

Obtención de Datos Climatológicos Utilizando un Sistema de Comunicación 4G Para el Cultivo de Cacao.

Rafael Olaya, Mauricio Cifuentes y Jorge Aroca.
Corporación Universitaria del Huila, Neiva

Semillero de Investigación
PROCING

GOBERNACIÓN DEL HUILA “HUILA CRECE”
CORPORACIÓN DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL HUILA
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DEL HUILA “CORHUILA”

Sector Agrícola, Ingeniería y Tecnología

Grupo de Investigación

PROCING

Línea de Investigación

Ciencias Agrícolas, Ingenierías y Tecnologías

NEIVA-2022

Tabla de contenido

Introducción	5
Planteamiento del problema	5
Justificación	7
Antecedentes	8
Objetivos	15
General	15
Específicos	15
Fundamento Teórico	16
Enfoque Teórico	16
Metodología	18
Desarrollo metodológico	18
Recopilación y revisión de información	19
Determinación de los parámetros de diseño	19
Diseño del sistema de comunicación	19
Diseño de la Estación Meteorológica	19
Prueba y Ajuste del Prototipo	20
Simulación del Diseño Físico	20
Análisis	20
Documentación	21
Tamaño de muestra	21
Unidad de muestreo o análisis	21
Hipótesis y variables	21
Población-muestra	22

Resultados

22

Diseño de la Estación Meteorológica

22

Instalación del Prototipo de la Estación Meteorológica

28

Conclusiones

30

Discusión

31

Recomendaciones

34

Referencias Bibliográficas

35



Lista de Ilustraciones y Tablas

Ilustración 1. Estación Meteorológica Davis Vantage Vue.	9
Ilustración 2. Davis Vantage Pro 2	11
Ilustración 3. Oregon Scientific WMR300	13
Ilustración 4. Toma de Variables Meteorológicas de la Estación Oregon Scientific WME-300	14
Ilustración 5. Prueba del Funcionamiento de la Estación Meteorológica (Laboratorio de Mecatrónica-Corhuila-Prado Alto).	20
Ilustración 6. Ubicación de la Finca Buena vista en el Municipio de La Plata del Departamento del Huila (Foto desde google maps).	22
Ilustración 7. Estación Meteorológica totalmente conectada circuitos de conexión de sensores y módulo de comunicación UC20(Ensamble en el laboratorio de ingeniería Mecatrónica “Corhuila-Prado Alto”).	23
Ilustración 8. Placa de circuitos integrados, módulo de comunicación U20, Arduino nano, pantalla OLED (Prueba de la funcionalidad de los sensores).	25
Ilustración 9. Conexión de cable de sensores para prueba de flujo de corriente y evitar daños en módulo de comunicación UC20.	26
Ilustración 10. Placa de circuitos, Módulo de comunicación UC20, Arduino nano, Sensor de Temperatura DHT11, Sensor de Presión atmosférica BMP180.	27
Ilustración 11. Circuito de la Estación meteorológica conectada en perfecto funcionamiento ubicada en caja plástica, ubicada en la parte inferior de la estructura de la estación.	28
Ilustración 12. Instalación de la Estación Meteorológica en la Finca Buena Vista (La Plata-Huila).	30
Tabla 1. Variables climatológicas en La Plata - Huila (17-09-2022)	32
Tabla 2. Variables climatológicas en La Plata - Huila (18-09-2022)	33
Tabla 3. Variables climatológicas en La Plata - Huila (17-09-2022)	33
Tabla 4. Variables climatológicas en La Plata - Huila (18-09-2022)	34

Introducción

Planteamiento del problema

Uno de los problemas que más afecta las pérdidas del cultivo de cacao: sequía, inundaciones, plagas, enfermedades y otros. Estas causas fueron categorizadas por la Federación Nacional de cacaoteros en el Huila. Riesgos que ocasionaron pérdidas de 289.795 hectáreas, al año 2020, según la Federación Nacional de Cafeteros, 2020. En la zona norte cerca de 1 mil 500 hectáreas se ven afectadas por las ráfagas de calor y la sequía de fuentes hidrográficas. En esta región existen grandes cultivos de cacao que generan por hectárea entre 800 a 1000 kilos del grano, según (Moreno, 2021).

Esto conduce inevitablemente a dos grandes consecuencias. Algunos autores afirman que el principal motivo del progresivo agotamiento de los recursos naturales es su sobreexplotación como en (Susmitha & Bala, 2014) y (Savić & Radonjić, 2016). Otra posible causa son las emisiones descontroladas de gases de efecto invernadero, principalmente CO₂ y CH₄, asociadas a la combustión de combustibles fósiles hasta alcanzar una concentración atmosférica de 413 ppm, que provoca un aumento promedio de 1 °C en la temperatura del planeta y que son precursores del cambio climático según (Kusriyanto & Putra, 2018) y (Munandar, y otros, 2017).

En consecuencia, parece inexorable que las civilizaciones desarrolladas deban iniciar una transición hacia modelos de crecimiento basados en el desarrollo sostenible y duradero sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras, basados en la eficiencia energética y el uso de energías renovables. Todo ello en el contexto

tecnológico, donde aparecen nuevos agentes que modelan las próximas décadas del escenario energético mundial: generación distribuida, edificios inteligentes, edificios de consumo casi nulo o procesamiento masivo de datos ambientales, según (Benghanem, 2017), también lo afirman (Ashraf, Loftis, & Hubbard, 2017) y (U.S Patente nº 29/129,270, 2021).

Para escalar adecuadamente las instalaciones basadas en energías renovables es necesario contar con los sistemas más confiables que recopilan y procesan datos ambientales que se puedan ajustar a cualquier proyecto, como lo dice y sus compañeros (PIÑERES-ESPITIA, CAMA-PINTO, Morrón, ESTEVEZ, & CAMA-PINTO, 2017). Hasta el momento, el dimensionamiento de las instalaciones y sus modelos se ha basado en bases de datos tabulares, medidas tomadas indirectas o interpoladas y gráficos aproximados que modelan el comportamiento meteorológico de una determinada región, que son válidos, pero hay margen de mejora para utilizar ad hoc valores, según (Mestre, y otros, 2015) y como lo afirman (Morón, Díaz, Ferrández, & Saiz, 2018).

Diferentes autores han intentado mejorar la captura y tratamiento de magnitudes meteorológicas para su uso en la industria, utilizando software con mayor capacidad de procesamiento de datos o mediante nuevos sistemas capaces de medir variables ambientales, como lo menciona (Elliott, Stone, & Harp, 1994). Entre todas las posibles variables, las siguientes son especialmente relevantes para su uso en un contexto de energía renovable: irradiación solar, posicionamiento geomagnético, velocidad del viento, temperatura ambiente, humedad relativa del aire, calidad del aire, presión barométrica, lluvia y granizo, según (Parvez, y otros, 2016)

Las mediciones climáticas que utilizan sistemas de monitoreo tradicionales requieren mano de obra calificada y mantenimiento regular del equipo. Por esta razón, algunos autores han intentado diseñar e implementar estaciones meteorológicas inalámbricas de bajo costo equipadas con diferentes tipos de sensores que permitan establecer una comunicación fluida que registre y cargue datos de manera inmediata a un servidor para su procesamiento y realizar su visualización, según (Bourbia & Boucheriba, 2010) y según (U.S Patente nº 29/254,038, 2006).

Si bien es cierto que todos los sistemas de registro de datos están condicionados por la sensibilidad de los equipos de medición, algunos autores han propuesto el uso de sistemas basados en una lógica de control difusa que permita la adaptación a las condiciones ambientales y establezca modelos funcionales de los dispositivos que inciden en sus índices de medición, según (Shaout, Li, Zhou, & Awad, 2015).

Las variables meteorológicas y climatológicas que son utilizadas en los cultivos de cacao son: precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, evapotranspiración de referencia (ET_o) y balance hídrico atmosférico (BHA), entre otras y de esta manera con estas variables son necesarias para la optimización de los cultivos según (Avila, Rubiano, Quispe Ramos, & López Dueñas, 2021).

¿Será posible construir un sistema de monitoreo climatológico que me permita estimar las variables meteorológicas para el mejoramiento del cultivo de cacao?

Justificación

El enfoque del proyecto se da a la mejora de la producción y el cultivo a partir de una estación meteorológica que envía información a una plataforma digital en la nube,

aguantar perfectamente frente a otro tipo de estaciones. También con el paso de los años se nota que su deterioro general es menor.

- También tienen la posibilidad de emitir online sus datos, según (Bourbia & Boucheriba, 2010).

Estas son algunas de las estaciones meteorológicas profesionales más comunes en Latinoamérica:

I. Davis Vantage Vue



Ilustración 1. Estación Meteorológica Davis Vantage Vue.

Esta estación meteorológica cuenta con las siguientes características:

- Temperatura exterior:
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ cuando la temperatura es mayor de -7°C .
- $\pm 1^{\circ}\text{C}$ cuando la temperatura está por debajo de -7°C .

- Desviación por radiación solar de protección pasiva: 2°C al mediodía solar si la radiación solar es 1040 W/m^2 y la velocidad media del viento es aproximadamente de 1 m/s .
- Temperatura interior: $\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Humedad exterior: $\pm 3\%$ (De 0 a 90% humedad relativa) y $\pm 4\%$ (de 90 to 100% humedad relativa). Coeficiente de temperatura: 0.05% por $^{\circ}\text{C}$, referencia 20°C .
- Humedad interior: $\pm 3\%$ (De 0 a 90% humedad relativa) y $\pm 4\%$ (de 90 to 100% humedad relativa).
- Punto de rocío: $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$.
- Presión barométrica: $\pm 0.03''\text{ Hg}$, $\pm 0.8\text{ mm Hg}$, $\pm 1.0\text{ hPa/mb}$. Ecuaciones de reducción del nivel del mar utilizadas: sistema de NOAA.
- Índice de calor: $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$.
- Precipitaciones: Entre el 4% y el 1%.
- Velocidad del viento: 2 mph , 2 kts , 3 km/h , 1 m/s o $\pm 5\%$.
- Sensación térmica: $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

II. Davis Vantage Pro2



Ilustración 2. Davis Vantage Pro 2

Las características principales de esta estación son:

- Tecnología radio de espectro ensanchado por salto en frecuencia para una transmisión de datos fiable desde el conjunto integrado de sensores hasta la consola.
- Conjunto de sensores exteriores resistente a la corrosión y a todas las condiciones meteorológicas.
- Protector solar que protege los sensores de la radiación solar y de otras fuentes de calor irradiado y reflejado.
- Panel solar para alimentar el conjunto de sensores durante el día. Un súper condensador integrado proporciona energía por la noche y una pila de litio sirve de respaldo en caso de necesidad.
- Pantalla LCD de gran tamaño para facilitar la lectura y con retroiluminación, 9 x 15 cm (3-1/2" x 6").

- Teclado cómodo con iluminación nocturna para poder acceder a la información meteorológica en cualquier momento del día y de la noche. Botones curvados para un tacto más agradable en la pulsación.
- Más de 80 gráficos en pantalla para comparar el tiempo actual y pasado.
- Más de 100 mensajes diferentes con detalles adicionales sobre el pronóstico y las condiciones actuales.
- Más de 70 alarmas simultáneas para alertar de peligros tales como vientos fuertes, temperaturas bajo cero, lluvias intensas e inundaciones, entre otros.
- Los componentes electrónicos ubicados en el conjunto integrado de sensores están sellados para una total protección contra los elementos.
- Supera los tests de corrosión cíclica, simulando el desgaste en entornos marinos severos.
- Software WeatherLink™ opcional para un análisis del tiempo y almacenamiento de datos más exhaustivo. Versiones para PC, Mac e Internet.
- Incluye material para montaje y manual de instrucciones.

III. Oregon Scientific WMR300



Ilustración 3. Oregon Scientific WMR300

Esta estación meteorológica cuenta con las siguientes características:

- Estación meteorológica con reloj radio controlado con calendario.
- Medición de la temperatura interior y exterior, nivel de humedad, presión barométrica, dirección y velocidad del viento, fase lunar y precipitaciones.
- Gran pantalla LCD con retroiluminación táctil que muestra 24 meses de datos.
- Software para PC incluido y la conexión USB para registrar los datos.
- Incluye: Sensor de viento integrado WGR-300, sensor de lluvia PCR-300, sensor externo termohigrómetro THGN-300.

Presión barométrica		Lluvia	
Baja	21,25 pulg.	Precisión de resolución de pantalla	0 "
Alta	Hg / 540 hPa 43,31 pulg. Hg / 1,100	alta baja +/-	393,6"
Resolución de pantalla	hPa 0,01 pulg. Hg / 0,1 hPa		0,01 " / 0,254 mm
Intervalo de actualización	15 min.		5% / 0,01 pulgadas
Precisión +/-	1mb / hPa entre 677-1016hPa		
	-999 pies		
Elevación Baja	14.993 pies		
Elevación Alta			
Humedad exterior		Humedad interior	
Precisión de resolución de pantalla	0%	Precisión de resolución de pantalla	0%
alta baja +/-	99%	alta baja +/-	99%
	1%		1%
	3%		3% a 25 ° C
Temperatura exterior		Temperatura interior	
Precisión de resolución de pantalla	-40 ° F / -40 ° C	Precisión de resolución de pantalla	32 ° F / 0 ° C
alta baja +/-	150 ° F / 65 ° C	alta baja +/-	140 ° F / 60 ° C
	0.2 ° F / 0.1 ° C		0.1 ° F / 0.1 ° C
	1 ° F / 0.5 ° C		1 ° F / 0.5 ° C
Velocidad del viento		Dirección del viento	
Precisión de resolución de pantalla	0 m / s		1 °
alta baja +/-	80 m / s	Precisión de resolución de pantalla	3 °
	0,1 mph / 0,1 nudos / 0,1 m / s	+/-	
	+/- 0,9 m / s (menos de 18 m / s)		
	+/- 5% (más de 18 m / s)		

Ilustración 4. Toma de Variables Meteorológicas de la Estación Oregon Scientific WME-300



Objetivos

General

Implementar un prototipo de obtención de datos climatológicos para el registro de datos y la toma de decisiones en el cultivo de cacao en la finca buena vista (La Plata-Huila).

Específicos

- Diseñar un prototipo de obtención de datos climatológicos de menor costo, para una mayor adquisición del prototipo en el sector cacao cultor e implementando sensores de menor costo.
- Realizar el enlace entre el módulo de comunicación y la plataforma virtual para la visualización remota de los datos en tiempo real.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo para determinar su correcta actividad en el campo realizando pruebas de envío de datos en tiempo real.

Fundamento Teórico

Enfoque Teórico

A continuación, se describen la situación actual en el área de investigación en el desarrollo de estaciones meteorológicas para el cacao:

El cacao es el ingrediente de muchos productos en el mercado y principalmente del chocolate que ocupa un lugar muy importante en la cocina de cada uno de los colombianos, este siempre ha sido valorado como un ingrediente de lujo por su producción escasa y su elevada demanda. Hoy en día es considerado el producto de lujo más alcanzable para su consumo, según (Evans, 2021). Además, ha sido la alternativa de más de 100.000 familias productoras de coca, debido que el cultivo de esta no es legal en los territorios colombianos y el cacao les brinda un menor esfuerzo con unas ganancias muy cercanas a los cultivos de coca, según (Evans, 2021).

En el año 2018, la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Económico en Colombia, debatió la situación del cacao en Colombia en aspectos como la competitividad, la comercialización y el acceso de este a varios mercados donde se contó con la participación de entidades del sector privado y algunas del sector público con el objetivo de plantear soluciones a los problemas identificados por los cacaoteros, según Valencia, 2018. de lo anterior, algunos autores afirman algunos problemas como la sobreexplotación de los recursos y las emisiones de gases de efecto invernadero las cuales son precursores del cambio climático.

En base a lo anterior se busca implementar estaciones de monitoreo de las diferentes variables meteorológicas. Las variables comunes que podemos encontrar

censadas en las estaciones son la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento, la dirección del viento, la cantidad de precipitación y la luminosidad. También, podemos encontrar el uso de energías renovables, más comúnmente la energía solar, para hacer un producto auto sustentable junto con una estructura diseñada para aguantar cualquier inclemencia meteorológica, porque esta tendrá que estar expuesta a la lluvia, al sol, a las altas temperaturas, a las bajas temperaturas, al viento, entre otros según (Zuluaga Hoyos, 2021).

Las estaciones que se pueden encontrar en el mercado tienen un alto costo, por lo que cada vez son más los proyectos que se realizan para desarrollar estaciones meteorológicas de bajo costo para una mayor accesibilidad de los campesinos a este. Un ejemplo de esto es un proyecto que se llevó a cabo con el SENA y la universidad EAFIT en el cual buscaban almacenar información sobre la calidad de los cultivos de cacao con bajos costos. Se construyeron 100 estaciones disponibles que fueron ubicadas en todo el departamento de Antioquia para registrar el impacto de las variables meteorológicas en los cultivos de cacao. Con la recolección de los datos, se puede hacer un análisis y desarrollar soluciones para mejorar la calidad de producción teniendo en cuenta que Colombia es considerada una joya del cacao según (Zuluaga Hoyos, 2021).

La información meteorológica es esencial para la toma de decisiones diarias en la agricultura. Algunas preguntas que permiten la creación de alternativas como la estación meteorológica son: ¿cuál es el momento adecuado para aplicar pesticidas, cuando fertilizar y cuando regar? Es importante responder a estas con información precisa y en

tiempo real. Muchos de los campesinos siguen usando la predicción meteorológica tradicional, la cual no tiene desventajas importantes. Los modelos meteorológicos tradicionales cuentan con una resolución de 80X80km donde dentro de esta área se considera solo un punto de datos y toda la información se promedia, ahora bien, si la información de hoy es errónea, la información de mañana también lo será, entonces se propone una solución para el agricultor cacaotero de tener su propia estación meteorológica que le permite tener un monitoreo de las variables climáticas más preciso, en tiempo real y a largas distancias, según (Tobajas García, 2016).



Metodología

Desarrollo

metodológico

Se desarrolló una metodología de investigación descriptiva donde el investigador realiza un diseño a partir de las necesidades suministradas por el usuario final, sin

modificar el entorno ni el fenómeno donde se recoge la información ya sea para entregarla en forma de tríptico, gráfica o tabla.

I. Recopilación y revisión de información

Con esto se busca la identificación y delimitación del problema. Se indaga en las bases de datos para poder realizar un diseño industrial basado en las necesidades del usuario, consulta a diferentes bases de datos científicas existentes como son: Elsevier, Sciencedirect, IEEE Xplore, entre otras.

II. Determinación de los parámetros de diseño

De acuerdo con la información encontrada sobre el diseño de estaciones meteorológicas, se determinaron los parámetros de diseño y los sensores más apropiados para el monitoreo de las variables a medir. Esta fase del proceso se realizó con cierta anticipación, para asegurarse de que los instrumentos fueran los adecuados para obtener la información deseada.

III. Diseño del sistema de comunicación

De acuerdo a lo mencionado en el título del proyecto se desarrolló el sistema de comunicación para antenas de comunicación 4G, debido a que las presentes en estos momentos operan con antenas de comunicación 2G, en su mayoría.

IV. Diseño de la Estación Meteorológica

Se realizó el diseño de la estación meteorológica de bajo coste según los parámetros adecuados para cumplir los estándares necesarios.

V. Prueba y Ajuste del Prototipo

Con debido diseño de la estación meteorológica, se realizaron pruebas donde se observó que el sistema y el prototipo no requirieron ningún ajuste ni cambio.

VI. Simulación del Diseño Físico

En este momento del proyecto, se realizó la simulación de la estación meteorológica para poder validar el correcto comportamiento de la misma.

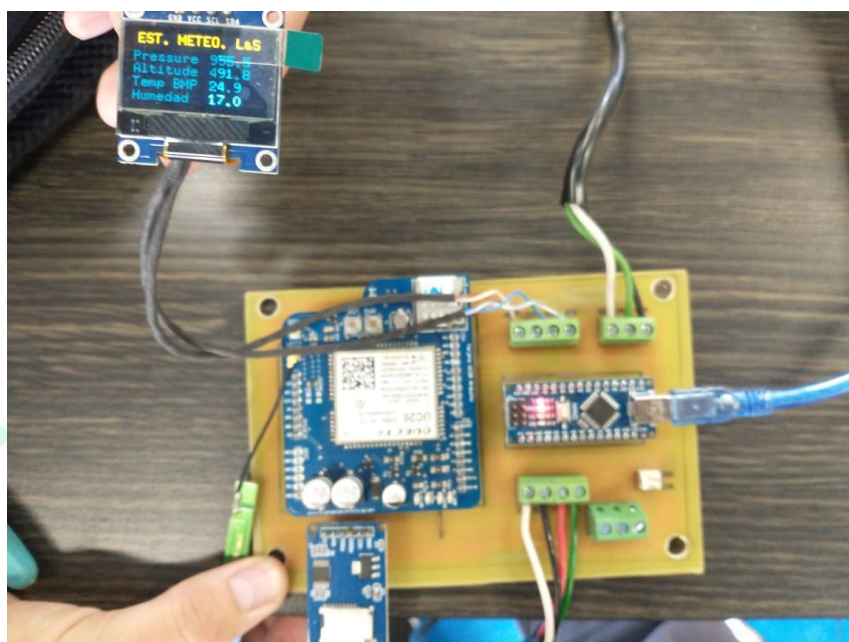


Ilustración 5. Prueba del Funcionamiento de la Estación Meteorológica (Laboratorio de Mecatrónica-Corhuila-Prado Alto).

VII. Análisis

Una vez que los datos fueron catalogados, fué el momento de su interpretación y análisis con referencia a la eficiencia presentada por la máquina. El análisis no estableció relaciones causales, puesto que la naturaleza del método no lo permite.

VIII. Documentación

En este punto del proceso, se sugirieron los siguientes pasos de la investigación respecto al diseño de la estación meteorológica. Con la información recabada, es normal que surjan nuevas preguntas y es aquí donde se propuso la indagación en esas cuestiones.

a) Tamaño de muestra

Variables Meteorológicas en el municipio de La Plata, Vereda La morena, Finca Buena vista.

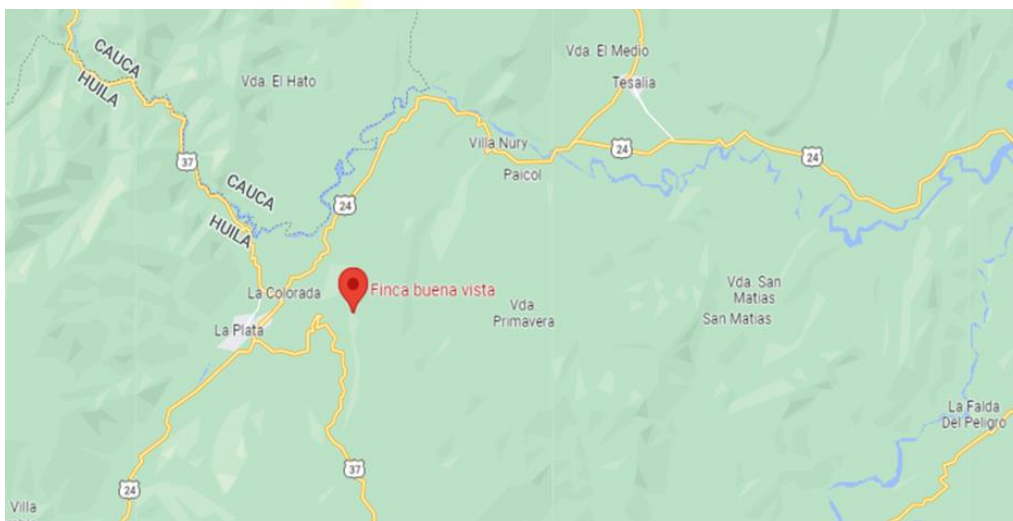


Ilustración 6. Ubicación de la Finca Buena vista en el Municipio de La Plata del Departamento del Huila (Foto desde google maps).

b) Unidad de muestreo o análisis

Variables climatológicas de la página web Weather Spark.

c) Hipótesis y variables

- Diseño de una estación meteorológica de bajo costo.

- Cumplimiento de variables climatológicas a una estación meteorológica profesional.
- Variables: Cualitativa nominal.

d) Población-muestra

El muestreo de las variables meteorológicas en el municipio de La Plata en el departamento del Huila.

Resultados

Diseño de la Estación Meteorológica



Ilustración 7. Estación Meteorológica totalmente conectada a circuitos de conexión de sensores y módulo de comunicación UC20(Ensamble en el laboratorio de ingeniería Mecatrónica “Corhuila-Prado Alto”).

Finalmente, la elaboración de la Estación de Meteorológica, fué con la construcción de

una estructura de 3 metros de alto elaborada en acero inoxidable para darle mayor durabilidad a la estructura y pueda estar en cualquier zona y no tenga inconvenientes con las situaciones climatológicas que se presente, en la parte superior tendrá una forma de T que todo esto sirva también como pararrayos y en la figura 7 se observa cómo queda el prototipo de la Estación Meteorológica.

Las medidas para definir la altura de la estructura y las dimensiones de las cajas donde van ubicadas las baterías y el circuito de control, se tomaron de referencias diferentes Estaciones Meteorológicas profesionales y se elaboró una que diferente y que tuviera en cuenta las necesidades de las personas, para nuestro caso las personas que se dedican al cultivo de Cacao.

La fuente de alimentación fueron 2 baterías de 12V con un regulador de voltaje de 12V a 5V, este le permitió pasar la corriente que necesite el sistema para funcionar, de igual manera tuvo un panel solar que le permitió realizar el almacenamiento de energía solar para que esta llegue a las baterías y de allí a los circuitos; para realizar la comunicación y el envío de nuestros datos se utilizó un módulo de comunicación denominado UC20, el cual permite trabajar en diferentes señales de telefonía como Claro, Movistar, Tigo, todo esto es permitido debido a que para realizar el enlace de la comunicación se requiere red de comunicación 3G, 3.5 G, 4G y 5G, donde finalmente se escoge este módulo de comunicación, porque la situación que se presenta en Colombia la red 2G ya es obsoleta y en su gran mayoría las estaciones que funcionan con módulos de comunicación utilizan la red 2G, entonces este módulo UC20 nos permite realizar estar a la vanguardia y darle una evolución a la elaboración de estaciones meteorológicas en el país. Los sensores que nos permitió la toma de variables climáticas

se denominan de la manera siguiente: sensor de temperatura DTH11 permite adquirir la señal de temperatura y humedad relativa donde se dió en unidad de medida de grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$), sensor de presión atmosférica BMP180 permite tomar la señal presión atmosférica del lugar, su unidad de medida es pascales (Pa), sensor de lluvia FC37 el cual permite determinar la presencia de lluvia como por ejemplo, si hay lluvia moderada, lluvia intensa o no hay presencia de lluvia, el funcionamiento de el es mediante una placa la cual adquiere una señal dependiendo la intensidad con la que cae el agua sobre ella, queda aclarar que dicho sensor tiene un modulador que lo hace más sensible o más fuerte al momento de adquirir la señal; también cuenta con pantalla Oled 128x64 I2c Arduino la cual permitió la visualización de los datos que fueron arrojados por los sensores, para tal caso en la ilustración 8 se puede observar los datos obtenidos.

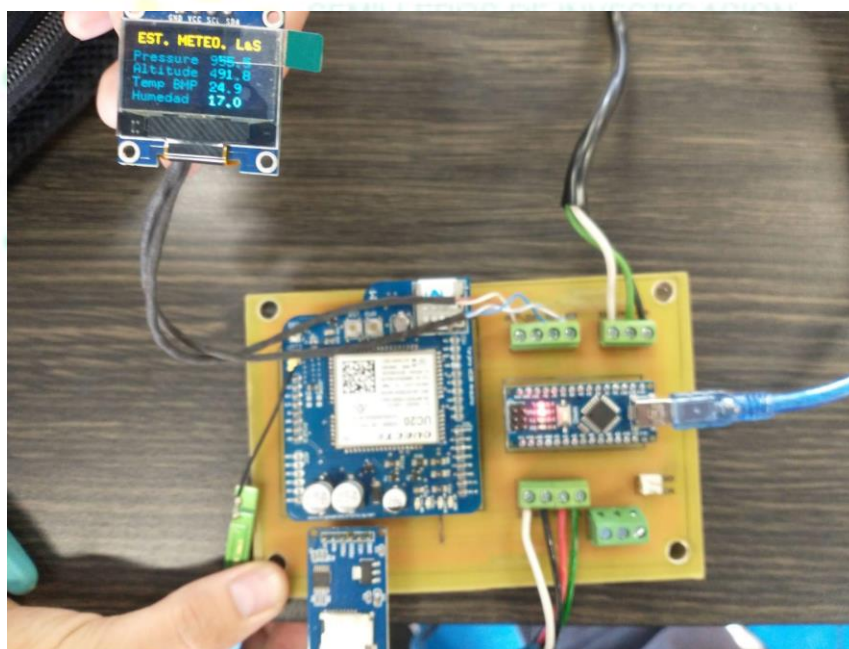


Ilustración 8. Placa de circuitos integrados, módulo de comunicación U20, Arduino nano, pantalla OLED (Prueba de la funcionalidad de los sensores).

El prototipo de la Estación meteorológica de apoyo para el sector cacaotero tuvo un funcionamiento de voltaje a 5V con 3 A, en la ilustración 8 se puede observar que

para realizar una prueba de funcionamiento, se conectaron sensores y se realizó la alimentación del voltaje para comprobar el correcto funcionamiento de los sensores y el Arduino Nano. Para el módulo de comunicación UC20, se debe corroborar que está conectado a nuestro servidor para una correcta comunicación. Por otro lado, se debe de estar seguro que tanto la corriente como el voltaje es el indicado para no correr el riesgo de dañar el módulo.

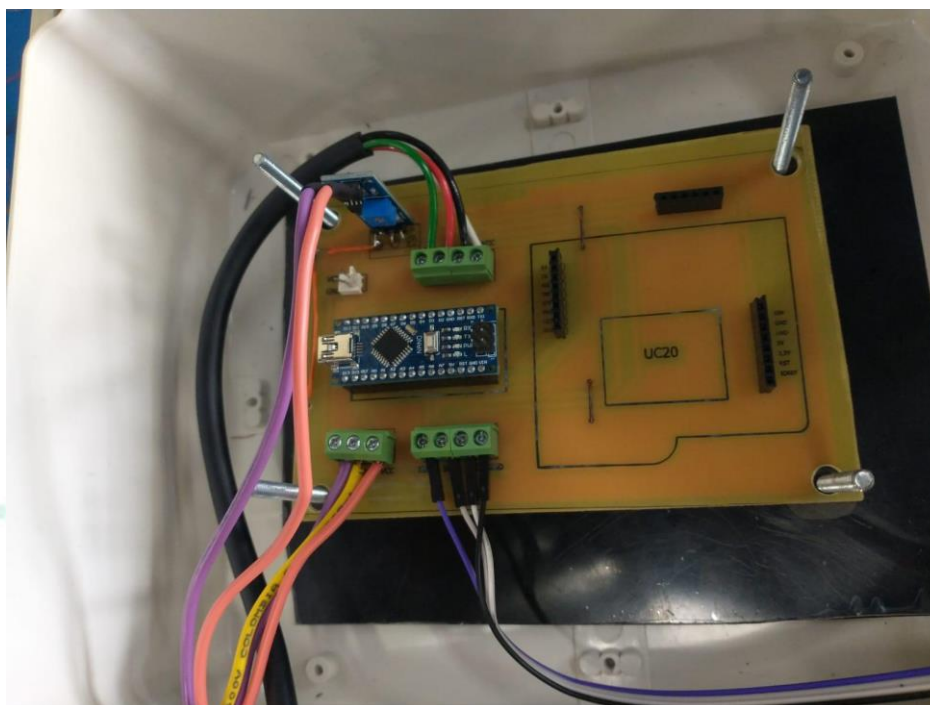


Ilustración 9. Conexión de cable de sensores para prueba de flujo de corriente y evitar daños en módulo de comunicación UC20.

En la ilustración 10, se puede contemplar la prueba de los sensores donde se permitió calibrar los sensores para que realizar las pruebas de todo el sistema antes de ser puesto en marcha en la zona escogida para realizar el estudio climatológico, de igual manera se escogió un microcontrolador Arduino de referencia nano debido a que inicialmente se escogió el Arduino Mega, pero después en pruebas, se definió que el Arduino nano cumplía con nuestras expectativas y también daba el rendimiento

necesario para el funcionamiento de nuestro prototipo, de igual manera para hacer la conexión con nuestro módulo UC20, este era compatible. De este modo, se escogió el Arduino nano debido a que al momento de realizar el esquema de control necesitábamos que fuese capaz de trabajar y realizar el control de la forma correcta, pero que también no ocupara tanto espacio en la estructura, quede de una forma ordenada y no tenga problemas al momento de ubicarla.

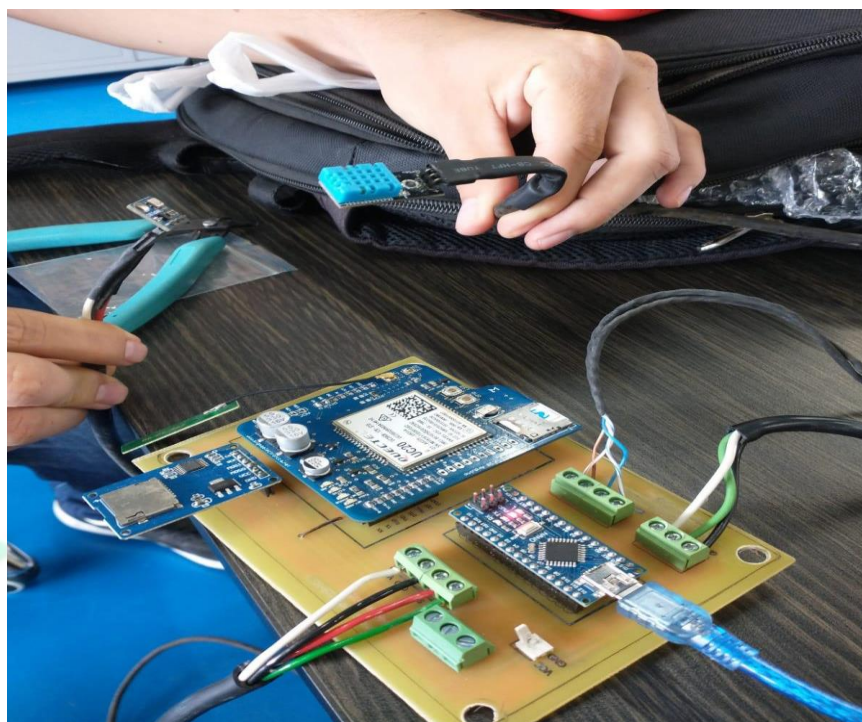


Ilustración 10. Placa de circuitos, Módulo de comunicación UC20, Arduino nano, Sensor de Temperatura DHT11, Sensor de Presión atmosférica BMP180.

En la ilustración 11, se logra observar que el funcionamiento de todo el prototipo con todos los sensores anteriormente mencionados y las conexiones eléctricas que se especifica anteriormente, consiguiendo así que se logra con el desarrollo del prototipo con el fin de brindarle ayuda al sector de Cacaoteros del Colombia y para ser exactos en la región del Huila, donde las personas que se dedican al cultivo de cacao tengan mayor probabilidad de tener un buen cultivo y un buen producto que ofrecer en el mercado, es

por eso que nace la idea del diseño de una Estación Meteorológica que de apoyo al sector Cacaotero del Huila.

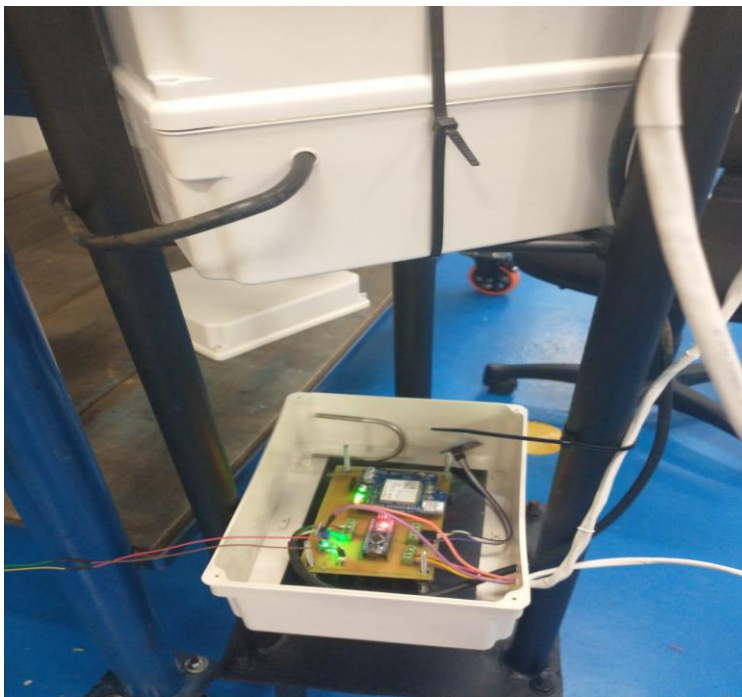


Ilustración 11. Circuito de la Estación meteorológica conectada en perfecto funcionamiento ubicado en caja plástica, ubicada en la parte inferior de la estructura de la estación.

Instalación del Prototipo de la Estación Meteorológica

En la ilustración 12, se puede observar la instalación del Prototipo de la Estación Meteorológica, la cual se realizó la toma de variables climatológicas, logrando así el prototipo final que obtuvo la validación y el correcto funcionamiento para apoyar o ayudar en la siembra de los cultivos de Cacao, cumpliendo el fin del desarrollo del proyecto, dicha instalación y toma de datos climatológicos se realizó entre los días 17 y 18 de septiembre del año 2022, el lugar donde se realizó fue en el municipio de La Plata del departamento del Huila en la finca Buena Vista, dicho prototipo duro instalado los días mencionados anteriormente debido a que no se recibió información si se debía de dejar el prototipo en el lugar o que procedía a realizarse, por parte de la comunidad recibió buena aceptación puesto que por comentarios realizados por la población que se acercó a observar lo que se estaba realizando, expresaron con palabras “Me muy bien que la Gobernación y Universidades del Huila, les interese hacer inversiones para que nuestros cultivos se puedan atender con tiempo” lo expresó el señor Omar.



Ilustración 12. Instalación de la Estación Meteorológica en la Finca Buena Vista (La Plata-Huila).

Conclusiones

- El objetivo original de la investigación era desarrollar una estación meteorológica de bajo coste con tecnología y sistemas de adquisición de datos a distancia, que le permitiera servir de apoyo al sector Cacaotero del Huila.
- Se utiliza un sistema inalámbrico de adquisición de información fundamentado en tecnología GPRS para la transmisión de información en varios sistemas comerciales no solo para medir y transmitir parámetros meteorológicos, sino también para recopilar información para la toma de decisiones sobre el cultivo de cacao.
- Se comprueba que los módulos de comunicación 2G están obsoletos en el territorio nacional y regional, y para lograr llevar a cabo la ejecución de proyectos es necesario migrar a módulos que funcionen a redes 3G, 3.5G, 4G y 5G.

Discusión

De acuerdo a lo expresado por diferentes autores o investigadores en el desarrollo de Estaciones Meteorológicas y en la comparación de nuestro prototipo con las Estaciones Meteorológicas profesionales, la nuestra trabaja de manera similar a las Estaciones de un presupuesto más elevado, un claro ejemplo es la temperatura que para nuestro caso se decidió por usar un sensor de DTH-11, el cual tiene un comportamiento estable y fijo donde su margen de error es $\pm 2^\circ \text{C}$ y puede medir de 0 a 50°C , lo que para nuestro proyecto y por las condiciones climáticas era ideal para su correcto funcionamiento por eso se decidió usar este sensor y también se escoge porque se puede encontrar de manera más fácil debido a que es más comercial en nuestro mercado regional, en las tablas 1 y 2 se puede observar que las temperaturas no bajaron de 19 y 28°C lo que nos ayudó a tomar la decisión de que habíamos escogido el sensor ideal, recordar que los datos son promedios de temperatura que se presentó en un lapso de 3 horas, donde dichos datos se obtuvieron de la página web Weather Spark (<https://es.weatherspark.com/>), la cual se dedica a obtener datos climatológicos de diferentes zonas del mundo.

Tabla 1.
Variables climatológicas en La Plata - Huila (17-09-2022)

Hora	Temperatura	Humedad
9 am - 12 pm	26°C	19 %
12 pm - 3 pm	28°C	22 %
3 pm - 6 pm	26°C	19 %
6 pm - 9 pm	$22,5^\circ \text{C}$	8 %
9 pm - 12 am	$21,5^\circ \text{C}$	2 %

Nota: Datos obtenidos de Weather Spark (<https://es.weatherspark.com/>)

Tabla 2.
Variables climatológicas en La Plata - Huila (18-09-2022)

Hora	Temperatura	Humedad
12 am - 3 am	20,2 °C	3 %
3 am - 6 am	19,5 °C	9 %
6 am - 9 am	19 °C	11 %
9 am - 12 pm	26 °C	22 %
12 pm - 3 pm	28 °C	11 %
3 pm - 6 pm	26 °C	9 %

Nota: Datos obtenidos de Weather Spark (<https://es.weatherspark.com/>)

De acuerdo a lo anterior y los datos obtenidos, se realiza la comparación de los datos obtenidos para tomar fuerza de nuestros resultados esperados y partiendo de ellos obtener nuestras conclusiones, de igual manera en las tablas 3 y 4, muestra el comportamiento de la temperatura pero esta vez con los datos obtenidos con el desarrollo de nuestro prototipo de la Estación Meteorológica, donde también demuestra que en la toma de variables climáticas, la precisión de la temperatura en la teoría está por encima o por debajo de 2° C de la temperatura real, observando los datos del día 17-9-2022 de la página web Weather Spark en las horas 12 pm a 3 pm, la temperatura estuvo en 28 °C y los datos del día 17-9-2022 de nuestro prototipo en el mismo segmento de horas la temperatura que se registró fue de 27 °C, donde la diferencia es un 1° C.

Tabla 3.
Variables climatológicas en La Plata - Huila (17-09-2022)

Hora	Temperatura	Humedad
9 am - 12 pm	25 °C	71 %

12 pm - 3 pm	27 °C	64 %
3 pm - 6 pm	25 °C	69 %
6 pm - 9 pm	21 °C	62 %
9 pm - 12 am	22 °C	63 %

Nota: Datos obtenidos de la Estación Meteorológica elaborada del proyecto.

Tabla 4.
Variables climatológicas en La Plata - Huila (18-09-2022)

Hora	Temperatura	Humedad
12 am - 3 am	22 °C	63 %
3 am - 6 am	21 °C	69 %
6 am - 9 am	23 °C	71 %
9 am - 12 pm	26 °C	62 %
12 pm - 3 pm	28 °C	61 %
3 pm - 6 pm	26 °C	69 %

Nota: Datos obtenidos de la Estación Meteorológica elaborada del proyecto.

Según la organización de FEDECACAO (FEDECACAO, 2021) en un documento de condiciones ideales para la siembra de Cacao realizado por FINAGRO (FINAGRO, 2021), donde expresa que las temperaturas en los sitios de siembra de Cacao deben de oscilar entre 22° C y 30 ° C, lo que, para el funcionamiento del proyecto, el sensor que utilizamos brinda las condiciones para realizar el registro de los datos. También habló sobre la humedad relativa debe de estar cercana a 80 %, lo que también para dar coherencia en lo expuesto con sensor escogido, podrían apoyar en los cultivos de Cacao.

Recomendaciones

- No definir un grupo interesado para la ejecución del proyecto, si no buscar en qué otros grupos podría ayudar a crecer el proyecto.
- Tener en consideración no sólo las variables climatológicas que los cultivadores de Cacao necesitan, si no entregar más de las que ellos solicitan, debido a que nunca se sabe si alguna variable climática que no está, sea necesaria para tener su cultivo adecuado.
- Utilizar antenas de comunicación o módulo de comunicación un poco más potente, debido a que por las condiciones territoriales la señal en
- En alguna ocasión puede fallar, debido a que el proyecto se realiza en fincas que están en la parte montañosa de la región.
- Seguir apoyando en la elaboración de proyectos que tengan impacto en el sector agricultura de Cacao, debido a que con este proyecto se evidencio que las personas están dispuestas a tecnificar sus cultivos para tener un buen cultivo.

Referencias Bibliográficas

- (L.R), L. R. (22 de Septiembre de 2018). Retos que enfrenta el cultivo de cacao en Colombia de acuerdo a conclusiones del evento de Usaid. *Retos que enfrenta el cultivo de cacao en Colombia de acuerdo a conclusiones del evento de Usaid*, págs. 3-4. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/retos-que-enfrenta-el-cultivo-de-cacao-en-colombia-de-acuerdo-a-conclusiones-del-evento-de-usaid-2774046>
- Ashraf, M., Loftis, J., & Hubbard, K. (2017). Application of geostatistics to evaluate partial weather station networks. *Agricultural and forest meteorology*, 84(3-4), 255-271.
- Avila, E. A., Rubiano, H., Quispe Ramos, P. L., & López Dueñas, B. N. (2021). Innovación tecnológica en cacao Andino Producto 1. Informe que incluya el sistema de información geográfica para dos zonas productoras por país, con identificación de zonas homologas. *Fontagro*, 5-64. Obtenido de https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16109_-_Producto_1.pdf
- Benghanem, M. (2017). A low cost wireless data acquisition system for weather station monitoring. *Science Direct*, 862-872. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/73083845/j.renene.2009.08.02420211018-27479-6q5guz-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663776441&Signature=Xq71dAJefxVg7bcDA9FWmud0ZtsR-6-ARlIKdr-BOPTQYLIXZgB2Jl1cAhlsIHpYUuo~c94Gi2pLATVDMbprb-Vwg1yHk1QHanQVHjBeFINuQDiV4D>
- Bourbia, F., & Boucheriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Science Direct*, 343-347. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/80110923/j.renene.2009.07.01720220203-24474-1a5ey2d-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1663776782&Signature=DmHFQKvLxd4DJoPIBOgwF4tJNbWJq9ITfTDW-U7IHVycK93dUiXRZqfCk9jmX5ElguNsZ4BTmdY7ovX1-tB-yiXMDoYbtaOTgsm~d2uMmDHj3IWjU>
- Deutsche Welle (DW). (14 de Julio de 2021). *Deutsche Welle (DW)*. Obtenido de Deutsche Welle (DW): <https://www.youtube.com/watch?v=OHEoMqAEvMs>

- Elliott, R. L., Stone, F. V., & Harp, S. L. (1994). Configuration decisions for an automated weather station network. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 45-51. doi:10.13031/2013.25826
- Evans, T. (20 de Agosto de 2021). *Cacao, la joya de Colombia: Revista Diners*. Obtenido de Revista Diners: https://revistadiners.com.co/gastronomia/14824_cacao-la-joya-de-colombia
- FEDECACAO. (2021). *Federación Nacional de Cacaoteros*. Obtenido de Federación Nacional de Cacaoteros: <https://www.fedecacao.com.co/>
- FINAGRO. (2021). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural: <https://www.finagro.com.co/>
- Friedrichs, A., & Friedrichs, I. (2021). *U.S Patente nº 29/129,270*.
- Kusriyanto, A., & Putra, A. A. (2018). Wheather Station Design Using IOT Platform Based On Arduino Mega. *In 2018 International Symposium on Electronics and Smart Devices(ISESD). IEEE*, 1-4.
- McCormick, A. (2006). *U.S Patente nº 29/254,038*.
- Mestre, G., Ruano, A., Duarte, H., Silva, S., Khosravani, H., Pesteh, S., . . . Horta, R. (2015). An Intelligent Weather Station. *Sensors*, 15(12), 31005-31022.
- Moreno, L. (28 de 07 de 2021). Altas temperaturas generan pérdidas al gremio cacaotero del Huila. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://caracol.com.co/radio/2022/09/11/regional/1662908824_666454.html
- Morón, C., Diaz, J. P., Ferrández, D., & Saiz, P. (2018). Desing development and implementation of a weather station prototype for renewable energy systems. *MDPI*, 11(9), 2234. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/9/2234/htm>
- Munandar, A., Fakhurroja, H., Rizgyawan, M. I., Pratama, R. P., Wibowo, J. W., & Anto, I. A. (2017). Design of real-time weather monitoring system based on mobile application using automatic weather station. *In 2017 2nd International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT)* (págs. 44-47). Jakarta, Indonesia: IEEE.
- Parvez, S. H., Saha, J. K., Hossain, M. J., Hussain, H., Ghuri, M., Chowdhury, T. A., & Paul, B. (2016). A novel design and implementation of electronic weather station and weather data transmission system using GSM network. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 21-34.

- Perdomo Mosquera, A. F., Barreto Castañeda, J. D., Chavarro Díaz, J. I., Rodríguez Serrezuela, R., & Aroca Trujillo, J. L. (2006). DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A METEOROLOGICAL STATION WITH A WIRELESS DATA ACQUISITION SYSTEM (WDAS). *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 575-584.
- PIÑERES-ESPITIA, G., CAMA-PINTO, A., Morrón, D., ESTEVEZ, F., & CAMA-PINTO, D. (2017). Desing of a low cost weather station for detecting environmental changes. *Espacios*, 39(59), 14.
- Savić, T., & Radonjić, M. (2016). One approach to weather station design based on Raspberry Pi platform. *IEEE*, 623-626.
- Shaout, A., Li, Y., Zhou, M., & Awad, S. (2015). Low cost embedded weather station with intelligent system. In *2014 10th International Computer Enginnering Conference(ICENCO)* (págs. 100-106). Giza, Cairo, Egypt: IEEE.
- Susmitha, P., & Bala, G. S. (2014). Design and implementation of weather monitoring and controlling system. . *International Journal of Computer Applications*, 19-22.
- Tobajas García, A. (2016). Diseño e implementación de una estación meteorológica con Raspberry Pi. *Universidad Oberta de Catalunya*, 10. Obtenido de <https://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/52761/11/atobajasgTFM0616memoria.pdf>.
- Zuluaga Hoyos, C. (24 de Junio de 2021). *SENA*. Obtenido de SENA: <https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=4918>