

PASANTÍA CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA Y
BIOTECNOLOGÍA CIAB

CRISTIAN CAMILO GALÁN CHALA.

INFORME DE PASANTÍA PARA OPTAR EL TITULO DE TECNÓLOGO EN
SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA A DISTANCIA.
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA - ECBTI.
PROYECTO DE GRADO
PEREIRA
2020

PASANTÍA CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE AGRICULTURA Y
BIOTECNOLOGÍA CIAB

CRISTIAN CAMILO GALÁN CHALA.

INFORME DE PASANTÍA PARA OPTAR EL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

ASESOR DE PASANTÍA:
JORGE ENRIQUE ARBOLEDA
ESPECIALISTA EN EDUCACIÓN SUPERIOR A DISTANCIA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA A DISTANCIA.
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS.
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA - ECBTI.
PROYECTO DE GRADO
PEREIRA
2020

NOTA DE ACEPTACION

Presidente de jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

TABLA DE CONTENIDO.

Tabla de contenido.	4
Lista de tablas	6
Tabla de imágenes	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción.	10
Justificación.	11
Objetivos de la pasantía.	12
Objetivo General.	12
Objetivos Específicos.	12
Marco teórico.	13
Redes Inalámbricas.	13
Tecnologías IoT.	13
Agricultura.	14
Sensor De Humedad De Aire Y De Temperatura (AM2302).	14
Sensor De Humedad Del Suelo HD-38.	14
Antecedentes.	16
Estado del arte.	17
Placas De Desarrollo.	17
Microcontroladores.	17
Muchas Marcas Con Infinitas Posibilidades.	18
Placas De Desarrollo Arduino.	19
Microcontroladores PIC (Microchip).	19
Raspberry Pi.	20
TESSEL 2.	21
Netduino.	22
Nodemcu Wi-Fi.	23
Conexiones IoT Para Un Futuro Más Conectado.	26

Desarrollo de actividades	28
Proyecto Agrónomo HMTC (Herramienta Multicriterio Para La Trazabilidad En Cultivo).	28
Conexión General Del Prototipo.	28
Conexión Puntual De Los Sensores Y Tarjetas.	29
Programación Del Prototipo.	30
Conexión Con Cayenne Devices.	31
Resultados De La Conexión De Cayenne:	32
Implementación En El CIAB.	34
Implementación Con El Servidor Del CIAB.	35
Agregado Adicional Para El Suministro Eléctrico Del Sistema De Sensores.	36
Conexión Completa Del Prototipo.	37
Reporte De Final De Los Resultados Obtenidos Y Cómo Puede Ayudar A Los Campesinos.	38
Comparaciones Con El Sistema Autoagronom.	40
Comparación De Precios.	41
Convergencia entre ingeniería de ciencias básicas y agronomía.	44
Otras actividades hechas a lo largo de la pasantía.	45
Tabla De Actividades Hechas Durante La Pasantía.	46
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	49
Conclusiones.	50
Recomendaciones.	51
Referencias Usadas.	52

Lista de tablas

Tabla 1. Tabla de comparaciones.	24
Tabla 2. Comparaciones con el sistema autoagronom.	40
Tabla 3. Comparación de precios.	41

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. Red de redes, imagen de referencia.	13
Imagen 2. Diagrama con las medidas del AM2302	14
Imagen 3. Diagrama de conexiones eléctricas	14
Imagen 4 Sensor HD-38	15
Imagen 5. Microcontroladores PIC a Google Cloud.	18
Imagen 6. Placa Arduino R3.	19
Imagen 7. PIC32 (Nueva gama de PIC de 32 bits).	20
Imagen 8. Raspberry Pi 3 Model B.	21
Imagen 9. Placa de desarrollo Tessel 2	22
Imagen 10. Placa de desarrollo Netduino 3 Wi-Fi.	23
Imagen 11. ModeMCU V1.0 / V3.	24
Imagen 12. IoT conectado a las personas.	27
Imagen 13 Sistema Fasal a la mano con IoT.	27
Imagen 14. Esquema general del sistema de sensores inalámbricos.	29
Imagen 15. Esquema del cableado de los sensores, tarjeta y su regulador de voltaje.	30
Imagen 16. Diagrama de flujo de la programación del Arduino y el MCU Wi-Fi.	31
Imagen 17. Pantallazo de la aplicación de los datos del prototipo.	32
Imagen 18. Gráfico del sensor de la Humedad del aire en Cayenne.	33
Imagen 19. Gráfico del sensor de la Humedad del suelo en Cayenne.	33
Imagen 20. Planos de referencias de los sensores y pruebas hechas en el CIAB.	34
Imagen 21. Pantallazo de un gráfico de barras con la información de Temperatura y humedad del servidor del CIAB del 28/04/2020.	35
Imagen 22. Últimos datos suministrados por el prototipo con fecha, hora y datos (Total datos 2627).	36
Imagen 23. Ensamblaje y conexión de la conexión a los sensores.	37
Imagen 24. Foto de Controlador, batería y panel boca abajo.	37
Imagen 25. Sistema de energía solar en el exterior.	37
Imagen 26. Ensamblaje y conexión de la conexión a los sensores.	38
Imagen 27. Pantalla del Controlador del cargador solar.	38
Imagen 28. Planos de referencias de las actividades hechas en el CIAB.	45
Imagen 29. Sensor de temperatura siendo limpiado.	46
Imagen 30. Interconexión del nuevo sistema de riego	46
Imagen 31. Mantenimiento de las motobombas y las válvulas del sistema de riego.	46
Imagen 32. Cada del Profertín la cual se conecta al Autoagronom	47
Imagen 33. Conexión inalámbrica del Profertín.	47
Imagen 34. Prueba de la correcta configuración de datos.	47
Imagen 35. Foto de una de las visitas campesinas al CIAB.	48
Imagen 36. Visita de la directora de la zona occidente	48
Imagen 37. Visita de estudiante y su tutora.	48

RESUMEN

En este trabajo se hace un resumen de las actividades hechas en el centro de Investigación Agricultura y Biotecnología (CIAB), donde se llevó a cabo una pasantía. En la cual, el estudiante consultó sobre conexiones inalámbricas, con un enfoque a las tecnologías IoT, para ser implementados de forma práctica en un prototipo que pueda ser usado tanto en campo abierto como en lugares cerrados. Y que puedan usar sensores que miden pH, humedad, temperatura, entre otros. Al final, se logró un prototipo inicial que se puede usar con varios sensores, y funciona con energía solar. Permitiendo que sirva en lugares sin infraestructura eléctrica. Otras actividades que destacar que sucedieron a lo largo de los meses de trabajo, fue su labor en el mantenimiento de equipos, soporte en la instalación del nuevo sistema de riego, como también en guiar a los visitantes al centro para explicar, cómo funcionan los sistemas del CIAB. Todas estas actividades permitieron al estudiante a familiarizarse con la investigación, el diseño y la implementación de sistemas para el monitoreo de cultivos en tiempo real, algo que es fundamental para tecnificar todo lo referente a la agronomía, algo fundamental para mejorar el campo colombiano.

Palabras clave: Internet de las cosas, agricultura, sensores, conexión de datos.

ABSTRACT

This paper presents a summary of activities executed in el Centro de Investigación Agricultura y Biotecnología (CIAB), where an internship was done. In which, the student consulted on wireless connections, with a focus on IOT technologies, to be implemented in a practical way in a prototype that can be used both in the open countryside and indoors places. And they can use sensors that measure Ph, humidity, temperature, among others. At the end, an initial prototype was achieved that can be used with various sensors and works with solar energy. Allowing it to work in places that lack electrical infrastructure. Other activities to emphasize that happened over the months of work, was in the maintenance of equipment, support in the installation of the new irrigation system, as well as to guide visitors to the center to explain how the CIAB systems work. All these activities allowed the student to become familiar with the research, design, and implementation of systems for crop monitoring in real time, something that is essential to mechanize everything about agronomy, something that is essential to improve the Colombia countryside.

Key words: Internet of things, agriculture, sensors, data connection

INTRODUCCIÓN.

Para la culminación de la carrera en tecnología en sistemas de comunicación inalámbricas se optó por una práctica profesional, en el cual se logrará una interacción directa y uso de los conocimientos adquiridos a lo largo de los periodos. Para lograr este cometido se logró una pasantía, hecha en el Centro de Investigación Agricultura y Biotecnología. El cual queda en el CCAV de Dosquebradas donde se realizaron cada una de las tareas y labores que se propusieron para el proyecto de grado seleccionado. Todo con la supervisión directa del Ingeniero Yulián Adalberto Sepúlveda Casadiego líder del CIAB.

En la Pasantía se hizo una revisión general de las tecnologías IoT. Centrándose en identificar tecnologías inalámbricas de bajo costo, y consumo que puedan vigilar y recolectar datos de sensores que pueden estar en campo abierto, en invernaderos, jardines o donde se requiera su uso. Para lograrlo el estudiante hizo un estado del arte, como hacer una revisión de los sectores usados en el invernadero del CIAB. Con el conocimiento adquirido por las consultas se empezó hacer un prototipo, a la vez que el pasante daba asistencia a cuestiones de mantenimiento y supervisión a todo lo que surgiera en el CIAB. Logrando una mejor capacitación en cuestiones que le pueden servir en su vida profesional.

Con todos los conocimientos adquiridos el pasante logra un prototipo funcional. El cual logra capturar datos, guardarlos y enviarlos al servidor del CIAB. Y como agregado adicional se coloca en funcionamiento con energía solar, logrando una mayor autonomía, y un enfoque más verde al proyecto del CIAB. Todo esto se podrá ver a continuación con lujo detalles, y evidencias de su correcto funcionamiento. Así como las labores de asistencia y mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN.

En la actualidad el campo laboral es más cualificado, y exige una experiencia laboral más prematura para los recién graduados. Lo que hace importante que los estudiantes de cualquier carrera hagan una práctica profesional o pasantía, que prueben los conocimientos adquiridos y puedan aprender nuevas habilidades que les sirvan para sus vidas profesionales. Siguiendo los estándares de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en la cual promulga valores de autodisciplina, mayor autonomía e implementar curiosidad a los estudiantes incentivando su creatividad.

Por las anteriores razones se vuelve atractiva la idea de optar entre las variadas opciones de grado, la que presente al estudiante un ambiente laboral real. Pero, en el cual pueda cometer errores y de los cuales pueda aprender, y que haga preguntar con toda confianza a temas que desconoce. Logrando el objetivo y la gran ventaja que tiene este proyecto de grado, que no tiene los demás, en los cuales solo se logra tener unos conocimientos limitados, y no experiencia empírica que les sirva para su futuro profesional. En este caso, el tener una práctica en la UNAD permite un mayor contacto con los asuntos y proyectos que tengan la universidad.

Logrando una mayor cercanía en los semilleros de investigación, que logren motivar al estudiante a proyectos académicos, de investigación y de expansión de nuevos conocimientos. Mostrando a este tipo de práctica como la ideal para los estudiantes que quieran innovar o emprender en proyectos que beneficien a la comunidad, o los de su alrededor.

OBJETIVOS DE LA PASANTÍA.

OBJETIVO GENERAL.

Implementar módulos de comunicación inalámbrica que permita monitoreo en tiempo real de algunos sensores en el invernadero del CIAB con aplicabilidad a IoT.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

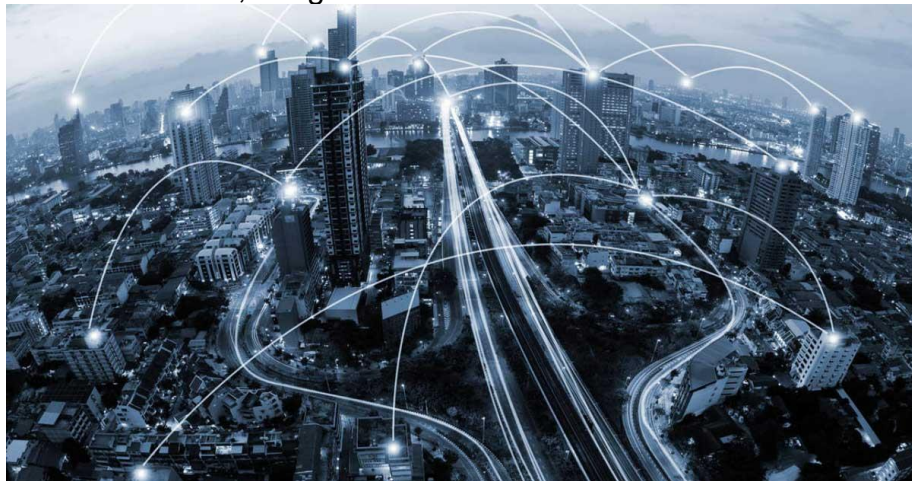
1. Revisar el estado actual en tecnologías de comunicaciones inalámbricas de bajo costo que permitan la aplicabilidad a IoT.
2. Implementar IoT en la adquisición de datos provenientes de los sensores del Invernadero del CIAB.
3. Optimizar de la red de comunicaciones con aplicabilidad a IoT.
4. Integrar el sistema de comunicaciones desarrollado al sistema de control del Invernadero.
5. Evaluar el módulo de comunicación inalámbrica implementado bajo plataforma IoT en el invernadero del CIAB.

MARCO TEÓRICO.

REDES INALÁMBRICAS.

Son un conjunto de nodos que están interconectados entre sí (Aakvaag & Frey, 2006), con el fin de transmitir y recibir señales con datos o información. Como también controlar o vigilar los equipos u objetivos, que se conecten a red local o Wireless Local connection Network (WLAN), el cual puede conectarse a la red WAN o WWAN (Wireless Wide Area Network) con el uso de las tecnologías 3G,4G y 5G (Jiménez,2019), conformando una red de redes a nivel global, con el uso de teléfonos inteligente o sistemas complejos de telemetría en la industria. Y con el uso del internet de las cosas su penetración ha tenido un gran auge en los últimos años.

Imagen 1. Red de redes, imagen de referencia.



Fuente: Optical Network, Tipos de redes inalámbricas.

TECNOLOGÍAS IOT.

El internet de las cosas o IoT es la interconexión de todos los dispositivos digitales que se puedan conectar a otro dispositivo. Sea con el uso de varias tecnologías como sensores, para lograr una conexión de una gran variedad de equipos tecnológicos (Cisco,2014). Logrando que la red de redes conocida como Internet, pueda ampliar su espectro de uso herramientas mucho más pequeñas, mejorando de gran medida para el control de sistemas, adquisición de datos, ahorro de energía, entre otros propósitos, que logrará en el futuro cercano una gran interconexión a nivel global de un enorme número de dispositivos.

En la actualidad, las tecnologías IoT ha logrado crear ciudades inteligentes como, por ejemplo, la ciudad de Barcelona. Permitiendo un ahorro energético, mejor control del tráfico y una mejora en las cámaras de seguridad (Cisco,2014). Otra manera son las casas inteligentes, la automatización de fábricas, o tecnificación de cultivos agrónomos y pecuarios. Se espera que para el 2020 se conecten en 35.000 millones de conexiones y para los próximos años sean más de 85.000 millones. Mostrando estas tecnologías IoT sea el futuro de las conexiones a lo largo y ancho del globo.

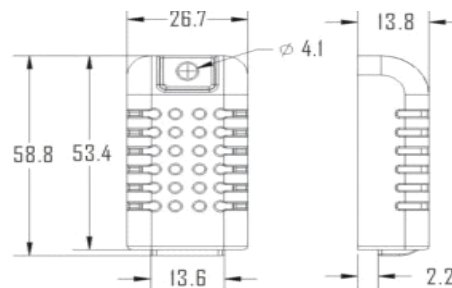
AGRICULTURA.

La agricultura es una de las actividades más antiguas de la humanidad. La cual tiende a usar todo tipo de conocimientos conseguidos a lo largo de los milenios, usando la tierra para cultivar todo tipo de alimentos, como frutas, hortalizas, vegetales, granos, etc. Sinó fuera por este tipo de producción de alimentos la humanidad no hubiera sobrevivido y alcanzado la población actual. Según la Fao (2006), la agricultura tiene una gran importancia económica para muchos países en desarrollo. Al no tener una infraestructura industrializada, depende completamente de las actividades primarias que en zonas rurales son el 70% de los ingresos de las personas (Fao,2006). Dejando claro que sin importar que sea uno de los saberes más antiguos de la humanidad, sigue siendo tan importante como fundamental para la humanidad.

SENSOR DE HUMEDAD DE AIRE Y DE TEMPERATURA (AM2302).

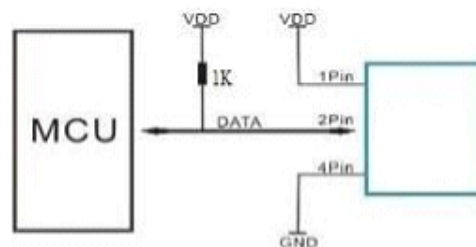
Este pequeño módulo contiene internamente dos sensores, uno de temperatura y otro de humedad relativa. El pin DATA es una salida digital que contiene los valores de los dos parámetros. Para usarlo con Arduino sólo se necesita de la librería DHT22 para lograr su correcto funcionamiento.

Imagen 2. Diagrama con las medidas del AM2302



Fuente: Datasheet. AM2302.

Imagen 3. Diagrama de conexiones eléctricas



Fuente: Datasheet. AM2302.

SENSOR DE HUMEDAD DEL SUELO HD-38.

La sonda de humedad del suelo es para detectar la humedad en cualquier parte donde se coloquen sus partes metálicas. Lo ideal es para ser usado en tierra, pero puede ser usado en cualquier parte donde se quiere tener un control o registro del nivel o porcentaje de humedad en el ambiente.

Voltage: 3.3 – 12VDC
Working Current: <20mA
Output <30mA
Output interface:
DO: digital
AO: analog
Size: 36 * 15 * 7mm

Imagen 4 Sensor HD-38



Fuente: Sensor HD-38 Only traing.

ANTECEDENTES.

Durante las últimas décadas se han presentado una gran cantidad de mejoras tecnológicas que han precipitado un gran cambio en el mundo como lo conocemos. La industria, la medicina, los transportes, entre otros, se han visto envueltos en una transformación que ha facilitado los quehaceres de cada una de las personas que han hecho uso de estas nuevas tecnologías. Una de ellas las cuales pueden mejorar nuestro abastecimiento es la agricultura tecnificada. Desde hace milenios el hombre ha cultivado sus propios alimentos y los ha cosechado con sus propias manos. Pero hoy en día, ya no tiene que esforzarse tanto para sacar el sustento alimenticio para su subsistencia. Desde el siglo XX las sociedades industrializadas usan máquinas para mejorar de manera abismal su producción de alimentos, de la mano con fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas, la producción de alimentos a nivel global. Y ahora en el siglo XXI con la ayuda de dispositivos inalámbricos, el control de cultivos podrá llegar a niveles altos de automatización.

En el caso colombiano el campo está bastante atrasado y descuidado en materia de agricultura tecnificada. Desde no tener conocimientos básicos, o no tener la capacidad económica complica bastante el uso de nuevas tecnologías y forma de cultivar el campo. Además de tener el problema de tener una mayor población de 40 años (DIAN, 2014), y que la población joven está decreciendo (Semana rural, 2019). Refleja en bajo interés de la gente del campo por innovar en sus cultivos. Solo los medianos y grandes agricultores pueden darse ese lujo, pero la gran mayoría de los campesinos a duras penas subsisten con sus cultivos.

Si esto no cambia será difícil un verdadero cambio en el agro colombiano, pero puede haber una solución para esta la tecnificación, y son las tecnológicas IoT. Las cuales se caracterizan por ser pequeñas, económicas y fáciles de usar, con una penetración en el mercado de sensores, automatización y control de datos, ha mejorado y facilitado la tecnificación del campo de varias partes del mundo. Y Colombia no se puede quedar atrás con esta nueva tendencia global que trae la cuarta revolución Industrial. Que trae de la mano pequeños controladores de bajo costo que conectados a sensores se puede tener un mayor control y mejora de producción en los cultivos. Como también un mejor uso en los insumos para cultivar, y en el uso del agua para regar los cultivos; lo que se puede reflejar en un ahorro por hectárea de cultivo, la cual se refleja en las ganancias finales y en los kilos o toneladas producidas por hectárea.

A continuación, se expondrá un proyecto con el uso de tecnologías IoT para el uso de sensores que se puedan usar en el campo. Para tener un historial que almacene datos en tiempo real que permitan tener una mejor forma de cultivar, controlar y vigilar lo que se cultive. Siguiendo el pensamiento y propósito del CIAB de creación de proyectos, para ser llevado a las comunidades para crear un campo más tecnificado y con mejor calidad.

ESTADO DEL ARTE.

En la actualidad existen varios proyectos para la mejora y tecnificación en varias áreas del trabajo, estudio o del hogar con la ayuda de pequeñas placas de desarrollo. Las cuales por su tamaño y sus bajos precios (a comparación de productos más grandes y potentes), permite un desarrollo más económico para hacer prototipos, proyectos o solventar un problema en específico. Y con el uso de microcontroladores, el uso de estas placas es fundamentales para varios sectores productivos, un ejemplo claro es la agricultura, en la cual con el uso de sensores y una buena conexión entre cada uno de los nodos que se usen, permite una mejor calidad y cantidad de alimentos que se obtienen en la época de cosecha. Pero para lograr este objetivo, se debe escoger antes una placa que sea ideal, y de la cual no sólo controle los cultivos, sino que también permita una buena conexión inalámbrica, que permita un buen flujo de datos. A continuación, se dará una definición de placas de desarrollo y de microcontrolador, y se hará una descripción de varios tipos de placas de desarrollo para escoger entre ellas, la ideal para un proyecto que use tecnologías IoT, así como saber cómo estas tecnologías ayudan en gran medida un proyecto agrícola.

PLACAS DE DESARROLLO.

Una placa de desarrollo es un circuito impreso en el cual tiene un microprocesador o un microcontrolador. El cual permite una configuración de la placa según la función que vaya a cumplir. Hay varios tipos de placas las cuales tienen diferente capacidad de almacenamiento como de procesar datos, o enfoque para su uso. Algunas tienen una orientación más a la parte de robótica, inteligencia artificial, etc. Todo dependerá del objetivo que quiera alcanzar el ingeniero o estudiante con su proyecto o prototipo.

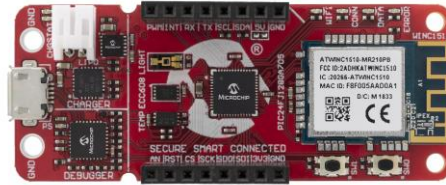
MICROCONTROLADORES.

Un microcontrolador es un circuito integrado digital que puede ser usado para muy diversos propósitos debido a que es *programable*. Está compuesto por una unidad central de proceso (CPU), memorias (ROM y RAM) y líneas de entrada y salida (periféricos).

Es ideal para circuitos pequeños que requieran transmitir y recibir datos. Como también para el uso de sensores, juegos, control de motores o equipos eléctricos, o cualquier otro dispositivo que requiera de un controlador pequeño y que se necesite programar según las necesidades.

En la actualidad, estos dispositivos son ideales para el gran avance tecnológico y digital. Desde el uso en la casa inteligente hasta en fábricas que requieren de cierta automatización o control telemática de sus equipos, sin la necesidad de estar frente a ellos en todo momento.

Imagen 5. Microcontroladores PIC a Google Cloud.



Fuente: Red Web. Electrónica.

MUCHAS MARCAS CON INFINITAS POSIBILIDADES.

En el mercado de nuestros días hay una cantidad de placas con microcontroladores, con diferentes versiones como marcas. Dependiendo de la necesidad como del presupuesto, se puede encontrar una buena variedad de tarjetas para cada proyecto, como para cada presupuesto. Desde hace décadas varias empresas llevan fabricando este tipo de dispositivos como, por ejemplo:

- Microchip.
- Atmel.
- Freescale.
- Amica.
- Intel.
- Arduino LLC.
- Amica.
- DOIT.
- Lolin.

Cada uno de los fabricantes tienen varios tipos y versiones de microprocesadores. Todos con sus características técnicas, en las cuales pueden tener más capacidad de almacenamiento, más memoria RAM, cantidad de Pines (Analógico y/o digitales), lenguajes de programación que use, puertos de entrada y salida de datos, como puertos de alimentación. Dependiendo de la tarjeta puede variar de precio, como de las funciones del microprocesador. Pero, una de las ventajas que se puede obtener es el bajo precio que tienen una buena cantidad de estos instrumentos digitales. A continuación, se describirán las placas de desarrollo con más relevancia en el mercado:

PLACAS DE DESARROLLO ARDUINO.

La marca Arduino es bastante conocida para proyectos, prototipos o dispositivos de todo tipo. Es utilizado para cualquier tipo de ingeniero, emprendedor o estudiante que necesite de una tarjeta que le facilite la configuración, y la maleabilidad para crear todo tipo de dispositivos con el propósito que se requiera, sin la necesidad de tener gran conocimiento en programación o configuración de placas. Algo destacable es la cantidad de tarjetas que tienen en su catálogo para todo tipo de utilidades y usos.

Imagen 6. Placa Arduino R3.



Fuente: ABC electrónica.

La gran ventaja que tiene Arduino es el gran uso que se le ha dado a lo largo de los años. Lo que permite tener una gran base de datos o información sobre el uso de sus tarjetas, como de los sensores o dispositivos que se pueden llegar a usar. Volviéndola en la marca de tarjetas que más uso tiene en el área académica o de prototipos. Con placas como Arduino Uno o Mega es ideal para cualquier programador, estudiante, ingeniero principiante en proyectos con el uso de placas de desarrollo, con un buen soporte en el software de programación y buena compatibilidad con módulos, sensores o actuadores (Dependiendo de la versión o placa), sin la necesidad de ser de la marca Arduino. De esta manera dejando a la marca para el desarrollo de proyectos, como una de las más solicitadas y preferidas ante bastantes clientes a lo largo y ancho, ocupando un gran lugar en laboratorios o salones de clases de institutos técnicos o universidades.

Los precios de las placas Arduino pueden variar desde los \$11.000 a \$145.000 (Solo la placa, sin venir con un kit o venir con otro dispositivo), dependiendo de las necesidades el cliente. Viniendo los de bajo costo con solo una placa con pines, mientras los más caros pueden venir con más pines y accesorios para usar según lo que se requiera, como también con más artilugios, módulos o cables para una protoboard, todo depende de las necesidades que tenga el usuario. Haciendo que los costos ascienden a los \$200.000 hasta los \$500.000 para tener un kit Arduino bastante completo.

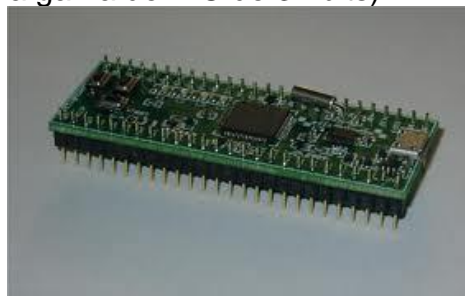
MICROCONTROLADORES PIC (MICROCHIP).

Son microcontroladores con placas bastante pequeños, pero con una capacidad de configuración de hasta 32 bits, en sus versiones más actuales y

de alta gama. Tienen una facilidad para ser programadas y siguen la arquitectura Harvard (Disponer de dos memorias independientes: una que contiene sólo instrucciones y otra sólo datos). Son bastante usadas para tareas de enviar y recibir información y tienen la capacidad de usar sensores. Pero no tiene gran capacidad de recibir bastante instrucciones (35 máximo), esto se debe su enfoque de optimizar toda su capacidad para tener una buena velocidad y capacidad al uso o transmisión de datos. Lo que causa que no se puede usar para el uso de configuraciones complejas o de alto uso de instrucciones. Lo que limita bastante su uso para algunos tipos de proyectos.

Dejando este tipo de controlador para uso de proyectos pequeños o con un enfoque de optimización y eficiencia en el uso de instrucciones programables.

Imagen 7. PIC32 (Nueva gama de PIC de 32 bits).



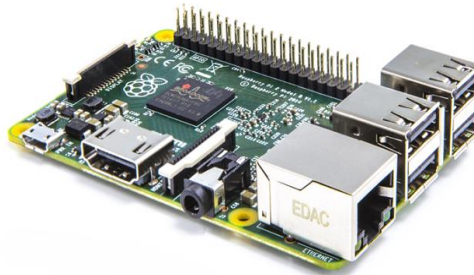
Fuente: Microprocesadores y sus variedades.

RASPBERRY PI.

Son unos minicomputadores configurables bastante conocidos en los cuales se puede hacer pequeños proyectos o prototipos. Tiene bastante capacidad de procesamiento (dependiendo del modelo), para su pequeño tamaño, aunque no es la más pequeña del mercado, es útil para proyectos más complejos o en los que se necesite un mayor número de instrucciones y datos de manejo por placa. Es ideal para prototipos de mayor envergadura o que requiera una mayor capacidad de manejo de información.

Entre sus múltiples tareas configurables son el hacer uso de sus capacidades como controlador de datos, sensores o periféricos. Es una herramienta bastante eficiente y necesaria para proyectos más complejos. Pero a su vez puede ser su mayor problema, el cual se refleja en sus elevados precios a comparación de otros dispositivos (\$120.000 es el kit Raspberry Pi más barato que se puede encontrar en el mercado). Aunque sea una placa que es de bajo coste, no es la que tiene el menor precio a comparación de otras marcas. Lo que causa que sea complicado hacer su uso para proyectos con bajo presupuesto, o que necesiten una placa con unas características más específicas o detalladas, en las cuales no se necesite un dispositivo con tanta capacidad de manejo de información.

Imagen 8. Raspberry Pi 3 Model B.



Fuente: Programemosum. Curso de instrucción Raspberry PI.

TESSEL 2.

El Tessel 2 es una placa de desarrollo con capacidades de Wifi integrado que le permite construir en guiones de Node.JS. Tessel ofrece un sistema de creación de prototipos de hardware conectado que se puede utilizar para diferentes aplicaciones. La placa cuenta con herramientas de línea de comandos que hacen que sea fácil de implementar su código, juego WiFi credenciales, autenticación y gestionar fácilmente las necesidades del usuario. Con la placa se puede interactuar con el mundo físico de detección de accionamiento para conectar con otros dispositivos. Usa lenguaje JavaScript, aunque puede usar otros lenguajes de programación, tiene pines para sensores, puertos USB para cámara o almacenamiento externo, procesador Mediatek con una RAM DDR2 con 32 MB de flash.

Tessel 2 es perfecta para cualquier tipo de proyecto, con su buena capacidad de almacenamiento y procesamiento para una placa pequeña, se puede lograr proyectos más grandes que con placas más pequeñas o con características más reducidas. Tessel es ideal para proyectos más elaborados, pero, esto también se refleja su precio, valiendo solo la placa unos \$ 242.000, sin los sensores o una memoria externa, y sin tener en cuenta los costos de envío hace que sea una placa bastante costosa para usar a comparación de otras que vienen en forma de kit. Causando que su uso pueda ser más caro con los dispositivos o periféricos que se necesiten comprar aparte, para que el proyecto que se esté efectuando salga adelante.

Agregando que no tiene demasiada distribución o uso en Latinoamérica, hace complicado tener un soporte técnico cercano o una comunidad la cual tenga conocimientos y recomendaciones a la hora de usar la placa de desarrollo Tessel 2. Dejando al ingeniero o estudiante a la deriva a la hora de hacer proyectos si es su primera tarjeta de desarrollo, a comparación de placas que tienen más enfoques didácticos o con un software más cómodo para los nuevos programadores.

Imagen 9. Placa de desarrollo Tessel 2



Fuente: Tessel.

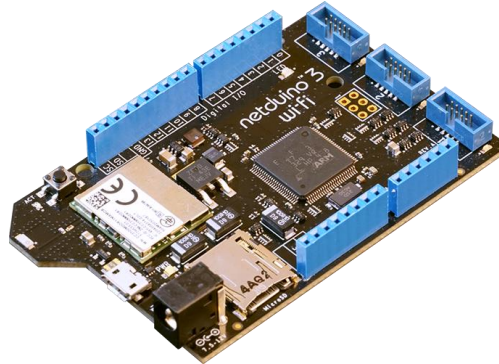
NETDUINO.

Son placas de desarrollo que intentan ser similares a las placas de Arduino, siendo compatibles a la mayoría de shields que tiene Arduino en su lista, pero de ahí en más no hay muchas más similitudes. Una de las grandes diferencias que tiene a la mayoría de las tarjetas que trabajan con 8 o 16 bits solamente, Netduino tiene un microcontrolador de STMicro STM32Fx de 32 bits, dándole mayor capacidad de procesamiento de datos.

En cuanto a su forma para programar, usa lenguajes de programación en C#. Esto se debe a que su sistema operativo es NET Micro Framework, permitiendo una facilidad de uso a los usuarios que estén familiarizados con este lenguaje. Además, cuenta con un puerto de Ethernet, o versiones mejoradas con puerto para Wi-Fi. Permitiendo un uso más actual y convergente a las nuevas tecnologías de la información. Con un repertorio de tarjetas de tres tipos de versiones (Netduino 1, 2 y 3, la última hace unos pocos años salió al mercado), y con tres variantes (Tarjeta sola, con puerto Ethernet o con Wi-Fi), mostrando este tipo de tarjetas de desarrollo como para todo tipo de proyectos o prototipos, los cuales puedan necesitar uso de internet, sea de manera local cableado o sin uso de cables.

Dejando en claro que no hay versiones con Ethernet y Wi-Fi. Lo que causa que se deba pensar muy bien cuál versión se debe comprar para que el prototipo o proyecto que se necesite configurar o construir. Otra cosa a tener en cuenta son los precios, una tarjeta Netduino puede costar \$234.000, sin módulos, ni otras herramientas, solo la placa de desarrollo tal cual. Es ideal para proyectos que se necesite una buena capacidad de almacenamiento y que se necesite un enfoque en programación en C#, de resto queda a la facultad del cliente si vale o no la compra de una tarjeta de estas capacidades.

Imagen 10. Placa de desarrollo Netduino 3 Wi-Fi.



Fuente: wildernesslabs.

NODEMCU WI-FI.

NodeMCU es la placa de desarrollo basada en ESP8266 que hace la vida más fácil a los que quieran desarrollar dispositivos conectados sin necesidad de cables. Es decir, es una placa con un enfoque para la conexión de dispositivos por medios inalámbricos, usando tecnología IoT (El internet de las cosas). La cual es una forma de conectar equipos con cada vez más demanda en el mercado.

Esta creciente necesidad de usar tarjetas que permitan el objetivo de no usar cables para hacer enlaces se debe a lo económico que puede salir para proyectos que requieran extensiones variadas o grandes de terreno, en los cuales el uso de cableado pueda salir costoso y engorroso de usar. Las herramientas que usan IoT están ayudando a bajar bastante el gasto de instalación, mantenimiento y uso de microcontroladores. Aunque no puedan ser usados para tareas tan complejas como con tarjetas Raspberry Pi, pueden ser excelentes para controlar y administrar proyectos o prototipos en los que se necesite un número de tareas moderadas y específicas, en el cual el flujo de datos no sea continuo o demasiado pesado. Sino que se necesite un control y un flujo de datos periódico o que se active con un sensor o movimiento del ambiente donde se instale esta placa. Además, tiene un procesador de 32 bits, lo que le permite tener una capacidad de procesamiento mayor, las tarjetas que solo tienen 8 o 16 bits, minimizando la modesta capacidad de almacenamiento.

Algo ventajoso de este tipo de tarjetas es la compatibilidad con Arduino, tanto en el software de configuración, como con el uso de Hardware (Placas, sensores o actuadores). Lo que permite una facilidad para su uso en proyectos con la necesidad de convergencia con varios tipos de dispositivos (algo que ciertas marcas de placas tienen dificultades de compatibilidad). Otra ventaja sería su bajo costo, el cual puede encontrarse por \$19.000 (o más bajo de precio en versiones 1.0 de primera generación). Lo que viene como anillo al dedo en proyectos pequeños o que se necesite una eficiencia y capacidad de datos módico o tareas, sin la necesidad de hacer gastos presupuestales más elevados, o usar artilugios con menos capacidad de uso de datos, que pueden ser muy ineficientes por su baja capacidad de almacenamiento y procesador.

Las características específicas más importante de una tarjeta MCU Wi-Fi son las siguientes:

- 13 pines digitales numerados del D0 al D12.
- 1 pin analógico numerado A0.
- 3 pines de 3,3V.
- 1 pin de 5V (versión V3 2 pines 5V).
- 4 pines de tierra GND (versión V3 5 pines GND).
- Memoria flash conectable: 16MB max (512K normal).
- Processor: Tensilica L106 32-bit.
- Velocidad del Procesador: 80~160MHz.
- RAM: 32K + 80K.

Imagen 11. ModeMCU V1.0 / V3.



Fuente: Programar Fácil.

Así está pequeña tarjeta de es ideal para sistemas que se enfoquen en los esquemas del internet de las cosas. En el cual se necesite de pequeños controladores inalámbricos que vigilen, mantengan, suministren o reciban datos para su posterior uso, o para que la misma placa haga uso de la información para sus sensores o actuadores.

Tabla 1. Tabla de comparaciones.

Placa de desarrollo/Empresa	Precios	¿Tiene Compatibilidad con IoT?	Capacidad o característica importante.
Placas de desarrollo Arduino.	Varían según el tipo de placa o el kit. Puede costar \$11.000 una placa con poca capacidad hasta \$500.000 un kit con una placa de	Depende de la versión. Arduino tiene tarjetas con un enfoque directo con IoT.	Dependiendo de la versión o tipo de tarjeta. Pueden tener una gran capacidad de almacenar y procesar datos, ideal para grandes proyectos.

	buena capacidad de procesamiento.		
Microcontroladores PIC (Microchip).	\$23.000	No	Tiene poca capacidad para procesar y almacenar.
Raspberry Pi.	\$120.000 la tarjeta más barata.	Si, con el módulo adecuado.	Es una tarjeta con buena capacidad de procesar datos, con una posibilidad de usos para proyectos con un enfoque de control de datos y manejo de módulos o periféricos a la vez.
TESSEL 2.	\$ 242.000	Si	Tiene una gran capacidad de almacenamiento de datos. Un número de pines más que decente, con enfoque a sensores y uso de cámaras. Ideal para proyectos de mediana a gran envergadura.
Netduino.	\$234.000	Si, si es la versión Wi-Fi (La más costosa)	Tiene una capacidad de almacenamiento moderada. Dependido de la versión, su compatibilidad con Arduino le permite un uso más sencillo para cierto tipo de proyectos.
NodeMCU Wi-Fi.	\$19.000/ 23.000 (depende de la versión que se selecciona)	Si, tiene un buen enfoque en redes Wi-Fi.	Tiene compatibilidad a el software de Arduino. Uso de banda libre para conexiones WLAN, un procesador de 32 bits. Una capacidad de almacenamiento decente. Ideal para proyectos donde se

			necesite un flujo de datos cada cierto tiempo, y dependiendo de los mismo, el sistema actúe por sí solo para solventar problemas.
--	--	--	---

Fuente: Propia.

Como se puede ver en la tabla 1, hay bastante placas por donde escoger. Algunas con una gran capacidad de procesamiento, almacenamiento, o con gran compatibilidad con lenguajes de programación y software para programar, con la capacidad de usar todo tipo de módulos. Todo puede ser fantástico a la hora de hacer proyectos por más pequeño que sean; al usar una placa con gran capacidad en sus características facilita mucho las cosas. Esto viene bien, a la hora de hacer un proyecto académico o por la necesidad de sacar un prototipo para agregar a la hoja profesional de un ingeniero. Pero si se quiere hacer un proyecto práctico, factible de replicar y que puede ser vendido en un mercado cada vez más lleno de ofertas, es necesario pensar en los costos a la hora de hacer un proyecto, como también si es tan necesario comprar placas tan caras, para hacer prototipos que no usarán ni la mitad de la capacidad que pueden tener las tarjetas. Pero tampoco se quiere llegar al extremo contrario, y llegar a comprar lo más barato que no pueda ni procesar 8 bits. Lo que se intenta decir, es la importancia de comprar una tarjeta acorde a las necesidades y requerimientos mínimos que se necesita para sacar un proyecto adelante. Y de tener el enfoque de ser algo para replicar y ser usado a futuro se piense bien a la hora de seleccionar cada pieza que integrará su proyecto, ya sea que sea usará en el área de telecomunicaciones, sistemas, redes inalámbricas, etc.

En el caso del proyecto del uso de sensores conectados a una placa con soporte de Wi-Fi, se opta por usar una tarjeta MCU Wi-Fi, la cual es conocida a la hora de hacer proyectos IoT. Su módico precio y sus características, lo hacen ideal para tener un control, vigilancia y flujo de datos periódicos, los cuales pueden llegar a un servidor o algún dispositivo móvil, en el cual deje ver a un campesino mirar el estado actual de su cultivo, y dependiendo de los datos que suministre el sistema, pueda actuar acorde a las necesidades de su implementación. Permitiendo una capacidad de ahorro de tiempo y de dinero, más si se integra a un sistema de riego automático, permitiendo las posibilidades de mejorar la cantidad y calidad de las plantas a la hora de llegar las épocas de cosecha.

CONEXIONES IOT PARA UN FUTURO MÁS CONECTADO.

El internet de las cosas está revolucionado el cómo se conectan los equipos, dispositivos y computadoras alrededor del mundo. Con una capacidad cada vez más grande de almacenamiento en la nube (cloud computing), o sino con servidores o almacenamiento más pequeños que usen la niebla (fog computing). Todo con una infinidad enorme de múltiples usos y posibilidades,

la cual le permite ser usado en todo tipo de áreas, lugares o situaciones donde se necesite almacenamiento, transmisión o recibir datos, así como el uso de los datos para el control, uso programado, como también para el aprendizaje de la misma máquina, es decir, que de los datos que reciba, puedan cambiar o corregir algunos de sus parámetros, para lograr una mejor eficiencia o procesamiento de datos, sin la necesidad que un programador le diga nada, sino que la misma máquina sea autónoma de tomar estas decisiones.

Imagen 12. IoT conectado a las personas.



Fuente: itsitio. Importancia del internet de las cosas.

Uno de los lugares donde se puede usar y se está usando en gran medida IoT es el área de la agricultura. Con el uso de sensores y actuadores se puede hacer un manejo más eficiente y productivo de los cultivos, plantas o animales que se tengan en una finca, terreno o laguna piscicultora. Proyectos de sistema de riego más eficaces y que hagan un mejor uso del agua; control de cultivo por medio de sensores de temperatura, humedad, acidez del terreno y con dispositivos que actúen según los datos que entregan los sensores, que hagan, por ejemplo, abrir el sistema de riego si se detecta que la planta se está secando, o por el contrario no permita abrir el sistema de riego programado si la planta se encuentra demasiado húmeda. Sistemas que, aunque tengan dispositivos a simple vista pequeños, incrementan la capacidad de productiva y la calidad de los cultivos, e inclusive duplicando o hasta más la cosechas que se obtenga usando la tecnología de datos conectadas a la red WLAN (Wireless Local Area Network) o LPWAN (Low Power Wide Area Network).

Imagen 13 Sistema Fasal a la mano con IoT.



Fuente: Fasal agritech startup iot india.

DESARROLLO DE ACTIVIDADES

PROYECTO AGRÓNOMO HMTc (HERRAMIENTA MULTICRITERIO PARA LA TRAZABILIDAD EN CULTIVO).

Siguiendo con lo acordado en el plan de trabajo el estudiante implementa un sistema de sensores con conexión inalámbrica, usando tecnologías del internet de las cosas (IoT). Involucrando al pasante en uno de los proyectos del CIAB, para implementar herramientas que permitan un mayor control y automatización en cultivos de todo tipo, y el cual no sea demasiado muy costosa su implementación.

Para aportar al proyecto el practicante se centró en hacer un prototipo el cual cumpla con los requerimientos mínimos, que logre una conexión segura y entregue datos que sean útiles para el manejo de cultivos. Para conseguirlo se selecciona equipos compatibles con Arduino, para facilitar la configuración del software que usarán para la interconexión de equipos.

Una vez se hizo una investigación y consulta con el equipo del CIAB. Se seleccionaron los siguientes equipos para hacer el prototipo 0.1:

- MCU Wi-Fi V3.0.
- Arduino Uno. (Recibirá la información tanto analógica y digital de los sensores).
- Conversor lógico de 5V a 3.3 V. (Para la conexión de MCU al Arduino).
- Sensor de Temperatura y Humedad (DHT 22).
- Sensor de Humedad de suelo.
- Y se adicionan para una mejor presentación se adiciona:
- SHIELD para MCU.
- SHIELD para Arduino UNO.

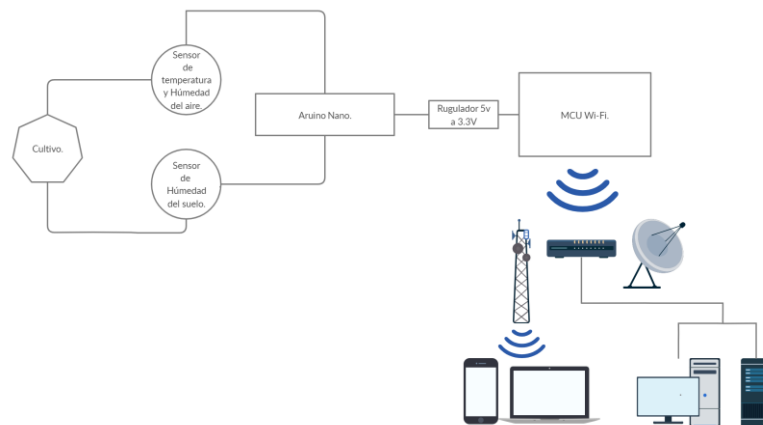
En cuanto la parte del software se usa Arduino para programar la tarjeta Arduino nano y el MCU WiFi versión 3.0. Además, se usa la aplicación de uso gratuito cayenne devices, que permite una conexión de datos en tiempo real que se almacena en la nube, y puede ser visto tanto en computadores, móviles o cualquier dispositivo con la aplicación instalada, y una conexión a internet. Para la obtención de datos no requiere una gran cantidad de banda ancha, todo será explicado con mayor detalle a continuación.

CONEXIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO.

Para un fácil entendimiento del funcionamiento de los dispositivos, se explicará de manera general. Todo inicia en el cultivo donde se quiera implementar en el cual se instala los sensores que se necesiten, en el caso del prototipo, se usa un sensor de humedad y temperatura del aire (**AM2302**), y otro sensor de humedad del suelo (HD-38). En el caso del primer sensor se debe colocar en un lugar donde no le caiga agua de forma directa, algo completamente contrario al sensor HD-38 en cuál debe estar enterrado en el suelo y debe soportar el agua de forma directa. El seleccionar estos sensores no fue algo aleatorio.

Una de las razones es lo económico del dispositivo, pero también por las diferencias que se acaban de decir. El tener sensores que funcionan de manera diferente, no solo en su funcionamiento en el terreno, sino también, en su forma de recolectar sus datos. En el caso de AM2302 lo hace de forma digital, y el HD-38 de forma analógica, lo que podría causar varios problemas si se necesitan sensores de varios tipos, y no se puede usar todo de un solo tipo. Para solucionar este problema se usa el Arduino nano (una de las tarjetas más sencillas), la cual se pueden conectar directamente a sus pines analógicos o digitales para recibir cada uno de los datos que obtenga de los sensores se le conectan. Una vez se tengan los datos se pasan a través de un regulador que pasa el voltaje de 5V a 3.3V al MCU, esto se hace para evitar problemas entre las diferencias de voltajes que tienen estos dos dispositivos. Una vez llegan a la MCU toda esta información se guarda en la memoria flash que tiene insertada por defecto. Toda esta información se manda a la nube de forma directa, y puede ser consultada por medio en cualquier computador, móvil, portátil con la app de Cayenne devices, desde cualquier parte, sin importar que se esté a varios cientos de kilómetros del cultivo. Todo lo que se acaba de decir se muestra en siguiente esquema:

Imagen 14. Esquema general del sistema de sensores inalámbricos.



Fuente: propia.

CONEXIÓN PUNTUAL DE LOS SENSORES Y TARJETAS.

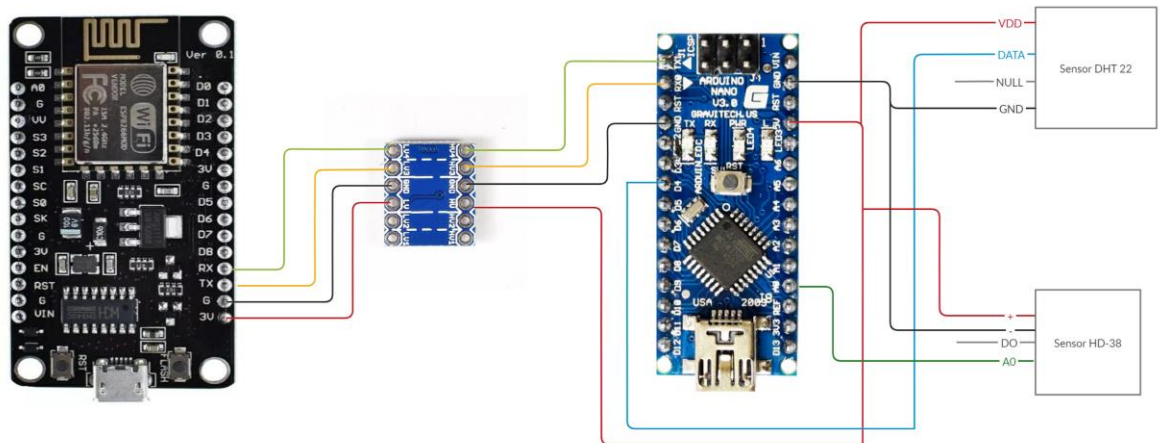
La conexión entre sensores es sencilla. Los sensores que sean analógicos se conectan a un pin analógico en la tarjeta de Arduino Nano, se les puede identificar fácil porque inicia con una "A", en este caso se usa el A0, para la conexión de los datos, en el caso de los sensores digitales se conecta con pines que tiene una "D", y se usa el D4. Las tierras de los sensores se conectan a cualquiera de los dos GND de la tarjeta y sus partes positivas o de energía se conectan al único pin de 5V.

“Aclaración.”

No todos los pines sirven de misma manera o con la eficacia para cualquier propósito. Algunos tienen funciones específicas, sin importan que tengan una identificación genérica o que no se diferencian a simple vista de los demás pines. Por eso se recomienda consultar el datasheet de cualquier tarjeta que se

vaya a usar, para verificar cuantos pines funcionales se tiene verdaderamente, un ejemplo es el MCU Wi-Fi, el cual apenas tiene un pin analógico, que no alcanza a conexiones de más de 1V. Es por eso por lo que se usa otra tarjeta que tenga este tipo de pines y además puede con voltajes más altos.

Imagen 15. Esquema del cableado de los sensores, tarjeta y su regulador de voltaje.



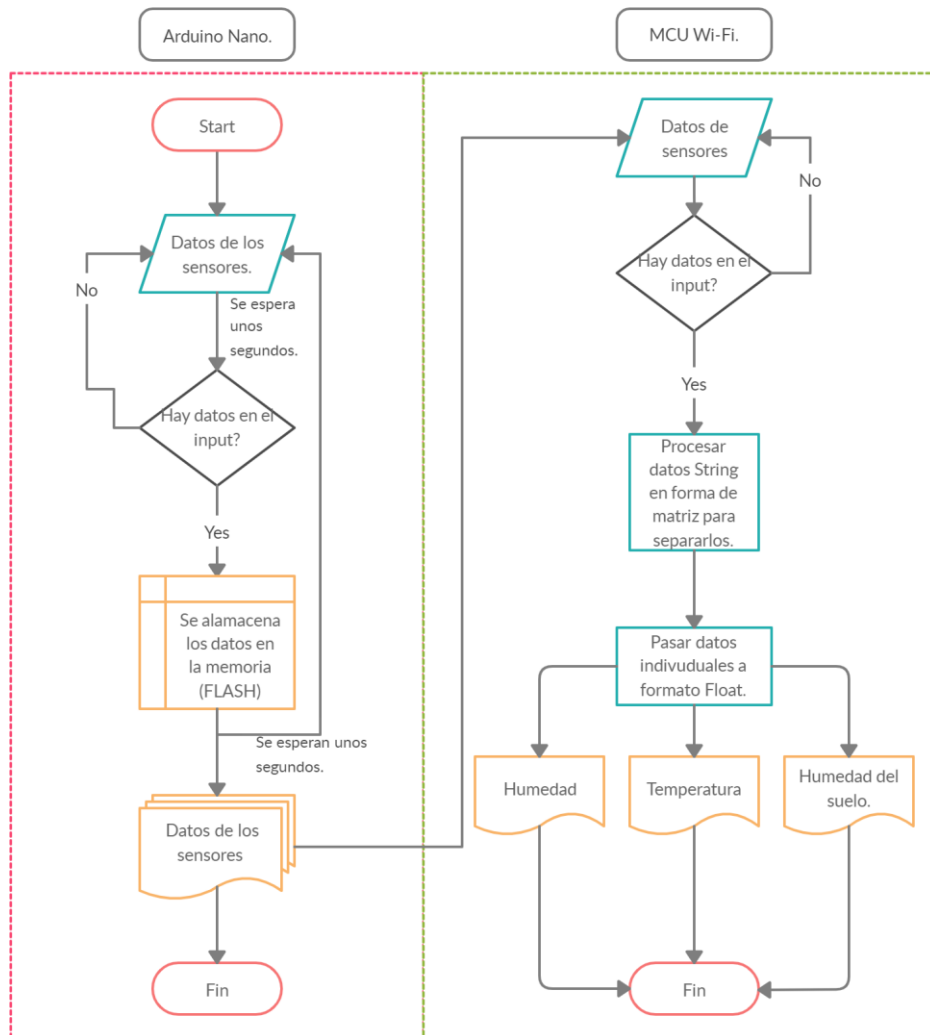
Fuente: propia.

Ya con los sensores conectados se conecta el Arduino Uno con el regulador de Voltaje. Para eso se conecta el positivo con HV y tierra con GND. Para hacer una correcta comunicación se conecta los pines Tx y Rx con HV4 y HV3 respectivamente; sus contrapartes se conectan de la misma manera, excepto que, Tx con LV3 que va a transmitir los datos al arduino y Rx con LV4 que los recibirá. Una vez hecho esto la conexión del sistema está completa, al menos en su parte física.

PROGRAMACIÓN DEL PROTOTIPO.

Toda la programación se hizo por medio del programa Arduino. Se configuró tanto el Arduino Nano como el MCU Wi-Fi. Enfocando al Arduino solo para recibir datos de los sensores, sino los recibe vuelve a pedirlos hasta obtenerlos, una vez los tiene los almacena y los envía al MCU el cual hace un procedimiento parecido. La diferencia es que debe separar los datos que se le entregan, y se pasan a formato float para que puedan ser leídos por Cayenne Devices, todo queda descrito en el siguiente diagrama de flujo:

Imagen 16. Diagrama de flujo de la programación del Arduino y el MCU Wi-Fi.



Fuente: propia.

CONEXIÓN CON CAYENNE DEVICES.

Cayenne Devices es una aplicación que permite de manera gratuita la recolección de datos de manera continua y en tiempo real. Para lograr tal cometido se usaron algoritmos recomendados por la misma página de la app, la cual se conecta a la nube por medio del Wi-Fi local que tenga el MCU con los datos. Llegando toda la información a los servidores de la aplicación, y siempre pueden ser consultados cuando sean requeridos, como dar alertas automáticas si sucede algo impredecible o no recomendable para el cultivo.

Las ventajas que se tiene con este programa son las siguientes:

- Interfaz sencilla y amigable para los nuevos programadores o gente que quiere ver los datos.
- Almacena cada dato de manera automática, y permite ser consultado los datos antiguos. Mostrando hora y fecha exacta.
- Puede graficar cada uno de los datos, permitiendo una mejor comparación de datos del historial. Y da hasta la opción de descargar los gráficos para cualquier documento o página web donde se necesite.

- Posibilidad de programar alertas, mensajes automáticos. Configurar límite máximos o mínimos que tienen que mostrar los datos. Y si sobrepasa los límites alarme que algo malo está sucediendo.
- Completa accesibilidad para cualquier computador, portátil o smartphone.

Las desventajas que se tiene con este programa son las siguientes:

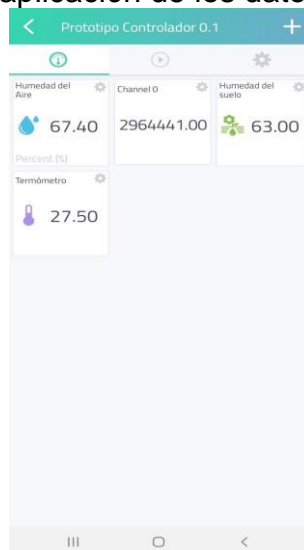
- Desde un número de datos el programa puede volverse lento.
- Depende bastante de una conexión de internet continua.
- No permite compartir los perfiles de datos. Ni para ser solamente visualizados. Se tienen que descargar para compartir, lo que causa que no puede ser visto en vivo los datos por terceros.
- Si los servidores de Cayenne caen no pueden ser vistos los datos. Algo que ha pasado con anterioridad.

Con lo anterior, usar Cayenne es ideal para nuevos programadores y para secuencia de datos sencillos. Lo que lo hace ideal para un prototipo, y para sistemas que no tengan una gran cantidad de secuencias a nivel industrial, sino pequeños flujos de información. Excelente para cultivos de mediano a pequeño nivel.

RESULTADOS DE LA CONEXIÓN DE CAYENNE:

Una vez se conecta y se programa los dispositivos. Se colocan sobre el terreno de prueba y se dejan un funcionamiento un tiempo considerable y se logra la obtención de datos en tiempo real. Los datos almacenados que se verán a continuación se obtuvieron del computador del pasante suministrado por el CIAB, y desde un teléfono inteligente con la aplicación móvil de Cayenne:

Imagen 17. Pantallazo de la aplicación de los datos del prototipo.



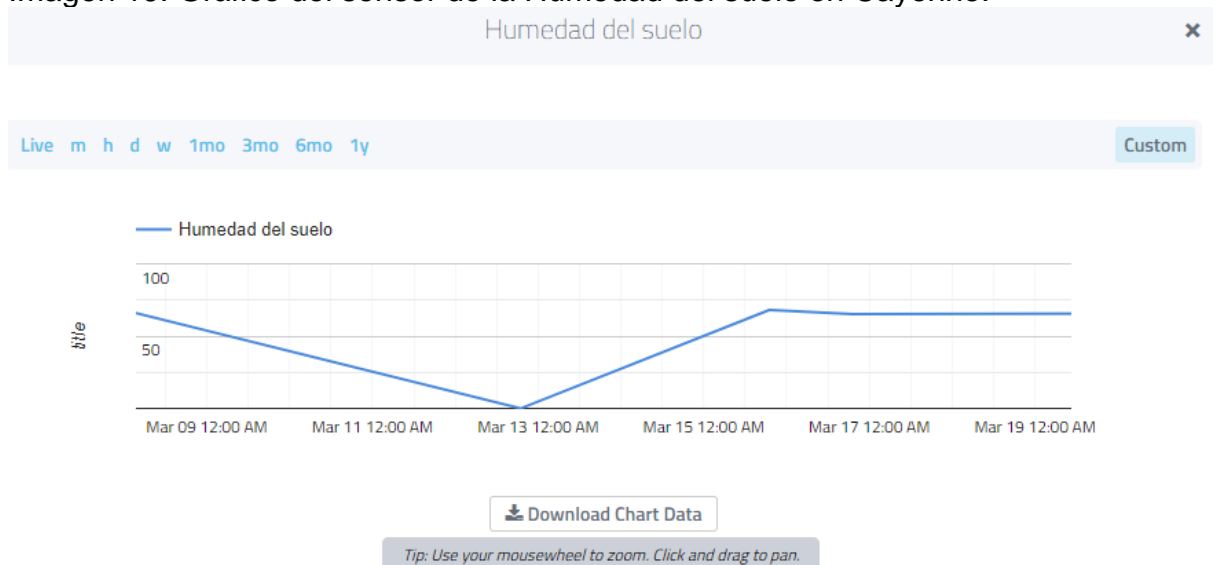
Fuente: Propia

Imagen 18. Gráfico del sensor de la Humedad del aire en Cayenne.



Fuente: Propia.

Imagen 19. Gráfico del sensor de la Humedad del suelo en Cayenne.



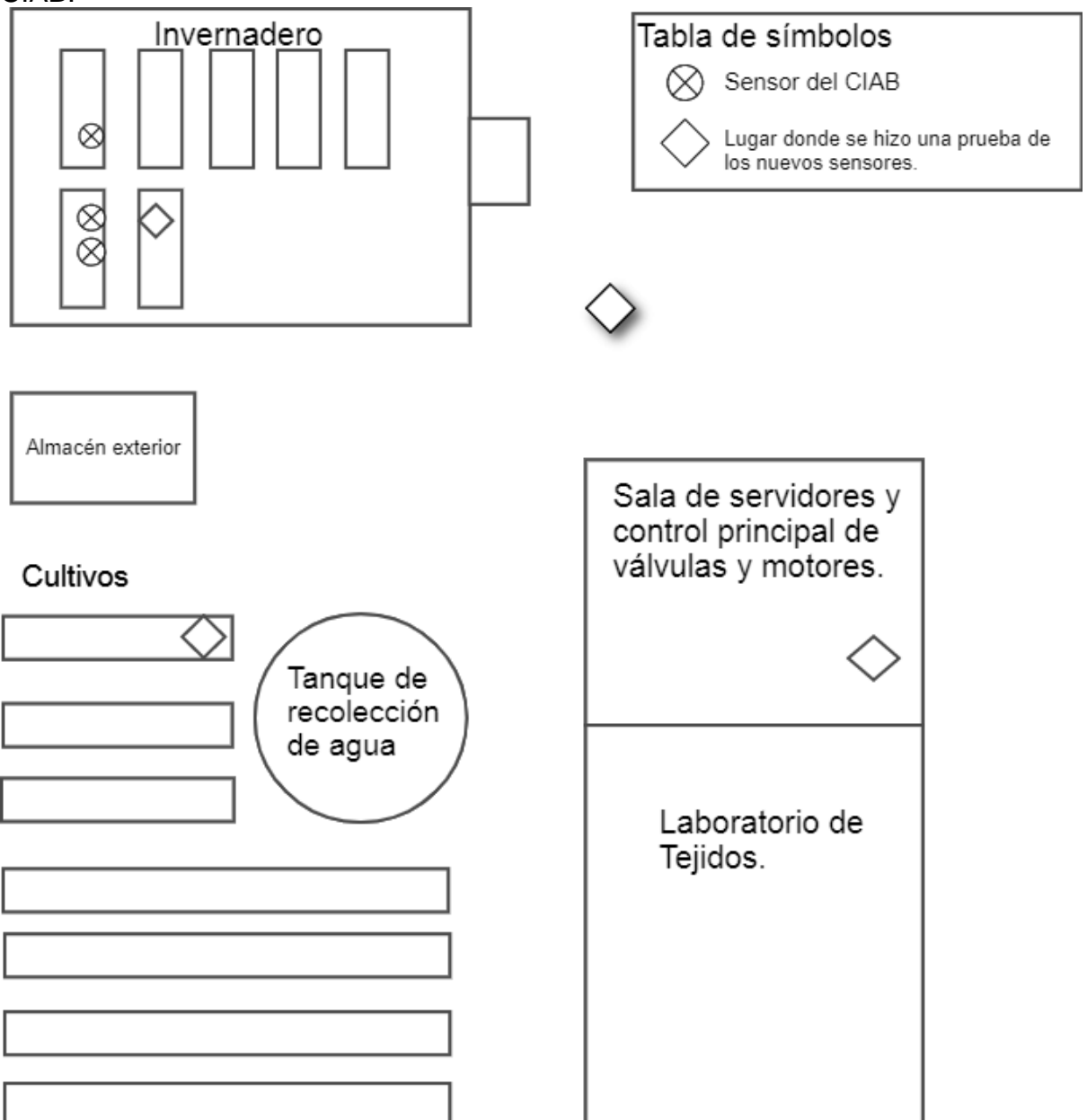
Fuente: Propia.

Como se puede ver con las anteriores imágenes la interfaz de Cayenne es bastante fácil de entender. Los datos en tiempo real son continuos o se puede ver actualizar cada cierto tiempo (dependiendo de la necesidad). Y cada vez que se necesita entender varios datos, se puede ver por medio de los gráficos que se crean de manera automática, y puede ser vistos desde el principio o desde un periodo de tiempo más exacto. Algo que debe quedar claro es que todos los datos de un proyecto se guardan sin excepción quedando en un historial histórico. De esta manera permite ver cada uno de los datos de manera manual, y dejando la posibilidad de hacer comparaciones desde el primer momento que se empieza un cultivo, hasta la postcosecha. Siendo uno de los principales objetivos del proyecto del CIAB, para una vigilancia, control y comparación de datos obtenidos en cada uno de los cultivos que se implemente los sensores una conexión inalámbrica que usen tecnologías IoT.

IMPLEMENTACIÓN EN EL CIAB.

El CIAB es un lugar con varios cultivos que se encuentran tanto en el exterior como dentro del invernadero inteligente que dispone este centro de investigación. También dispone de un centro de tejidos vegetal, y la sala de servidores. Donde se controla el flujo de datos, y donde está el cerebro del Autoagronom, el cual en su día suministraba de manera automática agua, nutrientes y sales a los cultivos conectados a su sistema. Para tener una referencia de la estructura del CIAB se creó el siguiente plano donde se muestra los lugares de los sensores que ya estaban implementados y los lugares donde se hicieron las pruebas del prototipo hecho por el pasante.

Imagen 20. Planos de referencias de los sensores y pruebas hechas en el CIAB.



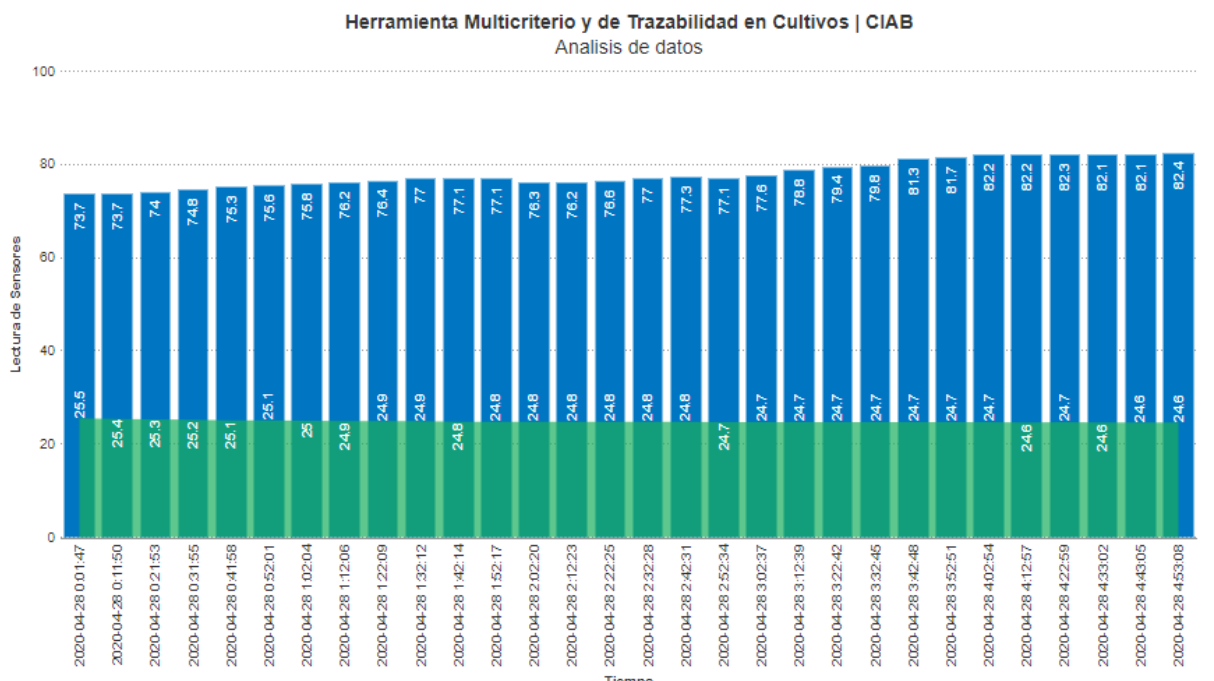
Fuente: propia.

Como se puede ver en el plano de referencia se hicieron unas pruebas puntuales en lugares específicos. La primera dentro de la sala de servidores, luego por fuera cerca del invernadero, otra en los cultivos del exterior, y la última en el invernadero. Todas las pruebas dieron datos similares a las vistas en las imágenes anteriores de cayenne, en el caso del invernadero dieron datos más altos la de temperatura y humedad, algo bastante esperado. El invernadero está acomodado para dar temperaturas más altas a las registradas, para servir de semillero y zona de plantas madre que son sacadas al exterior a llegar a cierto tamaño.

IMPLEMENTACIÓN CON EL SERVIDOR DEL CIAB.

Una vez se comprobó el correcto funcionamiento del prototipo, se configuro nuevamente, y ahora se conectó directamente en el servidor que se encuentra en el centro de investigación. Sumado a esto, la conexión del sistema se configuro para que fuera en tiempo real, y se dejó en funcionamiento durante más de dos semanas, con esporádicas pausas para revisar el estado y el correcto funcionamiento del dispositivo. El resultado fue el mismo que con Cayenne, pero ahora la información pasa directamente a el servidor del el CIAB, el cual, puede ser consultada en la página web del Campo UNAD, que se actualiza cada vez que se le envía un dato nuevo, y puede ser consultada en cualquier momento.

Imagen 21. Pantallazo de un gráfico de barras con la información de Temperatura y humedad del servidor del CIAB del 28/04/2020.



Fuente: propia.

Imagen 22. Últimos datos suministrados por el prototipo con fecha, hora y datos (Total datos 2627).

2611	Pasantia	2020-05-04	16:24:08	77.50	27.30
2612	Pasantia	2020-05-04	16:40:31	80.60	27.70
2613	Pasantia	2020-05-04	16:50:33	75.30	27.70
2614	Pasantia	2020-05-04	17:00:34	75.70	27.40
2615	Pasantia	2020-05-04	17:10:34	75.20	27.30
2616	Pasantia	2020-05-04	17:30:36	74.00	27.20
2617	Pasantia	2020-05-04	17:40:37	74.70	27.20
2618	Pasantia	2020-05-04	17:50:38	74.60	27.10
2619	Pasantia	2020-05-04	18:00:39	75.30	27.00
2620	Pasantia	2020-05-04	18:10:40	75.20	27.00
2621	Pasantia	2020-05-05	06:29:16	77.00	24.40
2622	Pasantia	2020-05-05	06:39:17	78.80	24.30
2623	Pasantia	2020-05-05	06:49:19	80.00	24.30
2624	Pasantia	2020-05-05	06:59:20	80.70	24.30
2625	Pasantia	2020-05-05	07:09:21	81.10	24.30
2626	Pasantia	2020-05-05	07:19:22	81.20	24.30
2627	Pasantia	2020-05-07	17:04:50	75.50	27.80

Fuente: propia.

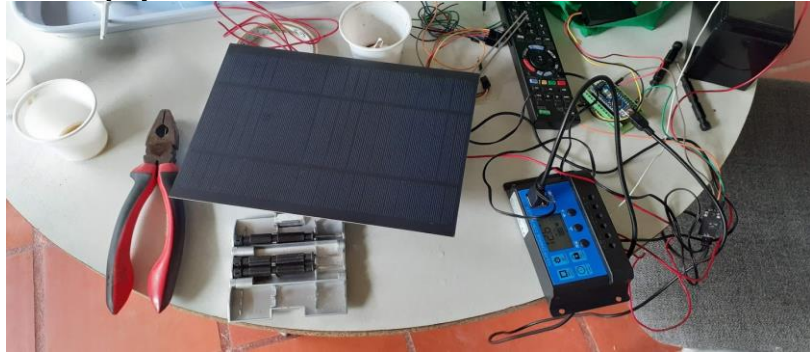
AGREGADO ADICIONAL PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE SENSORES.

El CIAB tiene la filosofía de expandir los cultivos orgánicos o con el menor uso de químicos nocivos para la tierra donde se cultive, y que sea completamente ecológico. Para lograr este nivel amigable con el medio ambiente no solo se logra con fertilizantes sin químicos, sino también con equipos que usen energía solar para reducir los niveles de carbono, que causa el uso de suministros eléctricos convencionales. Para el prototipo del pasante se ensambla energía solar, de bajo consumo. Esto se logra pensando que los sensores deberán soportar largos tiempo de autonomía propia en lugares apartados de tomas de corrientes o baterías que requieran de cargas continuas.

La parte Solar del sistema de sensores con conexión inalámbrica con tecnologías IoT se compone de lo siguiente:

- Panel Solar 12V 500 mA.
- Regulador PWM controlador Solar 30 A digital.
- Batería seca de 12V 7.5 Ah.

Imagen 23. Ensamblaje y conexión de la conexión a los sensores.



Fuente: propia.

Imagen 24. Foto de Controlador, batería y panel boca abajo.



Fuente: propia.

CONEXIÓN COMPLETA DEL PROTOTIPO.

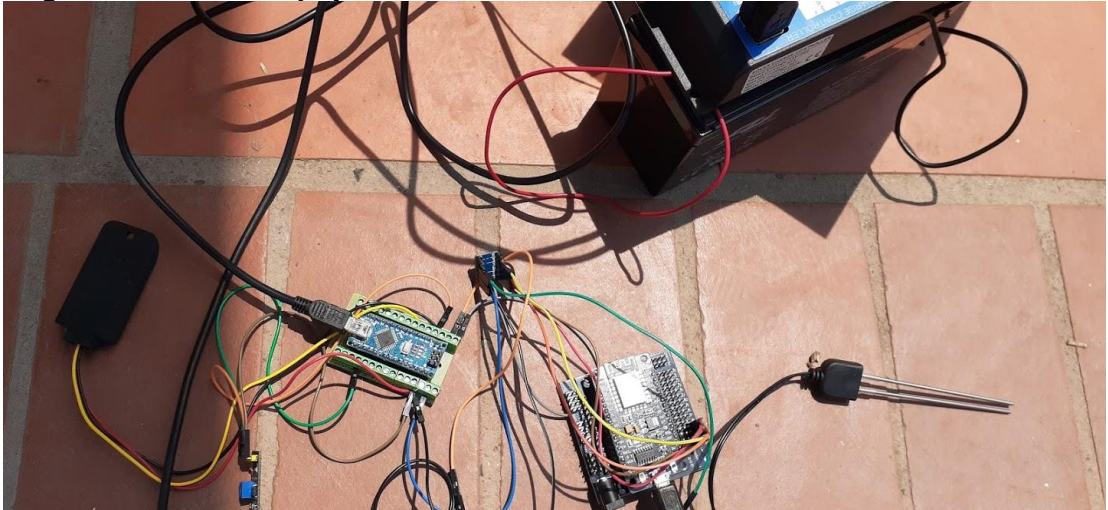
Para las primeras pruebas se conecta el sistema a tomacorrientes o a un computador por medio de USB. Una vez se tuvo el sistema funcional se enfocó para el sistema autónomo de energía solar. Se conectó todo usando los puertos USB del controlador, y se hizo varias pruebas. Se dejó el sistema funcionando de manera autónoma y se supervisaba cada cierto tiempo para verificar su correcto funcionamiento. A continuación, se mostrará algunas imágenes de su primera prueba.

Imagen 25. Sistema de energía solar en el exterior.



Fuente: propia.

Imagen 26. Ensamblaje y conexión de la conexión a los sensores.



Fuente: propia.

Imagen 27. Pantalla del Controlador del cargador solar.



Fuente: propia.

Con toda la conexión hechas se hacen las pruebas, Todas salieron según lo esperado. La carga se mantenía sin ningún problema durante el día y no hubo momento que se descargara la batería. Mientras la carga estuviera en 12.6 V o 12.8 V como se mostraba en la pantalla del controlador, la batería logra un nivel alto de recarga. Logrando un nivel alto de autonomía y flujo de datos continuos o según las necesidades que se requieran (No es necesario datos cada instante, cada 30 minutos o cada hora puede ser suficiente).

REPORTE DE FINAL DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS Y CÓMO PUEDE AYUDAR A LOS CAMPESINOS.

Para un cultivo pueda ser monitoreado se necesita varios tipos de sensores:

1. Sensor de humedad del suelo para saber cuándo se debe regar el cultivo.
2. Sensor de temperatura del ambiente para saber que lo sembrado no sufra cambios bruscos de temperatura, que pueden traer problemas a las plantas en plena cosecha.

3. Sensor de PH para saber que los niveles de acidez del suelo queden según lo recomendables del cultivo que se use.
4. Sensor de conductividad eléctrica para saber el nivel de nutrientes que llegan a las plantas.

Existen otros tipos de sensores, pero esos son lo más básicos para poder mejorar la calidad de cualquier tipo de cultivo. Uno de los mayores problemas para la implementar estos proyectos es el costo. Para la mayoría de los campesinos que cultivan en unas pocas hectáreas, es muy poco accesible obtener este tipo de tecnologías.

Pero con este proyecto cuyo objetivo es expandir tecnología de bajo costo y consumo, este problema será menor. Y con las pruebas hechas se puede tener una gran interconexión de datos en tiempo real que ayude a mejorar la cantidad de producción por hectárea, y los beneficios que puede dar son los siguientes:

- Reducción de uso excesivos de insumos y recursos para los cultivos.
- Incremento en la calidad del cultivo.
- Reducción del exceso de agua.
- Menor necesidad de personal que vigile el cultivo durante su crecimiento.
- Mayor capacidad para prevenir daños o problemas que se puedan presentar a futuro.
- Tener la capacidad de comparar datos entre cosechas o con otros cultivos para saber cuál es la mejor manera y época para cultivar.
- Incrementar o facilitar la posibilidad de automatizar parte del cultivo.
- Reducir las horas de mantener en el cultivo.
- Permitir mayor accesibilidad a tener más cultivos sin perder el control o necesitar demasiados jornaleros vigilando el terreno.
- Mayor control en la cantidad en los gramos o litros que se usen en insumos para el cultivo.
- Poder cuantificar el ambiente y los nutrientes del suelo con sensores (Temperatura, humedad, PH, etc).

Si se logra implementar un proyecto completo en una pequeña comunidad o en un gremio de cultivadores, sería un gran paso para la modernización del campo colombiano. El cual tiene muchas complicaciones para lograr una mejora en su competitividad e incremento de producción, y en el adquirir herramientas que tecnifiquen o industrialicen. Pero con el proyecto que tiene el CIAB es un buen inicio y semillero para una posible modernización del campo. Que, aunque sea en un inicio a pequeña escala, puede adquirir una mayor importancia si se mejora el sistema y se llega a una escala de automatizada o semi automatizar el trabajo de los campesinos. Algo que se necesita en un campo el cual pierde población y mano de obra, por la falta de oportunidades y lo poco rentable que es el campo.

COMPARACIONES CON EL SISTEMA AUTOAGRONOM.

Tabla 2. Comparaciones con el sistema autoagronom.

Indicador	Autoagronom	Prototipo del pasante.
Flujo de datos.	Al ser un sistema industrial el sistema puede adquirir una gran cantidad de información a la vez en tiempo real. Con la capacidad de conectar un gran número de sensores y el poder controlar actuadores que maneja válvulas de forma automática.	Al ser un sistema pequeño maneja un flujo de datos moderado, y más enfocado a las necesidades puntuales. Y evitar datos que no son necesarios o no aportan a los pequeños cultivos. Y dejando la posibilidad de automatizar el cultivo en un futuro.
Sensores.	Son sensores gran envergadura. Con un funcionamiento preciso durante su vida útil. Pero de pasar un error o daño tiene un mantenimiento caro o cambio de partes o equipos que puede salir costoso para medianos o pequeños agricultores. Esto se debe a la venta exclusiva de las partes, lo que hace más difícil obtener partes por otros medios. Lo que puede causar sobre costos en importación.	Son sensores pequeños que tienen un tiempo de funcionamiento menor pero eficiente durante su vida útil. El mantenimiento es barato, y el cambiar una parte o sensor no cuesta demasiado. Además, se puede usar cualquier tipo de sensor, permitiendo usar cualquier sensor que se requiera, o al costo que sea más accesible.
Infraestructura.	Se requiere equipos y unos estándares de funcionamientos específicos. Que solo para colocar en funcionamiento por primera vez requiere un presupuesto y un desgaste de recursos bastante altos.	Al ser algo de poca envergadura, no requiere demasiado espacio. Lo más costoso es el receptor de los datos o los sensores. El resto puede ser más maleable, dependiendo del presupuesto que se tenga.

Gasto energético.	El gasto de energía es continuo pero eficiente. Aunque por lo grande del sistema el gasto de energía es moderado y alto en algunos momentos. Se puede usar energía solar de mediana envergadura. En general se debe controlar el gasto de energía en lugares apartados.	El gasto de energía es mínimo. Al ser dispositivos pequeños no gastan demasiada energía. Si se usan sensores grandes puede que el consumo sea mayor, pero seguirá siendo más eficiente dependiendo de su configuración. El uso de energía solar es ideal además de pequeña envergadura.
Movilidad o maleabilidad.	El sistema Autoagronom tiene unas especificaciones que limitan las posibilidades de hacer cambios grandes al diseño. Lo cual limita el transporte y la posibilidad de mover los dispositivos por lo estático que debe mantener el cerebro del sistema.	El sistema en prototipo al ser pequeño permite una mayor movilidad a diferentes cultivos. Permitiendo quitar o poner el sistema en el lugar donde se requiera. Y colocar los sensores sin tener que depender de la posición del receptor de los datos, el cual se puede mover o es directamente estar en la nube.

Fuente propia.

COMPARACIÓN DE PRECIOS.

Tabla 3. Comparación de precios.

Equipo/Dispositivo.	Autoagronom	Prototipo del pasante
Sensor.	Pueden costar 700.000\$ los de campo o los del análisis de nutrientes pueden valer desde +1.500.000\$ hasta 5.000.000\$ un par el cual no se venden de forma individual.	Dependiendo de la necesidad pueden costar desde 20.000\$, 50.000\$ o hasta 700.000\$ o 1.000.000\$. (Se recomiendan de entre 200.000\$ hasta 750.000\$)
Receptor de datos/ Antena receptora/ Servidor madre.	Se necesita un receptor de datos que vale 400.000\$ aunque puede costar más por lo exclusivo de la marca.	El MCU Wi-Fi puede costar 23.000\$ (Más barata si se compra en docenas) y si se tiene un lugar con conexión

		con acceso limitado de internet se pueden usar antenas emisoras de 120.000\$ a 150.000\$.
Tarjeta que envía los datos	Cada un vale entre 150.000\$ a 300.000\$ y solo sirve para un único sensor.	El MCU Wi-Fi puede costar 23.000\$ (Más barata si se compra en docenas) y si se tiene un lugar con conexión con acceso limitado de internet se pueden usar antenas receptoras de 120.000\$ a 150.000\$. Que se conecten con el MCU donde se tenga mejor conexión a internet.
Servidor o dispositivo de almacenamiento de datos.	Es obligatorio tener la placa del sistema el cual es grande y cuesta 7.500.000\$ además que necesita un computador donde se necesite almacenar el todo el dato. El precio depende del cliente.	Dado lo maleable del sistema los datos se pueden almacenarse directamente en la nube lo que lo hace dependiente del servicio de internet que se pague y al no necesitar un ancho de banda grande puede costar 80.000\$ o más dependiendo del cliente. Ya si se necesita almacenar los datos de forma local se puede usar el computador de la familiar o un servidor su costo puede ser desde 400.000\$ a 1.000.000\$ todo depende de las necesidades del campesino.
Total	8.750.000\$- 13.200.000\$	123.000\$-2.050.000\$

Fuente propia.

De la tabla anterior, cabe aclarar que son presupuestos generales, que pueden variar y ser más costosos la implementación en forma real. Solo se centró en los dispositivos principales que hacen notar la gran diferencia de precios y presupuesto que se necesitan para implementar cualquiera de los dos

sistemas. El sistema Autoagronom en su momento la vanguardia de la tecnología y lo seguirá siendo cuando mida, verifique y deduzca cada uno de los datos que obtenga con cada actualización que se le presente. Pero, con la gran interconexión de la red de redes ha facilitado todo y ha abaratado costos en varios sistemas, entre ellos los que se enfoquen en el campo. Cualquiera que tenga un gran presupuesto y número de hectáreas para cultivar, se recomienda un sistema grande y robusto que pueda administrar todo lo que se necesite. Lamentablemente la mayoría de gente no alcanza a estos niveles de comodidad económica. Y esto se resuelve con sistemas de bajo costo como el que se intenta elaborar el CIAB.

CONVERGENCIA ENTRE INGENIERÍA DE CIENCIAS BÁSICAS Y AGRONOMÍA.

Algo que se quiere hablar un poco, antes de continuar es la necesidad de colaborar entre escuelas para lograr este tipo de proyectos. Los agrónomos entienden perfectamente como vive el campo y como se puede mejorar las formas de cultivar, de mejora de calidad y de mejorar la genética del cultivo. Pero sin tener la capacidad de tecnificar o industrializar el campo sin tener uno que otro problema, el cual puede ser resuelto por un técnico, tecnólogo o ingeniero. Un ejemplo claro es el proyecto del CIAB, el cual tiene en su cartera una buena cantidad de agrónomos con una gran experiencia y estudios con maestrías y doctorado, pero que tiene problemas a la hora de automatizar o usar tecnologías nuevas. Estas problemáticas no las tienen la gente con enfoques en los sistemas inalámbricos, informáticos, eléctricos o en mecatrónica que no tiene problemas en la implementación de sistemas modernos como el que se plantea ahora.

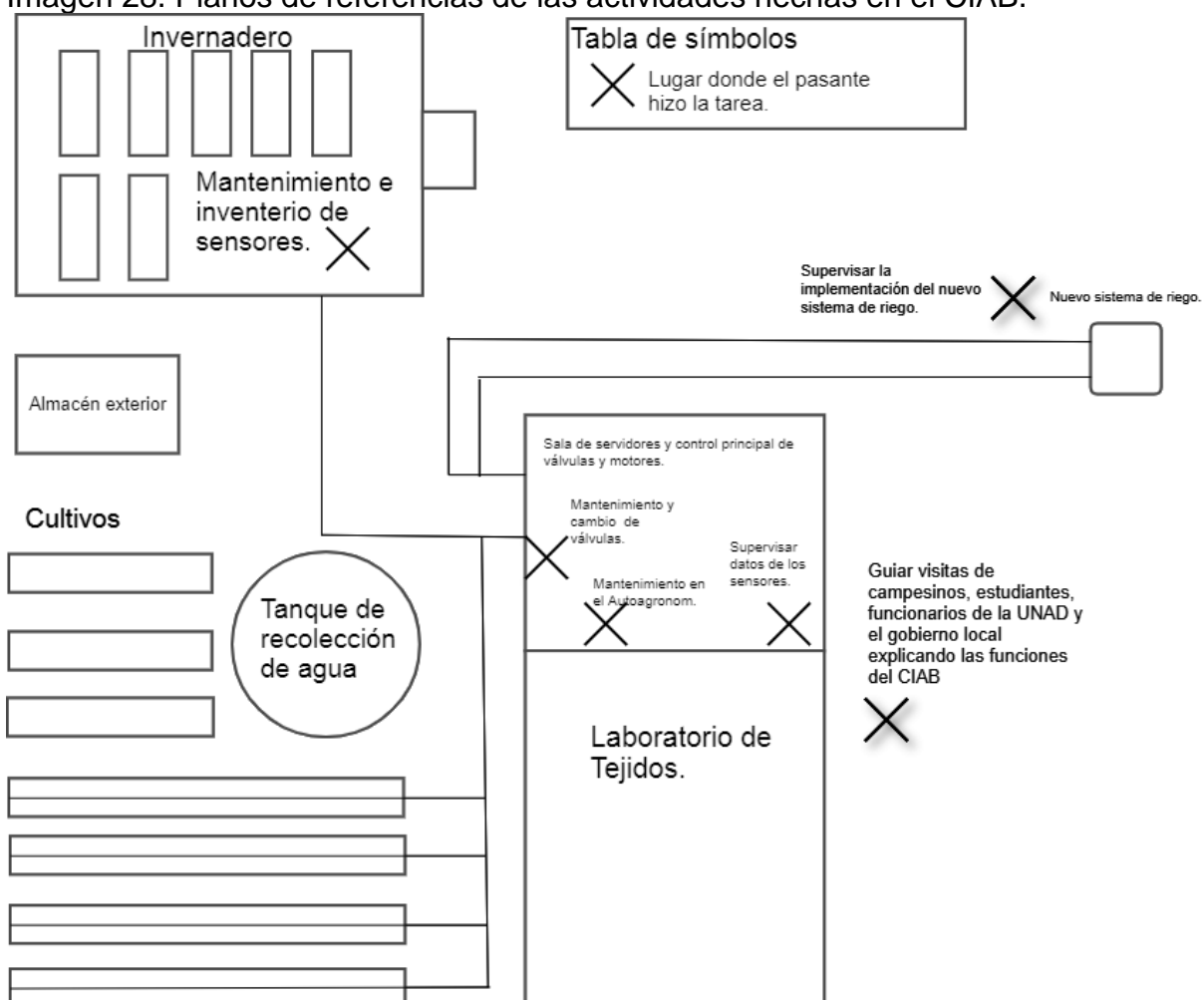
En resumen, lo que se intenta decir y por la experiencia adquirida a lo largo de esta pasantía es lo importante, y necesario que se ve una colaboración entre escuelas para sacar proyectos cada vez más grandes para ayudar a la comunidad. O crear contenido académico que posicione a la UNAD cada vez más como centro de investigación de nuevos sistemas o protocolos para mejorar los cultivos y las tecnologías que se use para esos propósitos. Por eso se ve como ideal y bastante beneficioso lograr una alianza entre escuelas para incrementar las posibilidades de proyectos más variados e importantes.

OTRAS ACTIVIDADES HECHAS A LO LARGO DE LA PASANTÍA.

El pasante ha tenido como principal objetivo el implantar tecnologías IoT con conexiones entre sensores como dictaba el plan de trabajo. Pero a lo largo del periodo que duro la pasantía se presentaron actividades o tareas que se necesitaba al estudiante como ayudante o soporte para culminar dicha actividad. Cada una de las acciones que hizo ayudaron o incentivaron para el aprendizaje o mejora de ciertos conocimiento y habilidades las cuales le serán de utilidad para el pasante en su vida profesional.

Para tener una referencia de donde se hicieron cada una de las actividades se usará el plano de la imagen 19 con algunas modificaciones. Y después de explicar cada una de las actividades por medio de una tabla con evidencias de fotografías hechas por el mismo pasante.

Imagen 28. Planos de referencias de las actividades hechas en el CIAB.



Fuente: Propia.

TABLA DE ACTIVIDADES HECHAS DURANTE LA PASANTÍA.

Actividad/ Descripción.	Evidencia
<p>Limpieza, mantenimiento e inventario de los sensores del invernadero: Se examina sensores funcionales del invernadero, así como varios sin conexión para saber el estado actual de sus partes. Aprovechando la oportunidad se crea un inventario exacto de cada sensor que hay en el invernadero, las piezas que tiene y las herramientas que usa para funcionar.</p>	<p>Imagen 29. Sensor de temperatura siendo limpiado.</p>  <p>Fuente propia.</p>
<p>Supervisar la implementación del nuevo sistema de riego: El pasante verifica la correcta conexión entre válvulas automáticas, tubos y el correcto flujo del agua a la hora de poner en funcionamiento el nuevo sistema de riego del CIAB.</p>	<p>Imagen 30. Interconexión del nuevo sistema de riego</p>  <p>Fuente: Propia.</p>
<p>Ayudar al mantenimiento de las válvulas y las motobombas del sistema de riego: Aprovechando el nuevo sistema de riego. Se hace un cambio de válvulas que no funcionan, y se hace mantenimiento a las válvulas funcionales y a las motobombas para permitir un correcto funcionamiento de nuevo sistema.</p>	<p>Imagen 31. Mantenimiento de las motobombas y las válvulas del sistema de riego.</p>  <p>Fuente: Propia.</p>

Mantenimiento del Autoagronom y Profertín: Cada cierto tiempo se tiene que examinar el correcto funcionamiento de este sistema, y con el nuevo sistema que provee el Profertín. Esto se hace para evitar problemas o errores con los datos que suministra estos dispositivos. Así como verificar el correcto funcionamiento de las válvulas automáticas, las conexiones inalámbricas con los sensores. También se aprovecha es para que el pasante aprenda como funciona todo el sistema desde la placa madre que procesa toda la información hasta cómo funciona las conexiones sin el uso de cables que llega directo a las antenas del invernadero.

Imagen 32. Cada del Profertín la cual se conecta al Autoagronom



Fuente: Propia.

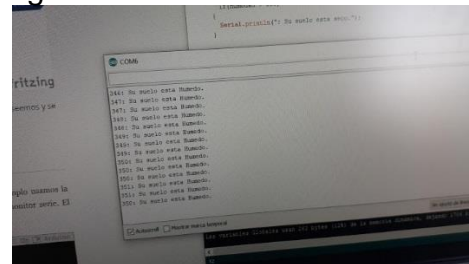
Imagen 33. Conexión inalámbrica del Profertín.



Fuente propia.

Monitorear datos del CIAB: Para mejores referencias y antecedentes para saber cómo configurar el sistema del pasante. Se le coloca la tarea de mirar los datos que llegan al CIAB para comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de sensores y de los gráficos de referencia para las conferencias que se dieron posteriormente.

Imagen 34. Prueba de la correcta configuración de datos.



Fuente: propia.

Guiar visitas y eventos en el CIAB: A lo largo del periodo académico, se dan visitas de campesinos, estudiantes o de funcionarios de la UNAD, o del mismo gobierno. Cada una de las personas que vienen tienen dudas sobre el funcionamiento del CIAB, y cuáles son sus objetivos como centro de investigación y cómo funciona cada una de sus partes. Al principio el pasante fue uno de los visitantes sin mucho conocimiento del lugar, pero con el tiempo aprendió cómo funcionaba todo el CIAB y cumplió varias visitas como guía y expositor de cada una de las partes que conforman este centro. Explicando los avances tecnológicos y mostrando el funcionamiento del prototipo que en aquel momento estaba creando y haciendo las respectivas pruebas.

Imagen 35. Foto de una de las visitas campesinas al CIAB.



Fuente propia

Imagen 36. Visita de la directora de la zona occidente



Fuente: Propia.

Imagen 37. Visita de estudiante y su tutora.



Fuente: Propia.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES												
ACTIVIDAD/SEMANAS	1 y 2	3 y 4	5 y 6	7 y 8	9 y 10	11 y 12	13 y 14	15 y 16	17 y 18	19 y 20	21 y 22	23 y 24
Hacer la revisión del estado de las tecnologías inalámbricas de bajo costo para la aplicabilidad a IoT.	X	X	X	X								
Visitas importantes de: campesinos, tutores, estudiantes directivos, gente del gobierno nacional o regional.	X	X		X		X	X	X				
Mantenimiento del Invernadero y sensores.	X	X	X	X								
Implementación del nuevo sistema de riego.					X	X	X	X				
Mantenimiento del sistema Autoagronom.							X	X				
Implementación IoT para la adquisición de datos de uso de algunos sensores de análogos (De humedad, temperatura, PH, EC conductividad y NHO3)			X	X	X	X	X	X	X	X		
Verificar la optimización de la red de comunicaciones con aplicabilidad a IoT.					X	X	X	X				
Implementar el sistema de comunicaciones desarrollado al sistema de control del Invernadero.							X	X	X	X	X	X
Finalización de las actividades del pasante y culminación del informe final.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CONCLUSIONES.

- El Centro de investigación de agricultura y Biotecnología es el lugar ideal para la implementación de prácticas, proyectos aplicados y de investigación para el agro, como también tecnológico e industrial.
- Las tecnologías IoT son ideales para ser implementadas en el área de la agronomía. Reduce costos, gastos de recursos y el personal necesario para el cuidado del cultivo.
- El campesino colombiano ve con buenos ojos los avances tecnológicos para el campo. Pero los costos de su implementación limitan bastante la expansión esta tecnificación del campo.
- Una convergencia entre el área de la agronomía y las ingenieras es algo importante que se debe lograr. Con el uso de sistemas informáticos o de telecomunicaciones, se puede mejorar las técnicas de cultivo, semilleros, fitomejoramiento, sistemas de riego, etc.
- El sistema de sensores que implementó el estudiante reduce bastante en costos a comparación con sistemas robustos que hacen y consiguen los mismos datos.
- La comunicación con las nuevas tecnológicas pueden manejar un alto flujo de pequeños datos. Lo cual traerá una gran mejora con el control y automatización de cultivos con costos cada vez más reducidos.

RECOMENDACIONES.

Recomendación	Descripción
Implementar sensores en el exterior del CIAB.	En el invernadero se logró una buena implementación de la obtención de datos al servidor del CIAB, pero en el exterior no hay sensores. Solo está el sistema de riego automático, pero no se recoge ningún tipo de dato en los cultivos exteriores, así como los proyectos por fuera del invernadero. Si se quieren hacer proyectos con datos más exactos y veraces. O para que los cultivos lleguen a mejores términos. Se necesita un mejor control de los cultivos, y eso solo se logra con más sensores y controladores que automaticen gran parte del cuidado de los cultivos.
Recolectar más número de datos con sensores.	El CIAB tiene un buen servidor, pero no le llega mucho flujo de datos, diferentes del invernadero y el sistema de riego. Se recomienda conectar con sistemas meteorológicos y proyectos externos para comparar datos y pisos térmicos. Así como la implementación de más sensores, como se dice en el anterior punto.
Expandir Instalaciones del CIAB.	El CIAB se presenta como un centro de investigación con varios proyectos por realizar y completar. Por esa misma razón el espacio que tiene el centro se queda pequeño para a la adquisición de nuevos equipos para los proyectos o el laboratorio para el Fito monitoreo e investigación. Así como una zona de almacenamiento para el invernadero y las herramientas que se usan para mantenimiento o para el cultivo.

REFERENCIAS USADAS.

CAMPAÑA BASTIDAS, Sixto, CABRERA MEZA, Harold, CERVELION BASTIDAS, Álvaro y AGUIRRE CABRERA, Adriana Capítulo 1: Las redes de sensores inalámbricas, arquitectura y aplicaciones. Libros Universidad Nacional Abierta Y a Distancia [en línea]. UNAD. (30 de mayo del 2019) [Consultado: 5 de diciembre de 2019]. Disponible en:

<https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/book/article/view/3191>

AAKVAAG, Niels. Y FREY, Jan. Redes de sensores inalámbricos. Revista ABB, 2, 39-42. 2006.

JIMÉNEZ, Javier WMAN y WWAN: qué son estos tipos de redes y en qué se diferencian. [Artículo]. Red zone. (29 de noviembre de 2019). [Consultado: 5 de diciembre de 2019]. Disponible en:

<https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/wman-wwan-diferencias-usos-redes-inalambricas/>

Cisco. Curso Internet de las cosas (IoT) [sitio web]. (2014). [Consultado: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en:

https://www.cisco.com/c/es_pa/solutions/internet-of-things/overview.html

GARCÍA, Zoraida Agricultura, expansión del comercio y equidad de género [en línea]. FAO. (2006). [Consultado: 20 de diciembre de 2019]. Disponible en:

<http://www.fao.org/3/a0493s/a0493s02.htm>

KNIGHTS, Kevin. Placas de Desarrollo – Qué son y por qué las necesitas [en línea]. Roboperks. (27 de septiembre de 2018). [Consultado: 20 de enero de 2020]. Disponible en: <https://www.roboperks.com/language/es/placas-de-desarrollo/>

SHERLIN.XBOT. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR? [sitio web]. (2019). [Consultado: 21 de diciembre de 2019]. Recuperado de:

<https://sherlin.xbot.es/microcontroladores/introduccion-a-los-microcontroladores/que-es-un-microcontrolador>

VALLE HERNÁNDEZ, Luis. NodeMCU tutorial paso a paso desde cero [en línea]. programarfacil. (2017). [Consultado: 28 de enero de 2020]. Disponible en: <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>

Tessel. Tessel 2. [sitio web]. (2019). [Consultado: 28 de enero de 2019].

Disponible en: <https://tessel.io/>

Mikroe. (2019). Microcontroladores PIC – Programación en C con ejemplos [sitio web]. (2019). [Consultado: 28 de enero de 2020]. Disponible

en: <https://www.mikroe.com/ebooks/microcontroladores-pic-programacion-en-c-con-ejemplos/microcontroladores-pic>

Programo Ergo Sum. ¿Qué es Raspberry Pi? [sitio web]. (2019). [Consultado: 5 de febrero de 2019]. Disponible en:

<https://www.programoergosum.com/cursos-online/raspberry-pi/232-curso-de-introduccion-a-raspberry-pi/que-es-raspberry-pi>

Micrium. How to Think about the Internet of Things (IoT) [sitio web]. (2019). [Consultado: 28 de enero de 2019]. Disponible en: <https://www.micrium.com/iot/devices/>

VERMA, Adarsh. How “Fasal” Is Using AI And IoT To Help Farmers Grow More And Grow Better [en línea]. *Fossbytes*. (2018). [Consultado: 10 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://fossbytes.com/fasal-agritech-startup-ai-iot-india/>