS
Bolívar, Cartagena, El Carmen de Bolívar, San Juan Nepomuceno

DESCRIPCIÓN DEL BENEFICIO EN LOS MUNICIPIOS O CORREGIMIENTOS

Por medio de este proyecto las secretarías de agricultura de el municipio podrán hacer análisis de suelo esta manera podran dar información precisa y detallada a los agricultores para que ellos. Tomen las medidas correspondientes al momento de realizar el abonado o el fertilizado de los suelos de esta forma se conseguirá que el terreno sea mas productivo ya que se está realizando un monitoreo, de forma continua en los parámetros del terreno.

NOMBRE DE LOS PROGRAMAS DE FORMACIÓN CON REGISTRO CALIFICADO A IMPACTAR

Diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de telecomunicaciones

Análisis y desarrollo de software

Mantenimiento electrónico e instrumental industrial

Diseño e integración de automatismos mecatrónicos

IMPACTO EN EL CENTRO DE FORMACIÓN

El impacto que este proyecto tendrá en el centro de formación es que los aprendices del área de telecomunicaciones y demás relacionadas podrán realizar Procesos de transmisión, recepción y recolección de datos utilizando tecnologías emergentes como lo es el internet de las cosas y la transmisión de datos de banda ancha apuntando al programa de telecomunicaciones y su nuevo diseño curricular.

SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN VINCULADOS AL PROYECTO

Semillero de investigación de telecomunicaciones centro para la industria petroquímica sintelcip

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar C., A., & Mendoza, C. (2016). Service Oriented Design Approach for a Precision Agriculture Datalogger. IEEE Latin America Transactions, 14(4), 1683–1688. <http://doi.org/10.1109/TLA.2016.7483501>
- Agrosavia (2020). Plan de Desarrollo del Departamento de Bolívar 2020 -2023: Bolívar primero. Bolívar primero en agricultura, explotaciones pecuarias, pesca, forestal y seguridad alimentaria. PDDB. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/37184>
- Agrosavia (2020). Plan de Desarrollo del Departamento 2020-2023 Sucre: Sucre Diferente. Seguridad alimentaria. Eje disponibilidad. PDDS. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/37203>
- Agrosavia (2020). Plan de Desarrollo Departamental 2020- 2023 Córdoba: Ahora le Toca a Córdoba. Componente. Campo con progreso. Diagnóstico. Agricultura. PDDC. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/37192>
- Aqeel-ur-Rehman, Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A. (2014). A review of Wireless sensors and networks' applications in agriculture. Computer Standards & Interfaces, 36(2), 263–270. <http://doi.org/10.1016/j.csi.2011.03.004>
- Ariza G., L. A., Ibáñez B., J. A. & Morales B., J. D. (2022). Diseño e implementación de un sistema IoT para monitorear cultivos. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Departamento de electrónica. Bogotá, D.C.
- Banco Mundial (2023). agricultura y alimentos. panorama general. <https://www.bancomundial.org/es/topic/agriculture/overview>
- Bhutani, A., Wadhvani, P. (2019, April). Precision Farming Market Size By Component, By Technology, By Application, Industry Analysis Report, Regional Outlook, Growth Potential, Competitive Market Share & Forecast, 2019 - 2025. Global Market Insights.
- Belupú A., C I. (2022) Propuesta de una plataforma de agricultura inteligente basada en IoT para el monitoreo de las condiciones climáticas del cultivo de banano (Tesis de Doctorado). Universidad de Piura. Piura.
- Botero, P. E. (2015). Sistema controlador del crecimiento de plantas sin necesidad de tierra,

- automatizado por sensores y sistema de riego (hidroponía). Montería.
- Botta, A., Cavallone, P., Baglieri, L., Colucci G., Tagliavini, L., Quaglia G. (2022, July 5). A Review of Robots, Perception, and Tasks in Precision Agriculture. *Applied Mechanics*, 3(3), 830–854. <https://doi.org/10.3390/applmech3030049>.
 - Caicedo O., J. G. (2017). Sistema de monitorización de variables agrícolas basado en la tecnología wsn para el cultivo de la yuca. [Tesis de Maestría]. Universidad de la Costa – CUC, Barranquilla, Colombia
 - Cama, A., De la Hoz, E., & Cama, D. (2012). Las redes de sensores inalámbricos y el Internet de las cosas. *Revista INGE CUC*, Volumen 8, Número 1, octubre de 2012, Pp. 163-172
 - Castro C., N. D., Chamorro F., L. E., & Viteri M., C. A. (2016). Una red de sensores inalámbricos para la automatización y control del riego localizado. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 106. <http://doi.org/10.22267/rcia.163302.57>
 - Cedeño, J., Zambrano, M., & Medina, C. (2014). Redes inalámbricas de sensores eficientes para la agroindustria. *Prisma Tecnológico*, 5(1).
 - Centro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para América Latina CODS. (2021). “Los retos de la agricultura colombiana frente al cambio climático”, CODS.
 - Chanchí-Golondrino, G. E., Ospina-Alarcón, M. A., y Saba, M., (2022). Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Revista Científica*, 44(2), 257-271.
 - Colina, A. L., Vives, A., Zennaro, M., Bagula, A., & Pietrosemoli, E. (2016). Internet of Thingsv In 5 Days. Retrieved from http://wireless.ictp.it/school_2016/book/IoT_in_five_days-v1.0.pdf
 - De Clercq, M., Vats, A., & Biel, A. (2018). Agriculture 4.0: The future of farming technology. *Proceedings of the World Government Summit*, Dubai, UAE, 11-13.
 - Departamento Nacional de Planeación, (2016). "Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia", Bogotá D.C., DNP.
 - Digital Guide Ionos. (2020). IoT: la revolución tecnológica de la vida cotidiana. <https://www.ionos.es/digitalguide/paginas-web/derecho-digital/iot-internet-de-las-cosas/>
 - Dueñas, R. A. (2015). automatización de riego para el cultivo de flores tipo exportación. Bogotá-Colombia.
 - Gaddour, O., Koubaa, A., Chaudhry, S., Tezeghdanti, M., Chaari, R., & Abid, M. (2012). Simulation and performance evaluation of DAG construction with RPL. In *Third International Conference on Communications and Networking* (pp. 1–8). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ComNet.2012.6217747>
 - Galvis N., K. N. y Campos R., C. A. (2021). Desarrollo de una huerta casera con internet de las cosas. *Revista Tecnoacademia* Ed 5. 2021 - SENA. ISSN: 2619 -5348 y ISSN-e: 2619-5348 90
 - Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. (2023). Cultivo y comercialización de guayaba. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-08/PNUD-Cuba-GUAYABA-Cultivo-Comercializacion.pdf>
 - Investigación-SENA, S. D. (2015). Aprendices Sena Presentan Sistema De Riego Automatizado. Obtenido de <http://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=1369>
 - Llanes Carvajal, J. C., Romero Gelves, R. O., Sánchez Balaguera, M., & Sánchez Monroy, O. A. (2022). Huertas urbanas con agricultura de precisión en ambientes controlados. *Revista Sennova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*. <https://doi.org/10.23850/23899573.5423>
 - Lozoya, C., Aguilar, A., & Mendoza, C. (2016). Service Oriented Design Approach for a Precision Agriculture Datalogger. *IEEE Latin America Transactions*, 14(4), 1683–1688. <http://doi.org/10.1109/TLA.2016.7483501>
 - Luque, S.L. (2018). suministros agrícolas. Abonos orgánicos vs Abonos químicos. <https://www.suministrosagricolasluque.com/abonos-organicos-vs-abonos-quimicos/>

- Mahmoud, K. H. (2013). Data collection and processing from distributed system of wireless sensors. Masaryk University.
- Ministerio agricultura de Colombia. (2020). Cadena de las Hortalizas, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2017) "Estrategia transversal: VII. Transformación del campo", Bogotá D.C., MADR.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2020). "Cadena de las hortalizas", Bogotá D.C., MADR.
- Mohd, J. et al. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. International Journal of Intelligent Networks, 3, 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2022.09.004>.
- Molina M., G. L. (2021). Innovación y Tecnología, El internet de las cosas llega a los agricultores de Nariño de la mano de SENNOVA. Oficina de Comunicaciones Regional Nariño. <https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=4729>
- Mora D. D., (2020) Diseño de una red de sensores inalámbricos aplicada en la agricultura de precisión [Tesis de Maestría] Zapopan, Jalisco, Junio, 2020.
- Palacios, J. W. (2016). Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero. Pereira-Colombia.
- PND. (2023). Plan Nacional de desarrollo 2022 - 2026, Colombia potencia mundial de la vida. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Proskochylo, A., Vorobyov, A., Zriakhov, M., Kravchuk, A., Akulynichev, A., & Lukin, V. (2015). Overview of Wireless Technologies for Organizing Sensor Networks, 39–41.
- Ramírez D, E J. & Vergara S., J. D. (2020). Sistema de riego automatizado basado en IOT utilizando variables ambientales para cultivos de berenjena en la finca la esperanza del municipio de Chinú-Córdoba. Universidad de Córdoba. Facultad de Ingenierías. Ingeniería de Sistemas. Sahagún-Córdoba
- Rojas E., L. (2020) Sistema de sensores de IoT para el control de variables en un cultivo de fresa en la Sabana de Bogotá. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia. Bogotá
- Sergieieva, K. (2023). Tecnología Agrícola: Evolución, Retos Y Su Impacto. EOS DATA ANALYTICS. <https://eos.com/es/blog/tecnologias-en-la-agricultura/>.
- Sociedad de Agricultores de Colombia, (2022). FAO recomienda buscar alternativas a los fertilizantes químicos. SAC. <https://sac.org.co/fao-recomienda-buscar-alternativas-a-los-fertilizantes-quimicos/>
- United Nations Environment Programme. (2021). Food Waste Index Report. FAO. Nairobi.
- Yang, C., & Lee, W. (2013). Precision Agricultural Systems. In Agricultural Automation (pp. 63–94). CRC Press. <http://doi.org/doi:10.1201/b13962-6>

PROBLEMA CENTRAL

Inexistencia de un paquete tecnológico para incrementar la rentabilidad de los cultivos aplicando a la agricultura eficiente apoyándose con las IOT con el fin de lograr

IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La invasión rusa a Ucrania ha revelado al mundo un enorme y complejo desafío, sumándole la lucha contra la contaminación ambiental y el calentamiento global. La dependencia de los fertilizantes químicos, cuya producción es sensible a las fluctuaciones de precios de sus materias primas, del petróleo, de la energía, del transporte y no dejando de lado las eventualidades de tipo geopolítico. La invasión a Ucrania generó pánico mundial. Entrando en desesperación los agricultores, ya que desde el 2021 una escasez impensable de los fertilizantes nitrogenados por los elevados precios del gas y la energía, en especial de la urea siendo el más usado en el mundo, y cuyos productores son China e India. Los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sobre los precios de la urea son sorprendentes: por tonelada masiva (en el Mar Negro) pasaron de 245 dólares en noviembre de 2020 a 901 dólares. Al final del primer trimestre de 2022, el precio de la urea aumentó de 844 dólares por tonelada en enero a 907 dólares por tonelada en marzo, según datos del índice. Recordamos que en marzo de 2021 la tonelada de esta materia prima se cotizó a \$352. El aumento de precios estuvo acompañado por un aumento en el precio de otros fertilizantes, en particular los fertilizantes fosfatados. El precio del fosfato diamónico (DAP) se ha duplicado en un año, de 360 dólares por tonelada a 726 dólares en 2020-2021. Los precios de la potasa (fertilizante potásico) en dicho periodo se mantuvieron estables o sufrieron poca variación. Para el 2022, los precios del DAP se han comportado de la siguiente manera: enero, US\$699 la tonelada; febrero, US\$747, y marzo, US\$938, también según Index Mundi (SAC, 2022).

La FAO menciona que el incremento está asociado a los elevados y cada vez mayores precios de la energía y el gas esencial para la producción de los fertilizantes nitrogenados; interrupciones comerciales y altos costos de transporte, impacto de la pandemia de Covid-19; Política comercial: Dada la creciente demanda mundial de fertilizantes y el aumento de los precios, varios proveedores importantes han decidido restringir sus exportaciones., con la consecuente mayor presión al alza de los precios internacionales de los fertilizantes; los altos costos de los alimentos, pasaron de 113.5 a 134.1 puntos en el año 2021, superando los niveles presentados en junio del 2011. Para el informe sobre el índice de precios de los alimentos, correspondiente a marzo, la FAO revela que este “se situó en 159.3 puntos, es decir, 17.9 puntos (12.6 %) más que el mes anterior, un salto gigante el más elevado desde su creación en 1990”. Un estudio de The Conversation, según el cual el 80% del costo de fabricación de fertilizantes a base de nitrógeno proviene de la energía. Colombia no es ajena a esta problemática de precios ya que, al depender de las cotizaciones del petróleo que afectan subiendo los precios de los fertilizantes. Lo alarmante es que de 1.7 millones de toneladas de fertilizantes que se utilizan anualmente en Colombia, más de 90% corresponde a producto importado. Pero solo hasta ahora nos hemos preocupado por los exagerados precios de la urea, el 15-15-15, el 10-30-10, y el fosfato diamónico (DAP), entre otros. Para el año 2022 la urea alcanzó el valor de \$235-280 mil la tonelada; 15-15-15, \$175.000; 10-30-10, \$185 mil; DAP, \$210 mil. El impacto de los fertilizantes químicos varía entre 18%-25%, dependiendo del cultivo, pero con estos altos precios sube hasta 30%, y en algunos casos puede llegar a 32-35%. Entonces, hacer agricultura con esos precios es inviable (SAC, 2022).

Las plantas y cultivos necesitan nutrientes para su buen desarrollo y un óptimo rendimiento del cultivo. Los nutrientes son tomados desde el aire por medio de las hojas (CO₂ y O₂) y otros del suelo a través de las raíces (macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S y micronutrientes: Fe, Mn, Zn, Cu, B, entre otros). Para que el suelo o sustrato contenga y aporte todos los nutrientes necesarios para la planta es necesario abonar el suelo con abonos orgánicos o químicos. Los fertilizantes

químicos son de origen sintético y son producidos por la industria agroquímica a partir de sustancias naturales o mediante síntesis química. Estos fertilizantes químicos también tienen sus limitaciones, ya que sólo afectan a los nutrientes presentes en el suelo sin cambiar sus propiedades físicas. Por otro lado, la presencia de nutrientes en grandes concentraciones al ser aplicados en exceso puede provocar importantes problemas de contaminación ambiental, resaltando que los abonos nitrogenados son los principales contaminantes de aguas del subsuelo. (Luque, 2018).

Según informaciones reportada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO (por sus siglas en inglés) (FAO, 2021) en 2019 asegura que de las 118 millones de toneladas el 14% de los alimentos en el planeta se desperdician durante su producción, Lamentablemente, actualmente el 8,76% de la población sufre hambre, por lo que es necesario mejorar las habilidades de los agricultores para reducir este número, de modo que al reducir la cantidad de desperdicio, puedan suministrar más alimentos al mercado. El estudio Agricultura 4.0 (Futuro de la tecnología agrícola) predice que la población mundial aumentará aproximadamente un 33% en 2050, lo que corresponde a unos 10 mil millones de personas, lo que creará una mayor demanda de alimentos que en 2050. Más del 50% en 2013 (De Clercq, Vats & Biel, 2018; Ariza, Ibáñez y Morales, 2022).

Para el Ministerio de Agricultura de Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2017) para aumentar la producción y generar apertura económica internacional de la agricultura es necesario la tecnificación de los cultivos y la implementación de nuevas tecnologías con el fin de aumentar la productividad y competitividad. Sin embargo, el panorama en Colombia en materia agrícola no es alentador dado que según (CODS, 2021) la capacidad de abastecimiento a disminuido por falta de asistencia técnica como se demostró en el 2013 según el censo nacional solo un 9.6% de los productores recibieron asistencia técnica en Colombia, Esto muestra que las condiciones en el campo colombiano no han cambiado desde 1954. Por lo tanto, si estas tendencias continúan, inevitablemente se producirá una crisis alimentaria en el país, ya que actualmente el 54,2% de la población sufre inseguridad alimentaria y el 10,8% de los niños menores de 5 años sufren desnutrición crónica (DNP, 2016). Según un informe del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020), las verduras son fuente de agua, vitaminas y fibra y son bajas en calorías. Entre ellos destacan los tomates, que ocupan el décimo lugar en cuanto a importancia alimentaria. producen en el mundo. Por otro lado, la producción de hortalizas en Colombia genera 350.000 empleos al año, 117.000 de manera directa y 233.000 de manera indirecta, contribuyendo a la economía agrícola del país, ya que el 75% son pequeños productores con menos de 3 hectáreas de tierra (Ariza et al., 2022). Sin embargo, al ser la producción de hortalizas sólo para consumo local y no tener altos requisitos de calidad e inocuidad, se limita a satisfacer las necesidades de los consumidores colombianos, la competencia se ha desarrollado lentamente, lo que se refleja en un bajo índice. Además, el país cuenta con alrededor de 30 tipos diferentes de cultivos, los principales de los cuales son guisantes, tomates, cebollas, zanahorias y calabazas, que se cosechan en 32 provincias y más de 1.000 ciudades. Según el Instituto de Investigación Agrícola de Columbia (2012). Los cultivos de hortalizas son extremadamente frágiles y muy sensibles a condiciones climáticas adversas como lluvias intensas y prolongadas, por lo que durante el período invernal el suelo se inunda y el oxígeno en el suelo se reduce, provocando graves daños a las plantaciones, lo que se traduce en una reducción de las existencias de hortalizas. Productos terminados. Dada la importancia de la agricultura en la cadena alimentaria y la necesidad de incrementar la productividad del sector agrícola en Colombia y a nivel mundial, es importante abordar la falta de asistencia técnica para que los cultivos produzcan mayores cantidades de alimentos. , lo que justifica la implementación de la confiabilidad de los sistemas IoT, donde se monitorean diversas variables ambientales

relacionadas con el cuidado de las plantaciones, al analizar estas mediciones, los agricultores tendrán la oportunidad de mejorar el rendimiento, lo que permitirá aumentar el rendimiento, reducir las pérdidas. . y utilizar y medir el consumo de agua (Ariza et al., 2022).

Sin embargo, al ser únicamente orientada al consumo interno, la producción de hortalizas es poco exigente en calidad e inocuidad, por lo que se limita a las necesidades y exigencias de los consumidores colombianos, esto genera un lento desarrollo competitivo que se representa en bajos índices de exportación. Además, en el país se presentan alrededor de 30 tipos diferentes de cultivos de los cuales la mayor área se destina en arveja, tomate, cebolla de rama y de bulbo, zanahoria y ahuyama, que son cosechados en 32 departamentos y en más de 1000 municipios. Según el ministerio de agricultura de Colombia (2020). Los cultivos de hortalizas son extremadamente delicados y son altamente sensibles a condiciones climáticas adversas como fuertes lluvias prolongadas, por lo que, en época invernal, los terrenos se inundan y el oxígeno disminuye en el suelo lo que genera daños críticos a las plantaciones y por ende reducción en cantidades de producto final. Considerando la importancia de la agricultura en la cadena alimenticia, así como la necesidad de mejorar la competitividad con la productividad del sector agrícola en Colombia y en el mundo, cobra relevancia mitigar la falta de ayudas técnicas en los cultivos, con el propósito de producir mayores cantidades de alimento, esto justifica la implementación de un sistema IoT en cultivos, donde se monitoreen diferentes variables ambientales relacionadas al cuidado de las plantaciones, por medio de un análisis de dichas mediciones se le proporcionarán al agricultor oportunidades de mejora en sus cultivos, que le permitan incrementar la producción, reduciendo las pérdidas y desperdicios, así como la medición del consumo de recursos hídricos (Ariza et al; 2022).

Para que exista un incremento en la productividad, las opciones tecnológicas deben ser múltiples para los agricultores, incluyendo mejoras en la administración del agua de los sistemas de producción; ahorro en mano de obra; reducción de pérdidas post cosecha; mejora en el uso los recursos naturales; aumento en la fertilidad del suelo y control de plagas. Se debe priorizar una serie de técnicas que incrementen la productividad y permitan priorizar la conservación de los recursos naturales. (Sonnino y Ruane, 2013). En este sentido, Ríos Hernández (2021) plantea la agricultura de precisión como un mecanismo de alta importancia en la evolución para la agricultura, aportando beneficios en la identificación de las características y propiedades del suelo, logrando una productividad inmejorable, y aportando una solución para el uso correcto de los recursos, los precios elevados y el impacto en el medio ambiente; a través del uso de diferentes tecnologías, entre estas, el empleo de los drones, debido a que cuentan con herramientas que permiten obtener datos y características precisas. La tecnología de drones, en el presente es una tendencia a nivel mundial en diferentes tipos de aplicaciones. Con el desarrollo de tecnologías se esperaría la disminución de los riesgos que se presentan en los cultivos, como plagas y enfermedades en la mata, y dificultades como consecuencia del clima (Alfonso, 2017). Lo que lleva a considerar como una buena alternativa la implementación de nueva tecnología y herramientas que permiten tener un mayor control y agilizar en gran magnitud la labor que conlleva el cuidado y desarrollo de los cultivos. (Farfán, 2022).

Justificación

En la actualidad un país que cuenta con un sistema alimentario sólido, sostenible e inclusivo es fundamental para alcanzar el desarrollo a nivel mundial. Impulsar el desarrollo agrícola es la forma más importante para poner fin a la pobreza extrema, promover la prosperidad compartida y alimentar a una población que se estima en 9700 millones de habitantes en 2050. Al incrementar la agricultura es entre dos y cuatro veces más eficaz que el de otros sectores para incrementar los ingresos de los más pobres. Asimismo, la agricultura es esencial para el crecimiento económico:

representa el 4 % del producto interno bruto (PIB) y en algunos países menos desarrollados puede representar más del 25 % del PIB. Sin embargo, el crecimiento económico impulsado por la agricultura, la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria se encuentran en riesgo: múltiples conmociones —desde alteraciones relacionadas con la COVID-19 hasta fenómenos meteorológicos extremos, plagas y conflictos— están afectando los sistemas alimentarios, y generan un aumento de los precios de los alimentos y del hambre. La invasión de Rusia a Ucrania ha sido uno de los factores que ha acelerado la crisis alimentaria mundial empujando a millones de personas a la pobreza extrema, un dato alarmante es que alrededor de 205 millones de personas en 45 países presentan desabastecimiento de alimentos colocando sus vidas en riesgo (Banco Mundial, 2023).

Colombia en una de sus metas dentro del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (PND 2022-2026) Colombia, potencia mundial de la vida, es su política de desarrollo económico y de seguridad alimentaria, que busca sentar las bases para que el país sea un líder de la protección de la vida, con el cambio de nuestra forma de relacionarnos con el ambiente, mediante una transformación productiva sustentada en el conocimiento y la armonía con la naturaleza. El programa de Gobierno del presidente Gustavo Petro y la vicepresidenta Francia Márquez propone que las transformaciones sean realizadas teniendo como punto de partida el territorio. La economía biodiversa es imposible sin un ordenamiento del territorio, sin la preservación de la naturaleza y sus funciones ecosistémicas. Sin agua, las ciudades, el campo y la industria que se han venido consolidando en el país no son sostenibles. De igual manera las ciudades y los procesos productivos del desarrollo no pueden crecer de forma indefinida, porque su permanencia depende de su armonía con el medio ambiente (PND, 2023).

Este proyecto está enmarcado en el PND 2022 – 2026 ajustándose en su tercera meta denominada derecho humano a la alimentación, apoyándose en el catalizador A, disponibilidad de alimentos, dentro de este encontramos la Transformación del sector agropecuario para producir más y mejores alimentos. En línea con la Reforma Rural Integral, pactada en el Acuerdo Final de Paz, Colombia debe producir más alimentos de manera eficiente e incluyente con los pequeños productores y utilizando ciencia, tecnología e innovación. Dentro de este encontramos el literal C que trata de los Sistemas Territoriales de Innovación, fortalecimiento del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y misión de investigación e innovación. Donde se desarrollarán cadenas productivas agropecuarias y agroindustriales con base en la adaptación y/o adopción de tecnologías para el desarrollo sostenible, que cuente con la participación de las comunidades, enfatizando en la transferencia de conocimiento. teniendo en cuenta el diálogo intercultural entre los saberes ancestrales y el conocimiento científico en materia de agroecología, semillas nativas, manejo del agua y de la logística agropecuaria mediante el fortalecimiento de los sistemas territoriales de innovación, las entidades como el SNIA y el Plan Nacional de Asistencia Integral, Técnica, Tecnológica y de Impulso a la Investigación, dentro del marco de sus procesos deben incorporar estrategias para impulsar el conocimiento y innovación (PND, 2023).

Así mismo, modelos productivos agropecuarios serían generados a partir de procesos de investigación y desarrollo, que tengan en cuenta las necesidades de los territorios, sus poblaciones, sus necesidades logísticas y sus cadenas productivas priorizadas. Lo anterior será en línea con la implementación de la misión de investigación e innovación “Derecho a la alimentación” que buscará el impulso a procesos de industrialización, aumento de la productividad agropecuaria y avanzar en el legado de hambre cero a partir del desarrollo, adaptación y/o adopción de tecnologías; también, la producción de ciencia en materia de inocuidad alimentaria, sin olvidar o dejar a un lado los saberes locales sobre los sistemas alimentarios y culinarios de los diferentes territorios de Colombia.

Los departamentos no están alejados de esta realidad y en sus planes de desarrollo departamentales 2020-2023 (PDD 2020-2023) de los departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba. Presentan unas políticas agrarias muy similares que van de la mano de la ciencia, la tecnología y la innovación de los territorios, el departamento de Bolívar de acuerdo a lo contenido en el informe del año 2018 de la Unidad de Planificación de Producción Rural (UPRA) del Departamento, tiene un total de 2.6 millones de hectáreas, de las cuales 1.3 millones conforman la frontera agrícola, entendiendo este término como el límite de suelo rural donde se pueden realizar actividades agropecuarias. (Artículo 1 de la Resolución 261 de 2018 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). En Bolívar del total de la frontera agrícola disponible, se sembraron 237.389 hectáreas, y se cosecharon 203.576, con una producción de 1.285.741 Toneladas durante el año 2018. La producción agrícola del departamento se sustenta en el cultivo de yuca, ñame, maíz, palma de aceite, arroz, plátano y productos hortofrutícolas como cítricos, mango, melón, patilla, piña, guayaba, ají, frijol, berenjena, entre otros (Agrosavia, 2020). Para el departamento de Sucre según el PDDS 2020 – 2023 el uso del suelo en 2018 se concentró en pecuaria con un 69.95% (763.661 ha), seguido de los cuerpos de agua con un 14.17% (154.702 ha), mientras que, para uso agrícola solamente se destina un 9.67% (105.514 ha). En las líneas productivas agrícolas se destaca el arroz seco mecanizado, la yuca dulce y la yuca industrial con un promedio de índice de participación por área (ha) cosechada del 58.46% e índice de participación de producción (ton) del 66.19%. También se cultiva frijol, guanábana, limón, maíz, plátano, ñame, aguacate, piña y algodón (Agrosavia, 2020; IGAC, 2023). Según su PDDC 2020 – 2023, el área cultivada en el Departamento de Córdoba para el año agrícola 2018 fue de 150,965 hectáreas; dándose una disminución respecto al año anterior de 13%. Los cultivos más representativos del Departamento son los siguientes: maíz tecnificado, maíz tradicional, plátano, yuca, arroz, ñame, algodón y cacao (Agrosavia, 2020).

Estos tres departamentos tienen producciones agrícolas y de productos hortofrutícolas muy similares por su geografía, según estudio realizado por el Ministerio de Agricultura (2023), para los tres departamentos arrojó que la economía de ellos se basa en los siguientes cultivos: aguacate, ahuyama, ají, ajonjolí, algodón, arroz, batata, berenjena, cacao, café, calabaza, caña flecha, caña panelera, caucho, cilantro, ciruela, cítricos, coco, col, eucalipto baby blue, frijol, guanábana, guandul, guayaba, habichuela, higuera, hortalizas varias, jatropha, limón, maíz, maíz forrajero, mamoncillo, mango, maracuyá, Maraón, melón, naranja, níspero, ñame, palma de aceite, papaya, patilla, pepino cohombro, pimentón, piña, pitahaya, plátano, sorgo, tabaco negro, tabaco rubio, tomate, yuca y zapote. Siendo los de más relevancia para el país encontramos el maíz como principal producto de los tres departamentos seguido del arroz, yuca, plátano, ñame, patilla, frijol, mango y cacao.

La agricultura de precisión nace de la necesidad de brindar un tratamiento diferente a cada zona del campo, consiguiendo mejores resultados de medición y control, si los estudios se apoyan en la tecnología redes inalámbricas de sensores (WSN), brindando datos en tiempo real de las condiciones propias del terreno y las variables agronómicas que lo afectan (Castro, Chamorro & Viteri, 2016). La agricultura de precisión, si es aplicada en los principales cultivos del país, permitirá conseguir ahorros importantes en la economía y una notable reducción del uso de fertilizantes químicos, evidenciándose en la disminución de la cantidad de agua utilizada para el proceso de riego, con el fin de contribuir a la preservación del ambiente. Suministrando a los agricultores información sobre las variables agronómicas que influyen en el desarrollo de sus cultivos (Cedeño, Zambrano, & Medina, 2014), así, es posible labrar, fertilizar, regar o sembrar de manera más eficiente el campo, tratando de conseguir la máxima producción posible dentro de un área limitada. Esto incide en la reducción de costos de producción y aumenta la preservación del ambiente, debido a la disminución en el uso del agua y fertilizantes, que en algunos casos contaminan (Fertilizantes químicos). De igual forma, la monitorización en los cultivos contribuye a

mejorar su calidad porque los agricultores obtienen herramientas que facilitan la toma de decisión con mayor grado de objetividad y certeza, en función de los parámetros que inciden en sus cultivos (Caicedo, 2017).

Gracias a los desarrollos y avances tecnológicos que experimentan los sistemas embebidos para redes de sensores inalámbricas, estos contribuyen como fuente de información en tiempo real para diferentes áreas de investigación, captando la atención de científicos e investigadores (Cama, De la Hoz, & Cama, 2012). Dentro de las oportunidades que ofrecen llama la atención la capacidad de proporcionar información actualizada y con alto nivel de precisión. Por ello, los sistemas agrícolas basados en WSN se caracterizan por realizar tareas de seguimiento, evaluación y control, indispensables para obtener mayores beneficios en un campo de cultivo (Cedeño et al., 2014). Con la implementación de estas tecnologías se logra un aporte significativo en el incremento de la eficiencia, optimización y uso de los recursos, reduciendo costos y pérdidas, generando un incremento en la competitividad global de los campesinos, agricultores y las empresas a nivel nacional e internacional, esto permitirá generar históricos de datos de las variables medidas para un posterior análisis ya sea por parte del mismo agricultor, la comunidad investigativa o entidades interesadas en el estudio del campo colombiano como lo es Finagro (Fondo para el financiamiento del sector agropecuario), CIAT (International Center for Tropical Agriculture en español Centro Internacional de Agricultura Internacional), entre otras (Caicedo, 2017).

El uso de la herramienta tecnológica de drones en la agricultura ha aumentado en los últimos años, principalmente en países asiáticos, ya que en estos países han detectado un aliado transcendental por sus principales funciones como: revisión y seguimiento de los cultivos, vigilancia y monitoreo del campo, identificar enfermedades y plagas, uso de plaguicidas y por ende sus múltiples beneficios (García, 2021). Los drones son cada vez más utilizados por los agricultores en países con mayores recursos económicos para diferentes actividades agrícolas, como en la aplicación de plaguicidas, en mejorar la precisión en la investigación y el desarrollo de los cultivos y en sus áreas, generan un ahorro importante en la mano obra (CropLife, 2021), aportando en la capacitación y en el progreso de los individuos, ampliando sus conocimientos sobre temas agrícolas y mejorando las condiciones de su entorno. Colombia cuenta con 40 millones de hectáreas idóneas para cultivar, de las cuales solo 6 millones se encuentran en trabajo agrícola, en el primer semestre del año 2020 a inicios de la pandemia este sector impulso la economía colombiana, con un aporte importante al PIB, donde creció 6.8% (Galvis, 2020) (Oportunidades en el uso de drones para los cultivos del agro colombiano, Camilo Andrés Farfán Vanegas, 2022). Una paradoja teniendo en cuenta que, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura, este es un territorio con una excelente ubicación geoespacial, en la zona intertropical, que tiene, además, una gran disponibilidad de agua por la existencia de ríos y mares que lo atraviesan, con más de 18 millones de hectáreas para riego, y que pese a no contar con una suficiente estructura vial permite sacar productos e introducir insumos. Frente a otros países, por lo menos de la región, el potencial de desarrollo de actividades agrícolas de Colombia es más alto porque puede afrontar el cambio climático con menos impacto en el largo plazo y porque todavía hay tierra para cultivar. (López, 2022)

Considerando el tamaño del terreno y las dificultades para el desplazamiento, lo que implica que no se pueden tener sensores en todas las partes del campo, contempló trabajar con drones para capturar otro tipo de información que no proporcionan los sensores clavados en el suelo, sin los cuales tampoco se podría llevar a cabo todo el proceso, ya que al ser la herramienta que está en contacto directo con la tierra, captura los datos del subsuelo como la humedad, los nutrientes y la temperatura. Y es, en la opinión de López, el logro más grande que pudiera conseguirse, transmitirle a una persona que tenga su tierra en el campo, lo que necesita para censar su terreno

con las condiciones de topografía que tenga. “Es como entregarle una respuesta clara: son mínimo 11 sensores que debe situarlos en estas ubicaciones geográficas particulares, así garantizará el mínimo de información que necesita para operar y desarrollar un sistema de irrigación eficiente”. Por su parte, los drones, vehículos aéreos no tripulados, le entregan datos a través de imágenes que son procesadas y de las cuales extrae información como las variables del suelo, pero, de la superficie y de las plantas, que son el mejor indicador de lo que pasa debajo del suelo. De manera indirecta, una planta puede informar si hay buena irrigación, humedad o temperatura para que crezca el cultivo (López, 2022).

OBJETIVO GENERAL

Construir un sistema de monitoreo de variables en los cultivos agrícolas haciendo uso de tecnologías de adquisición, procesamiento y análisis de datos que mejore la calidad en los procesos productivos.

EFFECTOS DIRECTOS E INDIRECTOS | RESULTADOS E IMPACTOS

1. EFECTO DIRECTO

Rezago tecnológico genera la disminución de la producción de los cultivos en tiempos de verano e invierno.

RESULTADO ASOCIADO

- Obtener los datos necesarios para la calibración de los sensores de los parámetros usar. (temperatura, humedad, radiación solar, pH de suelo, nitratos y fósforos en la tierra).
- Materiales y equipos adquiridos para el proyecto

1.1 Efecto indirecto
Disminución en el número de hectáreas cultivadas por la inclemencias del clima.

1.1 Impacto tecnológico
Se genera nuevo conocimiento y habilidades en los aprendices, instructores, campesinos y empresarios en la implementación de nuevas tecnologías.

2. EFECTO DIRECTO

Baja rentabilidad de los cultivos por pérdidas de cosechas y postcosecha.

RESULTADO ASOCIADO

Uso de IOT para el dimensionamiento de la tecnología inalámbrica a implementar para determinar el sistema de monitoreo, códigos de programación, planos de telecomunicación, determinar la tecnología para garantizar el enlace entre los sensores y los dispositivos de comunicación, con equipo de cabecera para que sean transmitidos los datos a donde se va almacenar para su posterior análisis.

2.1 Efecto indirecto

Pérdidas económicas de los campesinos, agricultores y empresarios debido a la poca producción por hectárea cultivada.

2.1 Impacto tecnológico

Se genera nuevo conocimiento y habilidades en los aprendices, instructores, campesinos y empresarios en la implementación de nuevas tecnologías.

3. EFECTO DIRECTO

Nula implementación de tecnologías de manejo parámetros físico y químico de los suelos.

RESULTADO ASOCIADO

Prototipo del sistema de monitoreo de las variables fisicoquímica.

3.1 Efecto indirecto

Baja tecnificación de cultivos de la región caribe colombiana

3.1 Impacto tecnológico

Se genera nuevo conocimiento y habilidades en los aprendices, instructores, campesinos y empresarios en la implementación de nuevas tecnologías.

4. EFECTO DIRECTO

Nula implementación de tecnologías de manejo parámetros físico y químico de los suelos.

RESULTADO ASOCIADO

Evaluación del sistema del prototipo desarrollado para la toma de decisiones, según los parámetros fisicoquímicos analizados en un ambiente controlado.

4.1 Efecto indirecto

Baja tecnificación de cultivos de la región caribe colombiana

4.1 Impacto ambiental

Se genera nuevo conocimiento y habilidades en los aprendices, instructores, campesinos y empresarios en la implementación de nuevas tecnologías.

CAUSAS DIRECTAS E INDIRECTAS | OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y ACTIVIDADES

1. CAUSA DIRECTA

No se cuenta con las tecnologías ni personal capacitado para brindar asesorías y acompañamiento técnico a los agricultores o campesinos para la implementación en sus procesos de cultivos.

OBJETIVO ESPECÍFICO ASOCIADO

Analizar las variables que se tendrán en cuenta para la medición y monitoreo en los cultivos agrícolas.

1.1 Causa indirecta

El desconocimiento en el sector productivo generado por la falta de promoción y divulgación de las entidades gubernamentales al impulsar estas estrategias tecnológicas en el campo.

1.1 Actividad

- Realizar revisión de información local y bases de datos científicas, para seleccionar las variables o parámetro físico químicos a tener en cuenta en el estudio con las condiciones de la zona y que los campesinos puedan usar para mejorar los procesos productivos. - Apoyar el proceso de adquisición de materiales y equipos para la ejecución del proyecto realizado por el equipo de compras y finanzas

2. CAUSA DIRECTA

Son pocas las empresas en la región que le esté apuntado a la tecnificación del campo.

OBJETIVO ESPECÍFICO ASOCIADO

Diseñar el sistema de monitoreo a partir de las variables de análisis y requerimientos técnicos.

2.1 Causa indirecta

Son poco los campesinos que están implementado estas tecnologías por los altos costos que conlleva adquirir los equipos y asesorías, ya que el personal capacitado es de otras regiones o fuera del país.

2.1 Actividad

Emplear las variables o parámetros fisicoquímicos seleccionados para la construcción del sistema de monitoreo para el estudio en campo de las condiciones ambientales de los cultivos en los procesos productivos determinando los equipos electrónicos de control y monitoreo.

3. CAUSA DIRECTA

Son pocas las empresas en la región que le esté apuntado a la tecnificación del campo.

OBJETIVO ESPECÍFICO ASOCIADO

Construir el sistema de monitoreo en tiempo real que permita medir las variables de cultivos.

3.1 Causa indirecta

Son poco los campesinos que están implementado estas tecnologías por los altos costos que conlleva adquirir los equipos y asesorías, ya que el personal capacitado es de otras regiones o fuera del país.

3.1 Actividad

Implementar las herramientas y la infraestructura de control y monitoreo acorde a las condiciones de la zona que nos permita la validación de los parámetros fisicoquímicos en los cultivos en estudio.

4. CAUSA DIRECTA

El desconocimiento de la información, el analfabetismo de los campesinos y hasta el mismo rezago tecnológico de las entidades gubernamentales para apoyar el campesinado ha disminuido la brecha tecnológica.

OBJETIVO ESPECÍFICO ASOCIADO

Aplicar analítica de datos para el control y toma de decisiones de las variables que intervienen en el proceso agrícola.

4.1 Causa indirecta

Escasa investigación en el desarrollo de paquetes tecnológicos para el control de los cultivos de interés económico para la región caribe.

4.1 Actividad

Evaluar los datos obtenidos en los cultivos para la toma de decisiones para intervenir en la mejora de las condiciones ambientales del cultivo aumentando o disminuyendo los parámetros fisicoquímicos seleccionados.

METODOLOGÍA

Diseño

metodológico

Este diseño metodológico descriptivo permitirá identificar, por medio de fuentes primarias y secundarias, la información más significativa que facilite analizar los parámetro o variables del suelo y las opciones tecnológicas que pueda utilizar el agricultor, y utilizar esto como una herramienta para mejorar las condiciones del cultivo. Para esto, se establecen las siguientes etapas: 1: Se examinan las características del problema; 2: Se eligen los temas y fuentes que sustentan la investigación; 3: Se hace el análisis de la información; 4: Se describe los resultados obtenidos.

(Rojas,

2020)

Ruta

metodológica

Para el desarrollo del proyecto se determinaron dos fases metodológicas: fase1: implementación del sistema de monitoreo IoT, en esta fase se busca validar la conectividad de los sensores con el centro de mando, y fase 2: implementación del sistema de almacenamientos de datos y analítica de estos datos.

Previo a la fase 1 y durante la ejecución del proyecto se realizará un análisis de salud y vigor en la vegetación de la zona a intervenir, al verificar el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con la ayuda de un dron con cámara multispectral y software especializado. Esta información permitirá identificar las condiciones iniciales (levantamiento topográfico, diagnóstico de productividad, diseño de vías y adecuaciones, uniformidad del cultivo, áreas de interés (valor económico), cobertura y uniformidad del brote o del cultivo, cuantificación y características específicas del cultivo, áreas inundadas, ubicar especies invasoras y áreas enfermas) de la zona intervenida. Para el uso del dron en el proyecto se debe tener presente las siguientes actividades, actividad 1: identificar el cultivo y zona de estudio, actividad 2: diseño y cálculo de plan de vuelo del dron y actividad 3: Procesamiento y análisis de imágenes multispectrales, actividad 4: elaboración del ortofotomosaico RGB Y NGB, Actividad 5: obtención del índice NDVI. (misikostas,2017) (GARCIA & RAMON & ALZATE, 2015)

En el equipo de trabajo tiene dos personas certificadas para realizar vuelo de naves no tripuladas UAS – DRONES y el personal esta en capacidad de analizar y realizar un informa del basado en el NDVI. El sistema de sensores IoT, para el monitoreo de las variables medio ambientales que afectan los cultivo, se conectaran a una red de sensores inalámbricos (WSN), instalados para monitorizar y controlar los parámetros de interés en el proceso de siembra, cosecha y postcosecha. Esto permite obtener datos con el propósito de mejorar la calidad y el rendimiento en la producción.

(Rojas,

2020)

Para el desarrollo de la fase 1 se determinarán tres actividades: actividad 1: seleccionar herramientas y tecnologías, actividad 2: diseñar la arquitectura del sistema IoT para monitorización y análisis de variables de interés en la agricultura y actividad 3: construir el prototipo del sistema de monitoreo.

En la actividad 1 se examinará un conjunto de herramientas y tecnologías de hardware y software para la captura, el almacenamiento, el análisis y la visualización de variables de interés en el contexto de la agricultura.

Dentro de la actividad 2, a partir de las herramientas y tecnologías seleccionadas en la actividad 1, se especificaron tanto la vista funcional como la de implementación de la arquitectura del sistema IoT, teniendo en cuenta las dos primeras capas convencionales de los sistemas IoT de las cuatro que lo conforma (captura, almacenamiento, análisis y visualización). La capa de captura permite a través del uso de sensores de IoT la obtención de variables relevantes asociadas a los cultivos (temperatura, humedad, luminancia, entre otras), estas serán enviadas a un sistema de captura en el que dichas variables son empaquetadas en mensajes según el protocolo de comunicaciones y dispuestas vía WiFi a la capa de almacenamiento mediante peticiones. En la capa de captura las variables obtenidas son almacenadas en una base de datos. Dentro de la capa de análisis se aplican modelos de machine learning y de manera específica, de aprendizaje no supervisado sobre los datos obtenidos en la capa de captura, con el fin de determinar la distribución de los datos respecto a niveles de referencia correspondientes a las variables de interés consideradas. Finalmente, en la capa de visualización es posible realizar un seguimiento en tiempo real a las variables capturadas, así como consultar los resultados del análisis estadístico y de machine learning sobre los datos de cada sesión de captura (Chanchí & Ospina & Saba,2022).

En la actividad 3, a partir de la arquitectura diseñada, se construirá un prototipo del sistema IoT, teniendo en cuenta las vistas, capas y tecnologías definidas en la actividad 1. Finalmente, en la fase 2 se pondrá en marcha un sistema de almacenamiento para los datos obtenidos en el cultivo para la toma de decisiones y plantear las acciones para mejorar las condiciones ambientales del cultivo aumentando o disminuyendo los parámetros fisicoquímicos seleccionados. Posteriormente con estos datos se define un modelo que posibilite identificar las tendencias de las variables climatológicas y fisicoquímicas del suelo, así, como obtener la distribución gráfica de los datos capturados con respecto a los valores de referencia de las variables climáticas consideradas. Se cuenta en el equipo con el apoyo técnico. (Chanchí & Ospina & Saba,2022)

INDICADORES

a) Productividad y competitividad del (los) beneficiario(s) final(es) del proyecto

El proyecto brinda mejoras en las competencias laborales y da nuevos conocimientos y habilidades a los aprendices, instructores y campesinos que haga uso del sistema de control y monitoreo implementado mediante IOT, mitigando la brecha de conectividad, acceso seguro y en tiempo real a los parámetros ambientales del cultivo.

b) Generación o mantenimiento de empleo por parte del (los) beneficiario(s) del proyecto

Sin información registrada

c) Creación de nuevas empresas y diseño y desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios

El proyecto sirve como punto de partida para la generación de nuevos sistemas de control y monitoreo remoto aplicado a diferentes sectores productivos como por ejemplo la agroindustria, en donde el manejo de variables y las condiciones de las actividades productivas es vital para la calidad de los productos derivados de las actividades del campo colombiano; se brinda total

acceso a los cambios que se presenten en la producción y/o transformación de materia prima y sirve como insumo para generación de datos estadísticos (reportes, tendencias, etc.) necesario para optimizar sus procesos.

d) Incorporación de nuevos conocimientos y competencias laborales en el talento humano en la(s) empresa(s) beneficiaria(s) del proyecto

La implementación del proyecto permite incorporar en el talento humano relacionado con el sistema de control nuevos conocimientos y competencias asociadas al desarrollo de arquitecturas de control y monitoreo basadas en IOT

e) Generación de valor agregado en la(s) entidad(es) beneficiaria(s) del proyecto

Sin información registrada

f) Fortalecimiento de programas de formación del Sena

Se brinda un alto impacto en el fortalecimiento de las competencias asociadas a los programas de la red de telecomunicaciones, automatización, electrónica y electrican en las tematicas de IOT enfocada al campo., así como la generación de nuevo conocimiento acorde a normativas vigentes para los sistemas de control basados en las tecnologías asociadas a la industria 4.0.

g) Transferencia de tecnologías al Sena y a los sectores productivos relacionados

Sin información registrada

h) Cobertura, calidad y pertinencia de la formación

Se mitiga la brecha de conectividad y se amplía la cobertura con calidad a una mayor población. Se dan las herramientas para proveer mejores servicios en sistemas de IOT con personal cualificado y competente.

i) Impacto ambiental de Proyectos de Innovación e investigación aplicada

El proyecto permite incorporar tecnología existente con nuevos equipos, plataformas y bases de datos en la nube, lo cual ayuda a mitigar la generación acelerada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) al interior del Centro de formación (inicialmente) y en las empresas o entidades que implementen este tipo de proyectos en su organización.

Productos

PRODUCTO	Informe tecnico de articulos, libros, con los resultados para la calibracion de los senores.		
FECHA DE EJECUCIÓN	Inicio: 2024-02-05 - Fin: 2024-06-30	RESULTADO	- Obtener los datos necesarios para la calibración de los sensores de los parámetros usar. (temperatura, humedad, radiación solar, pH de suelo, nitratos y fósforos en la tierra). - Materiales y equipos adquiridos para el proyecto
META DEL INDICADOR	1	UNIDAD DEL INDICADOR	Número de informe técnico.
FORMULA DEL INDICADOR	Búsquedas en bases de datos + Obtención de parámetros + Códigos de calibración de los sensores + Condicion de la zona de estudio = Fichas técnicas de los equipos de acuerdo los lineamientos de los fabricantes.		
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Documento digital o impreso según lo requerido.		

PRODUCTO	Avance de la guía técnica de calibración y mantenimientos de sensores usados en la agro electrónica.		
FECHA DE EJECUCIÓN	Inicio: 2024-04-01 - Fin: 2024-07-31	RESULTADO	Uso de IOT para el dimensionamiento de la tecnología inalámbrica a implementar para determinar el sistema de monitoreo, códigos de programación, planos de telecomunicación, determinar la tecnología para garantizar el enlace entre los sensores y los dispositivos de comunicación, con equipo de cabecera para que sean trasmitidos los datos a donde se va almacenar para su posterior análisis.
META DEL INDICADOR	1	UNIDAD DEL INDICADOR	Número de guías.
FORMULA DEL INDICADOR	Código fuente + configuración del software de la captación de la señal + transmisión de datos punto a punto = sistemas a punto de sensores equipos calibrados.		
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Documento digital o impreso según la necesidad.		

PRODUCTO	Ensamblado del sistema de monitoreo y puesta punto para ambientes controlados.		
FECHA DE EJECUCIÓN	Inicio: 2024-06-01 - Fin: 2024-09-30	RESULTADO	Prototipo del sistema de monitoreo de las variables fisicoquímica.
META DEL INDICADOR	1	UNIDAD DEL INDICADOR	Número Pre prototipo.
FORMULA DEL INDICADOR	Montaje de infraestructura de telecomunicaciones + ensamble + estructura eléctrica + posicionamiento de señores + configuración de los software de gestión de sensores = Prototipo de Sistema de Siembra Inteligente Utilizando IoT.		
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Documento digital de planos de infraestructura, eléctricos, validación de calibración y software.		

PRODUCTO	Prototipo final verificado en ambiente controlado.		
FECHA DE EJECUCIÓN	Inicio: 2024-09-01 - Fin: 2024-12-15	RESULTADO	Evaluación del sistema del prototipo desarrollado para la toma de decisiones, según los parámetros fisicoquímicos analizados en un ambiente controlado.
META DEL INDICADOR	1	UNIDAD DEL INDICADOR	Número de prototipo
FORMULA DEL INDICADOR	Sensores + software de gestión + sistema eléctricos + parámetros calibrados + IOT = Prototipo funcional.		
MEDIO DE VERIFICACIÓN	Prototipo operativo.		

Análisis de riesgos

NIVEL DE RIESGO	A nivel del objetivo general	TIPO DE RIESGO	Mercado
DESCRIPCIÓN	Las cotizaciones asociadas al proyecto tienen una validez, afectando toda la cadena de valor, conjuntamente el tipo de tecnología que se cotiza al momento de esta solicitud es la vanguardista y de punta.		

PROBABILIDAD	Probable	IMPACTOS	Alto
EFFECTOS	Incita a cambio en valores de adquisición final de los productos, siendo la variable tiempo la que juega un papel importante debido a que dejaría de ser una tecnología emergente.		
MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Apoyo a la dependencia financiera del centro en los procesos de compra, realizando un reajuste a las cantidades de la cotización de los materiales y reactivos a adquirir.		

NIVEL DE RIESGO	A nivel de actividades	TIPO DE RIESGO	Operacionales
DESCRIPCIÓN	Al no adquirir los materiales o equipos necesario para la ejecución del proyecto no se cumplirán los tiempos del cronograma de la investigación.		
PROBABILIDAD	Posible	IMPACTOS	Alto
EFFECTOS	No se podrá dar respuesta a las necesidades del sector productivo relacionado directamente al agro impidiendo las capacitaciones de aprendices, instructores y campesino afectando la implantación de la agricultura eficiente.		
MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Logrando la adquisición de los materiales y equipos apoyando al equipo de compra, para la investigación del centro de formación para dar respuesta la estrategia CampeSENA.		

NIVEL DE RIESGO	A nivel de productos	TIPO DE RIESGO	Operacionales
DESCRIPCIÓN	Al no tener los resultados no se podrá realizar los Informes con las descripciones técnicas de el proyecto de investigación en el marco de la estrategia campesena		
PROBABILIDAD	Posible	IMPACTOS	Moderado
EFFECTOS	No se podrá dar respuesta a las necesidades del sector productivo relacionado directamente con el proyecto.		
MEDIDAS DE MITIGACIÓN	Logrando la adquisición de los materiales y equipos para la investigación del centro de formación para dar respuesta la estrategia CampeSENA		

Entidades aliadas

NOMBRE	TecnoParque Bolívar
TIPO	Otros Centros de Formación SENA - Articulación Regional
TIPO DE EMPRESA/ENTIDAD	Grande
NATURALEZA DE LA ENTIDAD	Pública
ACTIVIDADES	- Realizar revisión de información local y bases de datos científicas, para seleccionar las variables o parámetro físico químicos a tener en cuenta en el estudio con las condiciones de la zona y que los campesinos puedan usar para mejorar los procesos productivos. - Apoyar el proceso de adquisición de materiales y equipos para la ejecución del proyecto realizado por el equipo de compras y finanzas - Realizar revisión de información local y bases de datos científicas, para seleccionar las variables o parámetro físico químicos a tener en cuenta en el estudio con las condiciones de la zona y que los campesinos puedan usar para mejorar los procesos productivos. - Apoyar el proceso de adquisición de materiales y equipos para la ejecución del proyecto realizado por el equipo de compras y finanzas
MIEMBROS DE LA ENTIDAD ALIADA	rocnr junior montes armesto - rmontesa@sena.edu.co - 3043600917 gustavo adolfo pinto herrera - gpintoh@sena.edu.co - 3012591388

Rubros presupuestales

INFORMACIÓN	#21253
-------------	--------

Concepto interno SENA otras compras de equipos	Rubro maquinaria y equipo	Uso presupuestal instrumentos y aparatos de medición, verificación, análisis, de navegación y para otros fines (excepto instrumentos ópticos); instrumentos de control de procesos industriales, sus partes, piezas y accesorios
Descripción Estos son equipos y materiales requeridos para el proyecto: SSD HPE 480 GB SATA 6G uso mixto SFF SC Memoria HPE 32GB 2Rx4 DDR4 2666Mhz Monitor, FHD 1080p IPS LED de 23.8 pulgadas. Combo Teclado y Mouse Inalámbrico Essential Corporativo Unidad Solida Externa HP P500 500GB Adaptador Multipuerto Usb-c 7 En 1 Bateria 12v 35ah Panel Energia Solar Ciclo Profundo Bateria 12v 55ah Panel Energia Solar Carga de baterías recargables AA/AAA/ 2 baterías 9V PILA AA X 2 RECARGABLE Inversor De 600W 12 Vdc a 110 Vac INV600WP Cable Encauchetado (Multiflex) 3x12 AWG Multitoma Industrial Supresión De Picos 7 Salidas Bomba de Dosificación peristáltica – 12 VDC Sensor Medidor TDS Solidos Disueltos Totales Calidad Agua Válvula Solenoide De Control De Agua NC 1/2? 12V 0.02–0.8Mpa Electroválvula – Válvula Solenoide Agua 12 VDC – 1/2? NO Bomba De Agua Tipo Brushless 12V 3.6W 240L/H BA12V Mini Bomba De Agua Sumergible De 120L 6Vdc BA6V Fuente de Alimentación Adaptador USB-C Raspberri Pi 4 Base para Corte A2 60cm x 45cm Grasa De Litio Blanca En Aerosol Limpiador De Contactos Electricos Y Electronicos GAFAS DE SEGURIDAD PROFESIONALES GOT-X ALCOHOL ISOPROPILICO Kit Pinzas Profesionales Antiestáticas Electronica Joyería CREMA DISIPADORA TERMICA JERINGA Soplete a Gas Butano con 7 Accesorios Gas Butano Recarga Flashforge PLA Galaxy Black Flashforge PLA Galaxy Purple Flashforge PLA Galaxy Blue Filamento PLA Flashforge Bobina de color Blanco Filamento PLA Flashforge Bobina de color Verde Filamento PLA Flashforge Bobina de color Transparente Filamento Flashforge ABS Pro Bobina de color Transparente Filamento Flashforge ABS Pro Bobina de color Plata Filamento Flashforge ABS Pro Bobina de color Blanco Funda de transporte resistente al agua compatible con DJI Mavic 3 BTG Hélices de fibra de carbono para DJI Mavic 3 DJI Hub de carga de batería Mavic 3 de 100 W DJI Mavic 3 Pro Cine con DJI RC Pro STARTRC Funda rígida impermeable para DJI Mavic 3 Pro DLOS8N Outdoor LoRaWAN Gateway RS485-LB – WaterProof RS485/UART to LoRaWAN Converter S31B-LB – LoRaWAN Temperature & Humidity Sensor UV254-LB – LoRaWAN UVC Radiation Sensor SPH01-LB – LoRaWAN Soil pH Sensor EIC-NPK-RS48 Sensores de nitrógeno/fósforo/potasio del suelo (salida RS485)		
Justificación Estos elementos son necesarios para el cumplimiento de las actividades del proyecto, ya que sin ellos no se logra alcanzar los procesos en la metodología presentada. Cada uno juega un papel importante como los sensores para medir las condiciones fisicoquímicos de los suelos y la comunicaciones de datos, materiales para la realización de piezas en 3D, equipos y herramientas fotovoltaicas para suministrar energías en pruebas en campos, herramientas para el uso y los proceso de ensamble y desensamble para cumplir las actividades del proyecto, almacenamiento y procesamiento para los datos adquiridos por medio de los sensores, La función del dron debido a su cámara multispectral dentro del proyecto nos permitirá valoración inicial de índice de vegetación (NDVI), presencia de agua en el terreno, enfermedades y plagas del cultivo, y esto nos permitirá un antes y después de la implementación medidas de control que se empleen en los cultivos.		
Actividades - Realizar revisión de información local y bases de datos científicas, para seleccionar las variables o parámetro físico químicos a tener en cuenta en el estudio con las condiciones de la zona y que los campesinos puedan usar para mejorar los procesos productivos. - Apoyar el proceso de adquisición de materiales y equipos para la ejecución del proyecto realizado por el equipo de compras y finanzas		
SUBTOTAL DEL COSTO DE LOS PRODUCTOS O SERVICIOS REQUERIDOS		\$80.757.180 COP

INFORMACIÓN #21251		
Concepto interno SENA viáticos y gastos de viaje al interior formación profesional	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de alojamiento para estancias cortas
Concepto interno SENA viáticos y gastos de viaje al interior formación profesional	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de suministro de comidas
Concepto interno SENA viáticos y gastos de viaje al interior formación profesional	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de transporte de pasajeros
Descripción Gastos de viáticos para ejecutar actividades y divulgación del proyecto		
Justificación Participar en eventos de investigación, eventos de divulgación tecnológica, jornadas de la estrategia CampeSENA, formación complementaria, prueba de campo de equipos y sensores, entre otros fines que requiera el proyecto.		
SUBTOTAL DEL COSTO DE LOS PRODUCTOS O SERVICIOS REQUERIDOS		\$5.000.000 COP

INFORMACIÓN #21252		
Concepto interno SENA gastos bienestar alumnos	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de alojamiento para estancias cortas
Concepto interno SENA gastos bienestar alumnos	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de suministro de comidas
Concepto interno SENA gastos bienestar alumnos	Rubro servicios de alojamiento; servicios de suministro de comidas y bebidas; servicios de transporte; y servicios de distribución de electricidad, gas y agua	Uso presupuestal servicios de transporte de pasajeros

Descripción Gastos de viáticos para ejecutar actividades y divulgación del proyecto	
Justificación Participar en eventos de investigación, eventos de divulgación tecnológica, jornadas de la estrategia CampeSENA, formación complementaria, pruebas de equipos y sensores, entre otros fines que requiera el proyecto.	
SUBTOTAL DEL COSTO DE LOS PRODUCTOS O SERVICIOS REQUERIDOS	\$5.000.000 COP

Roles SENNOVA \$7.656.000 COP

ROL	NIVEL ACADÉMICO	MESES	NÚMERO DE PERSONAS	ASIGNACIÓN MENSUAL
Aprendiz sennova con contrato de aprendizaje	ninguno	6	1	\$1.276.000 COP
Descripción del perfil requerido Aprendiz de telecomunicaciones, con conocimiento de redes de banda ancha y configuracion de equipos IOT				
Actividades - Realizar revisión de información local y bases de datos científicas, para seleccionar las variables o parámetro físico químicos a tener en cuenta en el estudio con las condiciones de la zona y que los campesinos puedan usar para mejorar los procesos productivos. - Apoyar el proceso de adquisición de materiales y equipos para la ejecución del proyecto realizado por el equipo de compras y finanzas Evaluar los datos obtenidos en los cultivos para la toma de decisiones para intervenir en la mejora de las condiciones ambientales del cultivo aumentando o disminuyendo los parámetros fisicoquímicos seleccionados. Implementar las herramientas y la infraestructura de control y monitoreo acorde a las condiciones de la zona que nos permita la validación de los parámetros fisicoquímicos en los cultivos en estudio. Emplear las variables o parámetros fisicoquímicos seleccionados para la construcción del sistema de monitoreo para el estudio en campo de las condiciones ambientales de los cultivos en los procesos productivos determinando los equipos electrónicos de control y monitoreo.				
Subtotal del costo del rol requerido:				\$7.656.000 COP

ROL	NIVEL ACADÉMICO	MESES	NÚMERO DE PERSONAS	ASIGNACIÓN MENSUAL
Monitoría (15 horas semanales)	ninguno	6	2	\$638.000 COP
Descripción del perfil requerido a				
Actividades Emplear las variables o parámetros fisicoquímicos seleccionados para la construcción del sistema de monitoreo para el estudio en campo de las condiciones ambientales de los cultivos en los procesos productivos determinando los equipos electrónicos de control y monitoreo. Evaluar los datos obtenidos en los cultivos para la toma de decisiones para intervenir en la mejora de las condiciones ambientales del cultivo aumentando o disminuyendo los parámetros fisicoquímicos seleccionados. Implementar las herramientas y la infraestructura de control y monitoreo acorde a las condiciones de la zona que nos permita la validación de los parámetros fisicoquímicos en los cultivos en estudio.				
Subtotal del costo del rol requerido:				\$7.656.000 COP

PRECIO TOTAL DEL PROYECTO \$98.413.180 COP