

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA  
MEDIR VARIABLES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL BIENESTAR DE LA  
COMUNIDAD EDUCATIVA, EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR,  
SECCIONAL AGUACHICA.**

**CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ CARRASCAL  
JAIRO HERNÁNDEZ NÚÑEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
SECCIONAL AGUACHICA, CESAR**

**2024**

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA  
MEDIR VARIABLES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL BIENESTAR DE LA  
COMUNIDAD EDUCATIVA, EN LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR,  
SECCIONAL AGUACHICA.**

**CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ CARRASCAL  
JAIRO HERNÁNDEZ NÚÑEZ**

**Proyecto de grado para optar El Título De Ingeniero De Sistemas, Modalidad  
Presencial.**

**DIRECTOR(A)  
MSC. LUIS OCTAVIO RAMÍREZ ORELLANO  
CODIRECTOR:  
MSC. LUIS MANUEL PALMERA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL  
SECCIONAL AGUACHICA, CESAR**

**2024**

**Nota de aceptación**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Luis Octavio Ramírez Orellano  
Director

---

Erney Alberto Ramírez Camargo  
Jurado

---

Didier Guerrero Sumalave  
Jurado

Aguachica, Día \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_

## Tabla de Contenido

1. Problema.....	9
1.1 Planteamiento del problema .....	9
1.1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	14
1.2 JUSTIFICACION.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos .....	17
1.4 DELIMITACION .....	18
1.4.1 Temporal .....	18
1.4.2 Espacial.....	18
1.4.3 Contextual .....	22
2. Marco referencial. ....	25
2.1 Marco histórico .....	25
2.1.1 Nivel Internacional.....	25
2.1.2 Nivel Nacional .....	28
2.1.3 Nivel Regional .....	30
2.2 Marco teórico.....	31
2.2.1 Internet de las Cosas (IoT).....	31
2.2.2 Conectividad.....	34
2.2.3 Sensores .....	36
2.2.4 Tipos de Plataformas de IoT .....	37
2.2.5 Interoperabilidad:.....	39
2.2.6 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API).....	41
2.3 Marco legal .....	43
2.3.1 Ley 23 de 1982: Sobre los derechos de autor.....	43
2.3.2 Ley 115 de 1994, General De La Educación.....	43
2.3.3 Ley 1581 de 2012.....	43
2.3.4 Ley 1549 de 2012.....	44
2.4 Marco conceptual .....	45
3 DISEÑO METODOLÓGICO.....	53
4. Esquema temático .....	61

4.1 Fase I: Especificaciones y Requerimientos: .....	61
4.1.1 Identificación de las variables en el ambiente educativo.....	61
4.1.2 Listado de variables ambientales para el desarrollo de las actividades educativas que se puedan monitorear. ....	62
4.1.3 Análisis de los requisitos funcionales y no funcionales para el desarrollo del sistema.....	63
4.1.4 Identificación y Evaluación de las tecnologías a utilizar .....	65
4.2 Identificación de la arquitectura de la conectividad en la universidad. ....	77
4.2.1 Selección y Uso del Framework de Desarrollo .....	84
5.1.1 Fase 2: Diseño de la arquitectura del sistema .....	86
4.2.3 Diseño esquema Del Sistema.....	89
4.2.4 Diseño del circuito electrónico .....	90
4.2.5 Diseño del esquema navegacional. ....	97
4.2.6 Estructuración de la Base de Datos.....	98
4.2.7 Diseño De La Interfaz De Usuario.....	99
4.3 Fase 3. Construcción, Implementación y Prueba Piloto .....	101
Conclusiones .....	112
Recomendaciones.....	114
Referencias .....	118
8. ANEXOS.....	126

## Lista Figuras

<b>Figura 1.</b> Escala del CO <sup>2</sup> .....	10
<b>Figura 2.</b> Índice de rayo ultravioleta.....	11
<b>Figura 3.</b> Radiación ultravioleta a nivel nacional.....	12
<b>Figura 4.</b> Aulas con alta población de estudiantes.....	13
<b>Figura 5.</b> Aula Informática alta población de estudiantes. ....	14
<b>Figura 6.</b> Mapa de Aguachica-cesar.....	19
<b>Figura 7.</b> Las estructuras de la Universidad Popular del Cesar en Aguachica. ....	23
Figura 8. Arquitectura IoT.....	33
<b>Figura 9.</b> Internet de las cosas (IoT).....	34
<b>Figura 10.</b> Plataformas IoT.....	38
<b>Figura 11.</b> Modelo Publicador/Subscriptor.....	40
<b>Figura 12.</b> Funcionamiento de APIs.....	41
<b>Figura 13.</b> Placa de Arduino.....	46
<b>Figura 14.</b> Compañías de tecnología en la nube.....	47
<b>Figura 15.</b> Plataforma IoT.....	52
<b>Figura 16.</b> Fórmula para tamaño de la muestra.....	54
<b>Figura 17.</b> Puntuación z para determinar el tamaño de la muestra en una población n. .....	55
<b>Figura 18.</b> Captura reporte de los estudiantes del programa AcademuSoft.....	56
<b>Figura 19.</b> Etapa de desarrollo del prototipo.....	59
<b>Figura 20.</b> Fases y Actividades de Desarrollo.....	60
Figura 21. Redes Virtuales Vlans.....	80
Figura 22. Redes separadas sin Vlans.....	80
Figura 23. Redes interconectadas.....	81
Figura 24. Implementación de Vlans en un Solo Switch.....	82
Figura 25. Vlans con enlaces troncales.....	83
<b>Figura 26.</b> Pila FARM.....	84
Figura 27. Arquitectura del Sistema IoT.....	89
Figura 28. Diseño del esquema del sistema.....	89

Figura 29. Diseño de Circuito Electrónico para Medición de Factores Ambientales Interno .....	90
Figura 30. Diseño de Circuito Electrónico para Medición de Factores Ambientales Externo .....	91
Figura 31. Inicio del montaje de componentes .....	92
Figura 32. Montaje de los componentes.....	92
Figura 33. Estructura del Arduino inicial .....	93
Figura 34. Maquetado y prueba del diseño .....	93
Figura 35. Rol Administrador .....	97
Figura 36. Rol Usuario.....	97
Figura 37. Base de datos no relacional .....	98
Figura 38. Tarjeta PCB perforada.....	98
Figura 39. Interfaz de usuario Login .....	99
Figura 40. Registro de usuario .....	100
Figura 41. Puesta en marcha del prototipo.....	101
Figura 42. Puesta en Marcha del Docker .....	102
Figura 43. Configuración de sensores en el salón escogido .....	103
Figura 44. Búsqueda de la temperatura en tiempo real.....	103
Figura 45. Cálculo de temperaturas en tiempo real.....	104
Figura 46. Puesta en marcha de sensores .....	105
Figura 47. Dispositivos registrados.....	106
Figura 48. Registro de estudiantes en la aplicación .....	107
Figura 49. Sensores activos registrados .....	108
Figura 50. Salones disponibles registrados .....	109
Figura 51. Diseño de la vista Historial .....	110
Figura 52. Reporte vía Telegram para Suscriptores.....	111

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Las principales características del protocolo son.</i> .....	35
<b>Tabla 2.</b> <i>Característica de los sensores.</i> .....	36
<b>Tabla 3.</b> Selección de las variables ambientales.....	62
<b>Tabla 4.</b> Listado de variables ambientales. ....	63
<b>Tabla 5.</b> Requisitos Funcionales. ....	63
<b>Tabla 6</b> Requisito No Funcionales. ....	64
<b>Tabla 7.</b> Evaluación sensores de temperatura. ....	66
<b>Tabla 8.</b> Evaluación de sensores UV. ....	67
<b>Tabla 9.</b> Evaluación sensores de concentración de CO <sub>2</sub> . ....	68
<b>Tabla 10.</b> Evaluación de sensores Humedad.....	69
<b>Tabla 11.</b> Evaluación de sensores de calidad de aire. ....	70
<b>Tabla 12.</b> Sensores de Luminosidad.....	71
<b>Tabla 13.</b> Diferentes Dispositivos IoT.....	72
Tabla 14. Familia de los ESP .....	74
Tabla 15. Familia de los arduinos.....	76
Tabla 16. Materiales para la Construcción del prototipo Electrónico. ....	94
Tabla 17. Costo Total del Prototipo de Medición de Variables Ambientales. ....	96

## **1. Problema**

### **1.1 Planteamiento del problema**

La actual normativa mundial de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que la calidad del aire es un factor fundamental para la salud y el bienestar humano. En la actualidad, se ha evidenciado una preocupación global creciente en relación con la calidad del aire en espacios cerrados como hogares, oficinas, lugares públicos e Instituciones. De hecho, diversos estudios han demostrado que la mala calidad del aire en estos espacios puede tener efectos negativos en la salud de las personas, como enfermedades respiratorias, alergias y otros problemas de salud (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Por esta razón, la calidad del aire en las aulas se ha vuelto crucial, con un enfoque especial en la afectación del Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) como se ilustra en la Figura 1. Esto se debe a su potencial impacto en la salud, su influencia en el rendimiento académico de los estudiantes y su efecto en el bienestar de los profesores (Global Climate Change, 2023). El CO<sub>2</sub> es un gas que se produce como resultado de la respiración humana, y su acumulación en espacios cerrados puede tener consecuencias adversas (Instituto Para La Salud Geoambiental, 2022). Estudios recientes han revelado que altos niveles de CO<sub>2</sub> en el aire pueden influir negativamente en la concentración, causar dolores de cabeza y provocar una disminución en el rendimiento cognitivo de los estudiantes (Fischer, 2021). Estos efectos podrían tener un impacto directo en el proceso de aprendizaje en el entorno educativo.

**Figura 1.** Escala del CO<sup>2</sup>.

CO <sub>2</sub> [ppm]	Calidad Aire
2100	<b>Aire interior malo y muy contaminado, ventilación requerida</b>
2000	
1900	
1800	
1700	
1600	
1500	<b>Se recomienda una ventilación de aire interior contaminada mediocre</b>
1400	
1300	
1200	
1100	
1000	<b>Justo</b>
900	<b>Bueno</b>
800	
700	
600	
500	<b>Excelente</b>
400	

Ilustración Escala del CO<sub>2</sub>

Escala de peligro del dióxido de carbono, que se mide en partes por millón

*Nota.* Tomada y modificada de (McHale, 2021)

Agregando a esta problemática, variables como la temperatura y la humedad pueden generar en los estudiantes incomodidad o dificultad para concentrarse. Estas variables aumentan la posibilidad de contraer enfermedades respiratorias como el asma o la sinusitis. La humedad contenida en el aire puede provocar sensación de malestar, escalofríos, cansancio, dificultad al respirar, pies fríos y malos olores (ONSalus, 2017). Por esto es importante mantener un índice específico de temperatura que sea idónea para promover un entorno propicio para el aprendizaje (Educacion 3.0, 2021).

Finalmente, otro factor que podría afectar a la salud en la comunidad educativa, especialmente en nuestra región, está fuertemente relacionado con la excesiva exposición a la radiación ultravioleta (UV) proveniente del Sol. La falta de conciencia y conocimiento acerca de los efectos negativos de los rayos UV puede acarrear consecuencias adversas para la salud en las personas. La exposición prolongada a los rayos UV sin protección adecuada puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades de la piel, tales como quemaduras solares, reacciones fotoalérgicas, efectos oculares

agudos, daño celular, envejecimiento prematuro de la piel y riesgo de padecer cáncer de piel (OMS, 2022).

El cáncer de piel, según La liga colombiana Contra el Cáncer, es el más frecuentes en el país, y su incidencia ha aumentado en las últimas décadas (Liga Cancer Colombiana, 2021). El riesgo de desarrollar cáncer de piel se adquiere principalmente durante la infancia, cuando la exposición a la radiación UV es mayor. Sin embargo, en Colombia, no existe una cultura de protegerse del sol, especialmente durante la infancia, lo que incrementa la susceptibilidad de la población de desarrollar este tipo de cáncer. Por esto, es fundamental acogerse a los estándares que brindan medidas para reducir la exposición a la radiación UV del bienestar y salud establecido por la OMS (Ideam, s.f.). Las recomendaciones que esta nos brindan para lograr cambios de los estilos de vida que frenen la tendencia al aumento continuo de los casos de cáncer de piel se presentan de manera visual en la Figura 2.

**Figura 2.** Índice de rayo ultravioleta.



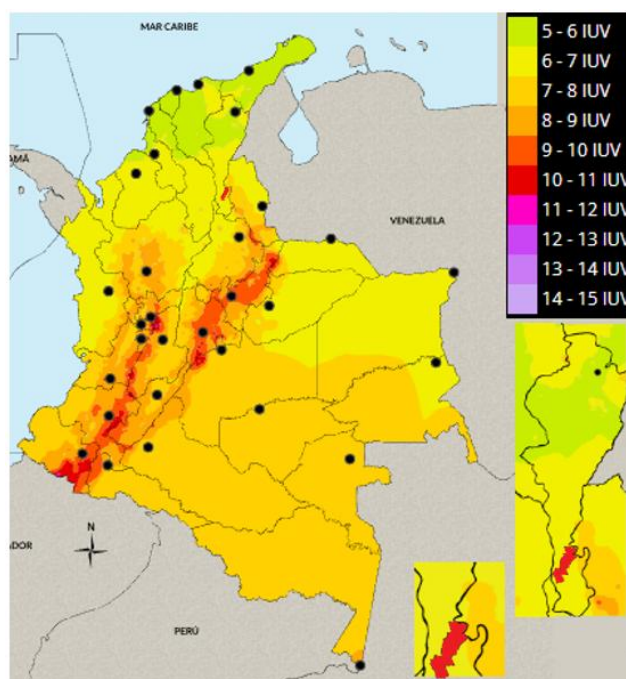
Índices e información de los UV

*Nota.* Tomada de (Ideam, s.f.)

Por otra parte, en la Figura 3 se muestra la ubicación de Aguachica, situada en el departamento del Cesar, se caracteriza por su ubicación geográfica cercana a los trópicos. Esta posición geográfica implica que Aguachica se encuentra en una zona donde la incidencia de radiación solar es más intensa que en otras regiones. La radiación

solar en los trópicos es más directa y potente debido a la inclinación de la Tierra y la proximidad al ecuador. Además, su ubicación en una región de grandes altitudes sobre la cordillera de los Andes también incrementa el riesgo de exposición a la radiación UV.

**Figura 3.** Radiación ultravioleta a nivel nacional.



La figura representa la radiación UV, y un valor el cual en Aguachica alcanza los 7-8 IUV. El polígono en rojo muestra el municipio de Aguachica.

*Nota.* Tomada y modificada de (Atlas Interactivo – IDEAM).

Se realiza un ejercicio de observación directa y corroboramos los datos con registros y control. Durante este proceso, pudimos evidenciar que existe una sobrepoblación en las aulas de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, es un problema recurrente, especialmente durante las horas nocturnas, cuando el flujo de personas es más elevado como se observa en la (Figura 4). Tras conversar con varios docentes, entre ellos el MSc. Darwin Navarro Pino y la Ingeniera ambiental Roció Roperó Pallares, desde sus puntos de vista se confirman que existen afectaciones en el entorno educativo,

especialmente relacionadas con las variables ambientales presentes dentro del aula de clases.

Según lo expresado por el docente algunos síntomas que indican la existencia de un problema relacionado con las condiciones ambientales en las aulas de clases, que él nos platicaba eran: dificultad para concentrarse, somnolencia, dolores de cabeza que provocan una disminución en el rendimiento cognitivo.

Se consulta en la oficina de bienestar universitario y se verifica que la Seccional no cuenta con personal de seguridad y salud en el trabajo que realice labores de prevención y control respecto a las situaciones planteadas anteriormente tanto para el personal docente, administrativo y estudiantes.

**Figura 4.** *Aulas con alta población de estudiantes.*



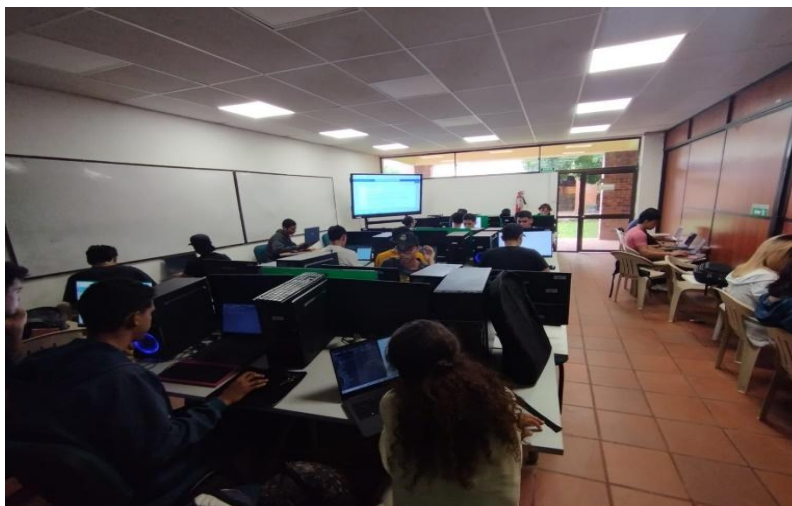
Aula 112 con alta población de estudiantes y potencial de acumulación de CO<sub>2</sub>.

Nota. Los autores

Dentro del mismo recorrido, se logró interactuar con los estudiantes, quienes llamaron nuestra atención al utilizar prendas de abrigo dentro de las aulas como se evidencia en la (Figura 4). Esto nos llevó a identificar un problema significativo: las condiciones térmicas inadecuadas en las aulas de la Seccional. Las temperaturas extremas, ya sea

excesivamente frías o calurosas, generan incomodidad y fatiga en la comunidad educativa. Además, estas condiciones pueden tener repercusiones negativas para la salud, como problemas respiratorios y alergias, representando un riesgo adicional. Además de afectar el bienestar físico, estas condiciones adversas dificultan la concentración de los estudiantes, disminuyendo su capacidad para asimilar la información y participar activamente en las actividades académicas. Por lo tanto, resulta imperativo abordar esta problemática para mejorar el entorno educativo y promover estilos y condiciones saludables que favorezcas los procesos de aprendizaje y enseñanza (Figura 5).

**Figura 5.** *Aula Informática alta población de estudiantes.*



Aula de informática, donde hay una gran cantidad de estudiantes.

Nota. Los autores

### **1.1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA**

Con base en la problemática planteada anteriormente, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el prototipo de IoT con herramientas tecnológicas puede medir las variables ambientales en un aula y contribuir a un entorno educativo más saludable y proporcionar información crucial para el bienestar de los estudiantes en la Universidad Popular Del Cesar, Seccional Aguachica?

## 1.2 JUSTIFICACION

La Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica tiene como proyección hacia el futuro convertirse en una institución de excelencia, inclusiva y transformadora para el año 2025 (Unicesar, 2022). Por lo que es pertinente establecer los objetivos para mejorar las condiciones ambientales en el aula de clases y reducir el consumo de energía de la UPC por medio de las tecnologías de la Internet de las Cosas (IoT). Esto es especialmente importante al tener en cuenta el programa de Ingeniería de Sistemas, para garantizar la ejecución de dicho prototipo, mediante el uso de las mejores herramientas disponibles y tecnologías avanzadas, relevantes y capacitadas.

La tecnología IoT es altamente relevante y popular a nivel global, tiene una gran importancia para el país y en las instituciones debido a sus características particulares que permiten la interconexión entre dispositivos y la comunicación constante entre ellos. Esto puede mejorar la eficiencia, la calidad de los servicios y la toma de decisiones en diversa área, como la salud y la energía. Es una tecnología que puede hacer la vida más práctica y sencilla al crear un entorno conectado y colaborativo (Guzmán C. , 2019). De acuerdo a estas tecnologías emergentes hoy en día, se quiere llevar a cabo un control sobre las variables ambientales en espacios cerrados, ya que se ha convertido en una preocupación creciente tanto a nivel mundial como local. Por lo tanto, la implementación de un prototipo de IoT permitirá el monitoreo y verificación de variables ambientales en las aulas de la universidad, en donde se presenta este sistema como una solución necesaria. La finalidad es proporcionar a la comunidad universitaria una herramienta que les permita verificar las condiciones del aula y los exteriores, con el fin de garantizar un entorno educativo seguro y saludable.

El sistema debe ser diseñado para recolectar datos de variables ambientales en tiempo real, tanto en el interior del aula como en las áreas circundantes, a través de diversos sensores estratégicamente ubicados. Estos sensores capturarán información relevante sobre factores que puedan afectar las condiciones del entorno en el que se encuentre. La recopilación y análisis de estos datos podrá posteriormente ayudar al usuario a

identificar patrones, tendencias y correlaciones entre las variables ambientales, lo que brindará información útil para mejorar las condiciones del entorno educativo. La comunidad universitaria podrá acceder a esta información a través de una interfaz intuitiva donde recibirán notificaciones y recomendaciones en tiempo real.

Además, este sistema IoT ofrecerá información como son acciones o hábitos cotidianos para prevenir daños en la piel si los índices de radiación son altos, o si los niveles de CO<sub>2</sub> son elevados emitirá las notificaciones pertinentes. Esta información permitirá a las personas tomar medidas preventivas y adecuadas, como utilizar protector solar, entre otras con el fin de mejorar las condiciones de la salud.

La implementación de este prototipo de IoT en las aulas de la Universidad Popular del Cesar busca promover el bienestar general de la comunidad educativa. Las personas podrán disfrutar de un buen entorno lo que les permitirá concentrarse mejor, participar de manera más activa y potenciar su rendimiento académico.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo de internet de las cosas (IoT) para medir variables ambientales que afectan el bienestar de la comunidad educativa, caso de estudio Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los requerimientos necesarios para la creación del prototipo, tomando en cuenta las características particulares de la Universidad Popular del Cesar.
- Diseñar el modelo IoT basándonos en el análisis detallado de los requerimientos y las limitaciones tecnológicas identificadas.
- Implementar y realizar prueba piloto en el modelo IoT en las aulas educativas de la Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, de acuerdo con el diseño establecido y utilizando los recursos tecnológicos necesarios, para asegurar su funcionamiento y condiciones en un ambiente real.

## **1.4 DELIMITACION**

### **1.4.1 Temporal**

Esta investigación se desarrollará en un lapso de seis 6 meses a partir de la fecha de aprobación del formato (2).

### **1.4.2 Espacial**

El desarrollo de esta investigación se llevará a cabo particularmente en una de las aulas de la Universidad Popular del Cesar, previamente se realizará un análisis de las condiciones y permisos que brinden la universidad; el cual se encuentra ubicada en la Carrera 40 Vía al mar.

#### **1.4.2.1 Aspectos Geográficos**

De acuerdo a Nuestro municipio, (2023) Aguachica está localizado al sur del departamento del Cesar a 301 Km. de Valledupar. Su cabecera municipal está localizada a los 08° 45'' de latitud norte y 73°37' 37'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich a 190 metros sobre el nivel del mar (msnm); Según las coordenadas X1:1.375.000, X2: 1.430.000; Y1: 1.035.000, Y2: 1.065.000. El municipio se localiza en la zona intertropical ecuatorial, con una extensión total de 876,26 Km<sup>2</sup>, temperatura media de 28°C, y precipitación media anual de 1.835 mm.

#### **Climatología:**

Según expertos en agricultura y medio ambiente, conocer las características climáticas de una región es crucial para identificar épocas de siembra, prever riesgos de inundaciones y deslizamientos, seleccionar las especies agrícolas y forestales adecuadas, y planificar el uso de cuencas hidrográficas. Estos factores incluyen la topografía, temperatura, precipitación, humedad relativa, evaporación, radiación solar y vientos, entre otros.

La subdivisión más sencilla del clima en el municipio son los pisos térmicos cuya distribución es la siguiente: Piso Térmico Cálido, con temperaturas superiores a los

24,0°C y alturas entre 50 y 1000 msnm; Piso Térmico Templado, con variaciones de temperatura entre los 18,0°C – 24,0°C y alturas entre los 1 000 y 2 000 ± 200 msnm; la temperatura promedio anual es de 28°C, el mes de más alta temperatura es julio con valores que alcanzan casi los 40,0°C y el de más baja temperatura es octubre con 22,0°C aproximadamente.

En el municipio se tienen las estaciones meteorológicas de Aguas Claras, Villa de San Andrés, Barranca Lebrija, Loma de Corredor y en sus alrededores las estaciones de Gamarra, Los Ángeles, La Gloria.

**Figura 6.** Mapa de Aguachica-Cesar.



*Nota.* Tomado de (Mapa geográfico del municipio de Aguachica-Cesar), Google Maps, 2022.

### Límites del municipio

Limita al norte: Con los municipios de La Gloria (Cesar) y El Carmen (Norte de Santander), por el Este con el municipio de Río de Oro (Cesar), por el sur con San Martín (Cesar) y Puerto Wilches (Santander), por el Oeste con el municipio de Gamarra (Cesar) y Morales (Bolívar). Extensión total: 876,26 Km<sup>2</sup> Altitud de la cabecera municipal (metros

sobre el nivel del mar): 50 y 200 msnm Temperatura media: 28°C° C Distancia de referencia: Dista de Valledupar, la capital a 301 Km.

#### **1.4.2.2 Acta histórica.**

El actual territorio de Aguachica se empezó a consolidar en los primeros veinte años del siglo XVIII a partir de la hacienda de San Roque de propiedad de Don Antón García de Bonilla, localizada al oriente de la actual vía cuarenta, hacia la planta del acueducto municipal. Por razones asociadas a una los primeros pobladores de este asentamiento debieron trasladarse más abajo, alrededor del actual Parque San Roque.

El primer núcleo poblacional era un incipiente núcleo de habitación en propiedades que hacia 1722 pertenecía a Don Casimiro Ramos de Barahoja, articulado al flujo de mercancías y población de Gamarra a Ocaña. Unas décadas después, el 16 de agosto de 1748, mediante concesión Realenga de los terrenos de Aguachica viejo y San Francisco hecho a favor de Don José Lázaro de Rivera se realizó un acto de fundación o reconocimiento de la parroquia, sus fundaciones o refundaciones fueron confirmadas por la administración del Virrey José Alfonso Pizarro, entre 1749 y 1753. Tanto en la fundación de Aguachica como la de San Francisco, hacia 1753 se inició la construcción de algunas casas.

#### **1.4.2.3 Economía.**

La economía gira alrededor del sector agropecuario, la agroindustria y el comercio, lo cual ha permitido el surgimiento de una serie de servicios de apoyo como los agrotécnicos, los financieros, el transporte y otros servicios empresariales y personales dirigidos a los diferentes sectores económicos y a la población regional.

#### **1.4.2.4. vías de acceso**

##### **1.4.2.4.1. Aéreas.**

El aeropuerto colombiano es de carácter nacional el cual le brinda servicio a nuestro municipio, (2023), es la segunda ciudad del departamento de César. El Aeropuerto

Hacaritama posee una terminal y torre de control, actualmente presta vuelos chárters y está siendo construido prácticamente en su totalidad para prestar servicios al sur del departamento del Cesar y occidente de Norte de Santander.

#### **1.4.2.4.2. Terrestres.**

Al Municipio se puede acceder desde la Costa Caribe colombiana a través de la vía Santa Marta–Aguachica que comunica a los Departamentos de Magdalena y Cesar; desde el Sur del País se llega a través de la Troncal del Magdalena Medio, o a través de la vía Bogotá–Bucaramanga–Aguachica que comunica a los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Cesar; de esta vía se desprende la carretera Aguachica–Ocaña, que comunica el Municipio con el Nororiente y la carretera Aguachica–Gamarra que conecta al Municipio con el Río Magdalena y la Región Occidental.

Desde 1994, la Terminal de Transporte de Aguachica S.A.-empresa de economía mixta- presta servicio a la comunidad a través de 26 empresas de transporte vinculadas, con 3.008 vehículos afiliados y una variedad de servicios, tales como: salas de espera para 144 usuarios, guarda equipaje, centro de información sobre despachos, información turística y hotelera, servicios de baños, primeros auxilios, pruebas de alcoholímetros, examen de aptitud física, estación de servicios para combustibles y lubricantes, entre otros. Diariamente se despachan de este terminal 29 destinos, durante las 24 horas. Este terminal fue homologado en diciembre de 2002, junto al de Bucaramanga, lo cual le permitirá a partir de enero de 2004 categorizar sus tasas de usos de acuerdo a la calidad del servicio. En cuanto al férreo, las redes del ferrocarril pasan por Aguachica y la comunica con la Región Caribe y el centro del país (Nuestro municipio, 2023).

### **1.4.3 Contextual**

La universidad Poplar del cesar se encuentra ubicada en el municipio de Aguachica en el departamento del Cesar. A continuación, se presentan algunos datos relevantes del municipio.

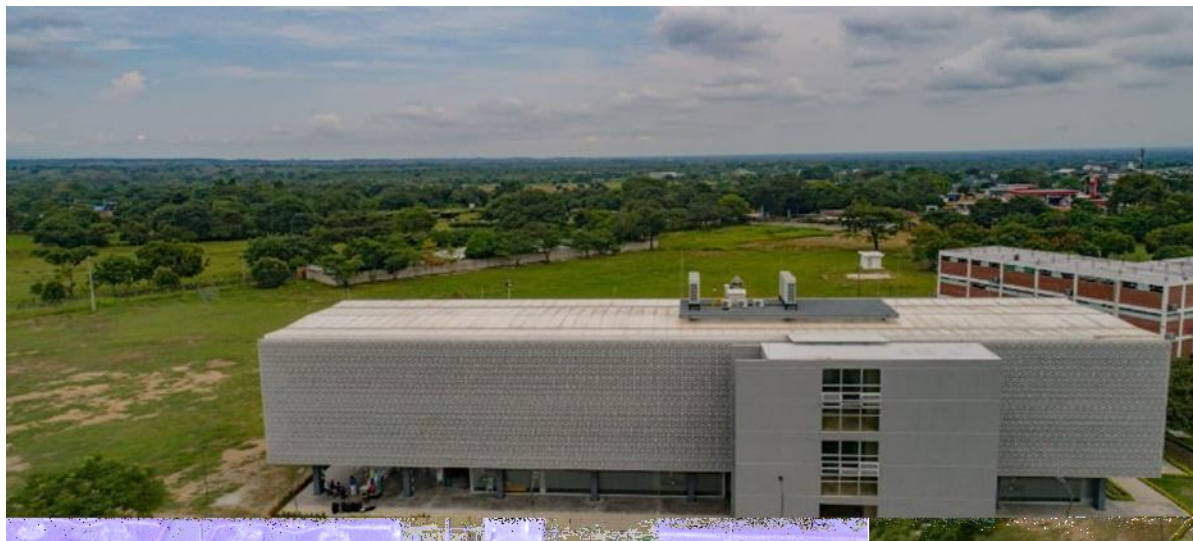
#### **1.4.3.1. Historia de la Universidad Popular**

Según la información proporcionada por la Universidad Popular del Cesar, UPC Seccional - Aguachica, (2020), la universidad fue creada en el año 1976 a partir de la transformación del Instituto Tecnológico Universitario del Cesar, se transforma en Universidad como establecimiento público con personería jurídica, teniendo como sede principal la ciudad de Valledupar, cuyo objetivo principal será la investigación y la docencia a través de programas que han de conducir a la obtención de licenciaturas, grados profesionales y títulos académicos.

En 1992, se realizó un proyecto importante para consultar a los residentes de los Municipios del Sur del Departamento del Cesar sobre la posibilidad de establecer una Universidad en la región. Como resultado de este estudio de factibilidad realizado por los profesores Simón Martínez Guarnes y Carmen Patricia Guerrero, se determinó que el Municipio de Aguachica tenía las condiciones más favorables para el establecimiento de la Universidad.

A partir de la iniciativa del Dr. Vicente Vaños Galvis, representante de ex-rectores de la Universidad Popular del Cesar en el Consejo Superior Universitario, se propuso en septiembre de 1995 establecer programas de Administración de Empresas y Contaduría Pública en el Municipio de Aguachica como extensiones de la universidad. Esta propuesta se basó en las necesidades sociales, políticas, académicas y económicas de la región, y en los beneficios que estos programas podrían ofrecer.

**Figura 7.** Las estructuras de la Universidad Popular del Cesar en Aguachica.



*Nota.* Tomado de (inauguración de nuevas aulas para la universidad del cesar en Aguachica), Primera Línea, 2022.

En 1998 se presenta un documento que es clave para la obtención de aprobación de Seccional exigido por la ley 30 de 1992, y es un convenio firmado entre el Ministerio de Hacienda y el ente territorial donde va a funcionar la Universidad y definir los recursos con los cuales funcionará la Seccional.

Este convenio logró proyectarse en la Seccional de Aguachica y fue firmado por el alcalde Municipal de Aguachica, Dr. Israel Obregón Roperó; por el Rector de la UPC, Dr. Roberto Daza Suárez. El convenio debía ser firmado por el ministro de Hacienda Dr. Juan Camilo Restrepo y el ministro de Educación Nacional Dr. Germán Bula, pero, por la incompetencia por una de las instituciones oficiales, como fue el ICFES, quien teniendo bajo su responsabilidad el documento original desapareció, por tanto, la aprobación de la Seccional estaba en duda.

A partir de este momento la Universidad empieza a demostrar con datos el buen desarrollo del proyecto de la Seccional y en septiembre de 2001 se presenta una última

documentación. Bajo la dirección de Bertha Rojas, Directora de Programas de Pregrado y Posgrado, el ICFES analiza la documentación y emite concepto ante el Ministerio de Educación Nacional el cual lo considera pertinente a través de la Dirección de Educación Superior quien da el concepto favorable para que en mayo de 2002 se expida la autorización al Consejo Superior Universitario para el funcionamiento de la Universidad Popular del Cesar – Seccional Aguachica, bajo el número de la Resolución 1022, inicialmente citada (UPC Seccional - Aguachica, 2020).

### **Misión**

La Universidad Popular del Cesar, como institución de educación superior oficial del orden nacional, forma personas responsables social y culturalmente; con una educación de calidad, integral e inclusiva, rigor científico y tecnológico; mediante las diferentes modalidades y metodologías de educación, a través de programas pertinentes al contexto, dentro de la diversidad de campos disciplinares, en un marco de libertad de pensamiento; que consolide la construcción de saberes, para contribuir a la solución de problemas y conflictos, en un ambiente sostenible, con visibilidad nacional e internacional (Molina C. , 2020).

### **Visión**

En el año 2025, la Universidad Popular del Cesar será una Institución de Educación Superior de alta calidad, incluyente y transformadora; comprometida en el desarrollo sustentable de la Región, con visibilidad nacional y alcance internacional (Molina C. , 2020).

## **2. Marco referencial.**

En este capítulo se presenta una recopilación de investigaciones previas relacionadas con el tema y problema de investigación, así como una serie de conceptos clave y teorías relevantes al tema. Además, se incluye información sobre los reglamentos y marco legal relacionados con la investigación. Todo esto servirá como base teórica y empírica para sustentar el proyecto de investigación propuesto.

### **2.1 Marco histórico**

El Internet de las cosas (IoT) se basa en la interconexión de dispositivos, que se conectan mediante sensores y otras tecnologías, que les permite a los sistemas recopilar y analizar datos en tiempo real (Oracle, 2023). Esto ofrece oportunidades en diversos campos como la salud, el transporte y la industria; la comunicación constante entre dispositivos y personas en el IoT mejora la eficiencia y enriquece la calidad de vida (News samsung, 2018).

Por esta razón, es importante que las instituciones adopten nuevas tecnologías y se enfoque en la transformación digital en cada uno de sus salones o espacios educativos. Esto permitirá un mayor rendimiento del aprendizaje, mejorando la eficiencia y efectividad de las actividades que se desarrollan dentro del salón de clases o en las universidades (Yesquin, 2020). Por ejemplo, en entornos educativos, los sensores y dispositivos IoT permiten medir y monitorear aspectos ambientales y radiaciones UV.

#### **2.1.1 Nivel Internacional**

En este ámbito se encuentran diferentes referentes que han desarrollado e implementado con IoT, aprovechando la conectividad entre dispositivos para mejorar la gestión y automatización de procesos.

Andrade, (2022) realizó un proyecto de grado titulado “Prototipo móvil IoT para la predicción de la calidad del aire a través de Machine Learning” en Quito, Ecuador; El objetivo principal de este proyecto es lograr predecir la calidad del aire en diferentes espacios. Para ello, se ha desarrollado un dispositivo que utiliza sensores electrónicos de bajo costo disponibles en el mercado local. Además, se ha creado una interfaz de usuario que permite visualizar la condición del aire en tiempo real. Una vez construido el dispositivo, se lleva a cabo la medición de diversas variables con el fin de entrenar tres modelos de aprendizaje automático que puedan predecir la calidad del aire interior (IAQ, por sus siglas en inglés). Finalmente, se validan los modelos y se comparan los resultados obtenidos.

Los autores han utilizado una metodología compuesta por tres fases para desarrollar este proyecto. En la primera fase, se realiza el diseño y la construcción del prototipo de Internet de las Cosas (IoT). La segunda fase implica la adquisición y medición de variables como temperatura, humedad y concentración de monóxido de carbono, que son necesarias para calcular el IAQ. En la última fase, se procede a la construcción de los modelos de aprendizaje automático para predecir el IAQ. (Andrade, 2022).

En conclusión, el proyecto buscó desarrollar un prototipo móvil de IoT para predecir la calidad del aire en espacios interiores. Se utilizó una metodología que abarcó el diseño y construcción del dispositivo, la adquisición y medición de variables relevantes, así como la construcción de modelos de Machine Learning para realizar las predicciones. El objetivo final fue validar y comparar los modelos obtenidos para evaluar su precisión en la predicción de la calidad del aire interior.

Igualmente, Guzmán, (2023) realizó un proyecto titulado “Diseño y construcción de un prototipo de invernadero para agricultura de precisión a través de IOT.” En Quito, Ecuador. El principal objetivo de este proyecto fue diseñar y construir un prototipo de invernadero con un sistema de monitoreo permanente utilizando Internet de las Cosas (IoT). El propósito del sistema de monitoreo era seguir de cerca las condiciones

ambientales y las variables necesarias para un sistema de nebulización. El enfoque del proyecto se centró en el desarrollo de una aplicación para la agricultura de precisión.

El autor utilizó una metodología de experimentación pura para llevar a cabo este proyecto. Se estableció un espacio físico específico para la medición de variables, eligiendo un invernadero debido a las características de investigación de la agricultura de precisión. Las variables a medir y monitorear se dividieron en variables ambientales y variables relacionadas con los nutrientes. (Guzmán A. , 2023).

En conclusión, a través de IoT, cómo esta tecnología puede aplicarse en el ámbito agrícola para mejorar el monitoreo y control de variables ambientales y de sustancia nutritiva. Estas conclusiones pueden servir como referencia adicional al desarrollar el prototipo de IoT para controlar y medir variables ambientales en un aula de la Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, tomando en cuenta también las particularidades del contexto educativo.

Además, Narváez & Contreras, (2020) realizaron un proyecto titulado “Diseño y desarrollo de un prototipo de red de sensores IoT utilizando tecnología Lora WAN para el monitoreo de parámetros ambientales en interiores y exteriores.” En Guayaquil, Ecuador. El proyecto se llevó a cabo como principal objetivo de favorecer a la comunidad, entidades estatales y estudiantes afines con la información proporcionada por dichos sensores.

La metodología utilizada por los autores para el desarrollo de este proyecto fue una metodología experimental y deductivo donde se dedujo la información obtenida por los sensores y la cual podrá ser visualizado mediante una interfaz web (Narvaéz & Contreras, 2020).

En conclusión, este proyecto de IoT basado en tecnología Lora WAN proporciona una solución eficiente para el monitoreo de parámetros ambientales, brindando información útil a la comunidad y entidades estatales en Guayaquil, Ecuador, a través de una interfaz web accesible. Este proyecto contribuye al avance de la tecnología IoT y la monitorización

ambiental, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la calidad de vida y la toma de decisiones informadas.

### **2.1.2 Nivel Nacional**

En Colombia también se encuentran referentes de la problemática que se ha desarrollado para contribuir al monitoreo y control eficiente de las condiciones ambientales en Instituciones de Educación Superior. Molina & Villamizar, (2020) Desarrollo un proyecto de grado titulado “Diseño de un sistema IoT para la medición de temperatura, humedad y luz en huertas urbanas” en Bogotá, Colombia. El proyecto se llevó a cabo con el objetivo de investigar y desarrollar un módulo capaz de recibir la información enviada por un sensor que interactúa con las características del entorno en una huerta urbana. El propósito era procesar y transmitir esta información para que el usuario pudiera monitorear las variables mencionadas y configurar alertas cuando estas variables no cumplieran con los parámetros predefinidos. Esto permitiría al usuario realizar ajustes en su huerta de manera profesional a través de una aplicación web.

La metodología utilizada por los autores para el desarrollo de este proyecto son técnicas cualitativas y no mencionan un enfoque en específico, pero de acuerdo a lo que ellos mencionan en la metodología planteada se deduce que es un enfoque descriptivo porque investigaron, observaron e identificaron los aspectos ambientales más relevantes para tener un mayor desarrollo de las plantas y los cultivos (Molina & Villamizar, 2020).

En conclusión, este proyecto demuestra la viabilidad de crear una red IoT utilizando hardware económico y software de código abierto, lo que permite monitorear en tiempo real la temperatura ambiental, humedad ambiental, humedad del suelo e intensidad de luz en una huerta urbana. Al implementar este sistema IoT, los usuarios tienen la capacidad de visualizar estas variables y mejorar el desarrollo de su huerta urbana, reduciendo así el riesgo de daños en los cultivos debido a los cambios climáticos actuales.

De la misma manera, Silvia y otros, (2020) llevaron a cabo una investigación denominada “solución tecnológica basada en tecnologías IoT para el monitoreo del clima en Bucaramanga.” en Bucaramanga, Colombia. El proyecto se realizó con el fin de proponer soluciones tecnológicas, tales como obtener la veracidad de los datos obtenidos en diferentes intervalos de tiempo y de esta manera, brindar información accesible y oportuna a los ciudadanos.

La metodología utilizada por los autores para el desarrollo de este proyecto está dividida en tres fases las cuales “Fase 1: Fase de diagnóstico, Fase 2: Fase de diseño, Fase 3: Fase de desarrollo” y también conlleva una investigación aplicada que esta soportada también con un enfoque Mixto, lo que significa que combina los métodos cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio, porque al utilizar ambos métodos se refuerza la credibilidad general de los resultados y procedimientos (Silvia, 2020).

En conclusión, el estudio de Silva y otros (2020) representa un importante avance en la implementación de soluciones tecnológicas para el monitoreo del clima. Su enfoque metodológico estructurado y la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos permiten obtener resultados confiables y relevantes. Esta investigación tiene el potencial de brindar información valiosa y accesible a los ciudadanos de Bucaramanga, mejorando la toma de decisiones en relación al clima y sus efectos.

Por otra parte, Yate & Zambrano, (2021) llevaron a cabo una investigación denominada “Prototipo IoT de monitoreo y control de variables ambientales para un cultivo hidropónico de hortalizas” en Bogotá, Colombia. El proyecto se realizó con la finalidad de automatizar y controlar procesos que en ausencia las personas y familias, pueden implementar de tal modo que facilite la obtención de la temperatura, humedad conductividad eléctrica y nivel PH entre otros.

La metodología implementada por los autores para el desarrollo de este proyecto es de tipo experimental, ya que se evalúan los efectos de las variables ambientales sobre los cultivos hidropónicos de hortalizas y se realiza la intervención mediante sistemas de

control y monitoreo para mejorar la efectividad y producción de hortalizas en cultivos urbanos (Yate & Zambrano, 2021).

En conclusión, este proyecto de IoT aplicado a la agricultura permitió automatizar y controlar variables ambientales en un cultivo hidropónico de hortalizas en Bogotá, Colombia. Mediante una metodología experimental, se logró mejorar la efectividad y producción de los cultivos, brindando una solución para el desarrollo de cultivos urbanos más eficientes y sostenibles.

### **2.1.3 Nivel Regional**

En Aguachica, se encuentran proyectos que se han implementado con herramienta de IoT para contribuir al monitoreo y control eficiente de las condiciones ambientales.

Ramirez y otros, (2021) realizó un proyecto de investigación titulado “Prototipo de finca inteligente utilizando tecnologías IoT como estrategia para mejorar la productividad agropecuaria” en Aguachica, Colombia. El proyecto se realizó con el objetivo de monitorear las variables relacionadas con la producción agrícola de la granja experimental del Centro Agroempresarial.

La metodología utilizada por los autores para el desarrollo de este proyecto tiene en cuenta una arquitectura IoT, la cual se divide en los componentes; objetos conectados, tecnologías de red, protocolos de comunicación, plataforma IoT y Aplicaciones de Usuario. los recursos tecnológicos para la implementación del bróker se utilizó un servidor mosquito y el protocolo Message Queing Telemetry Transport (MQTT), protocolo de transporte de mensajes Cliente/Servidor que funciona sobre TCP/IP, para la implementación en la nube, se estudiarán las posibilidades de implementar plataformas de servicios cloud, la implementación de la plataforma en un hosting o servidor virtual utilizando MQTT y el servidor mosquito, el resto del desarrollo de nuestro caso de uso estará enfocado en la construcción de la aplicación para el usuario final, (Ramírez, 2021).

El proyecto se enfocó en crear un prototipo de finca inteligente utilizando tecnologías IoT para monitorear las variables agrícolas. El enfoque en la integración de tecnologías IoT y la utilización de protocolos y plataformas específicas demuestran un esfuerzo por mejorar la productividad agropecuaria mediante el monitoreo de variables clave. Este proyecto sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de las fincas inteligentes, abriendo nuevas oportunidades para la optimización y eficiencia en la producción agrícola.

## **2.2 Marco teórico**

Esta investigación revisa críticamente los conceptos teóricos de varias fuentes bibliográficas para abordar su problemática específica.

### **2.2.1 Internet de las Cosas (IoT)**

Es esencial explorar los antecedentes que dieron origen a la revolucionaria idea de la "Internet de las cosas" (IoT). En 1982 una etapa significativa marcó el comienzo de esta revolución- En la Universidad Carnegie Mellon, un grupo de investigadores tomaron la iniciativa de modificar una máquina expendedora de Coca-Cola para que fuera el primer dispositivo conectado a Internet. Esta máquina podía informar sobre su inventario y si las bebidas recién cargadas estaban frías o no. Esta acción, aunque sencilla en apariencia, plantó la semilla de una visión futurista: la interconexión de objetos cotidianos para habilitar la comunicación inteligente y la automatización de tareas, que ayudaron a formar la visión actual del Internet de las Cosas (IoT) (Fundación Aquae, 2018) .

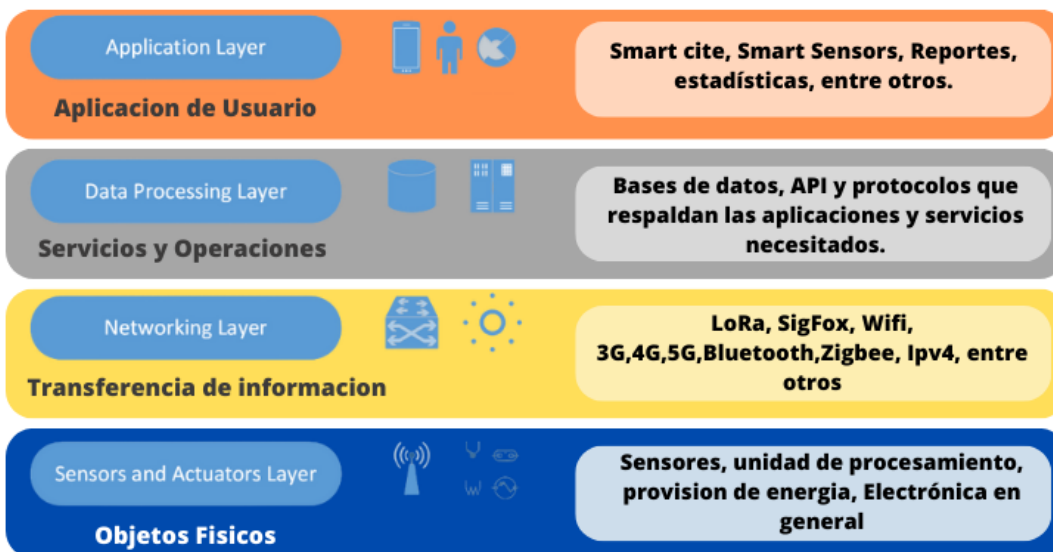
Cuando mencionamos IoT, nos referimos a la interconexión de objetos cotidianos mediante redes inalámbricas. Esto habilita la comunicación, la recopilación y el análisis de datos, permitiendo la captura en tiempo real, el monitoreo remoto y la automatización de procesos. El IoT tiene el potencial de transformar diversas industrias y sectores al permitir la generación de datos masivos y la toma de decisiones basada en datos para optimizar la eficiencia, mejorar la calidad de vida y crear nuevas oportunidades comerciales (RedHat, 2023).

### 2.2.1.1 Arquitectura IoT

La arquitectura se organizará en varias capas interconectadas, cada una cumpliendo un papel fundamental el cual garantizará las operaciones conectando el mundo físico con el virtual. Estas capas se diseñan para facilitar la comunicación eficiente y la gestión inteligente de los eventos en el ecosistema IoT. A continuación, se describirá la arquitectura de 4 capas, mostrada en la figura 8 (Joshi, 2019).

En el núcleo de esta arquitectura se encuentra la capa de Percepción. En esta capa, los componentes físicos que abarcan sensores, transductores, actuadores y microcontroladores, establecen un vínculo con el entorno físico. La capa de Red se ocupa de la infraestructura de comunicación. En este nivel, se configuran los dispositivos que posibilitan la conexión fluida entre la red inalámbrica de sensores (WSN o RSI) y las plataformas IoT. La elección de tecnologías como Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, Lora y Sigfox. Entre otras, define la forma en que los datos fluyen desde los sensores hacia el sistema central. El procesamiento de datos desempeña un rol crítico al procesar y almacenar los datos recolectados. Mediante plataformas de cloud computing o de código abierto, se afrontan los retos inherentes al almacenamiento y procesamiento masivo de información. La capa de procesamiento de datos actúa como un enlace entre la capa de Red y la capa de Aplicación, asegurando que los datos sean manejados de manera efectiva. Finalmente, la capa de Aplicación se enfoca en la presentación de datos a los usuarios. A través de interfaces web para que los usuarios puedan visualizar y notificarse con los datos recopilados por el sistema IoT. Estas interfaces proveen información relevante generada por los sensores y permiten a los usuarios monitorear los dispositivos conectados (Joshi, 2019).

Figura 8. Arquitectura IoT.



Nota. Tomada y modificada de (Capas de arquitectura IoT) Joshi, 2019.

### 2.2.1.1.2 Componentes y Plataformas de Internet de las cosas

Según Muñoz, (2019) Los componentes de Internet de las Cosas son las partes fundamentales de cualquier solución que utiliza esta tecnología, independiente de su aplicabilidad para darles a las cosas la capacidad de sentir o recopilar información, se necesitan cosas llamadas sensores. La Figura 9 muestra cómo Internet de las Cosas es básicamente la conexión de objetos y procesos a través de Internet.

**Figura 9.** Internet de las cosas (IoT).



*Nota.* Tomada de (el internet de las cosas, el futuro de la conectividad) Kpmg, 2018.

## 2.2.2 Conectividad

La conectividad en el IoT se logra mediante diferentes protocolos en tecnologías de redes como Bluetooth, banda ancha sobre cable coaxial, fibra óptica o cables de cobre, Zigbee, NFC, celular (por ejemplo, 3G, 4G, 5G), Sigfox, LoRaWAN, NB-IoT y Wi-Fi (Wireless Fidelity), entre otras Oracle (2023). Esta última utilizar un tipo de modulación por radiofrecuencia OFDM/OFDMA, logrando la transmisión de datos de alta velocidad y confiable en las redes WiFi modernas. Estas tecnologías brindan la infraestructura necesaria para establecer conexiones confiables y seguras entre dispositivos, permitiendo el intercambio bidireccional de información (Muñoz, 2019).

La tecnología WiFi revoluciona la conectividad al posibilitar la comunicación inalámbrica mediante radiofrecuencia. Al emplear estándares como IEEE 802.11, permite enlazar dispositivos en redes locales (LAN) y acceder a Internet sin cables físicos (tp-link, 2020). WiFi redefine la manera en que los dispositivos se comunican y acceden a la información en entornos digitales.

**Tabla 1.**

*Las principales características del protocolo son.*

<b>Protocolos</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Alcance</b>	<b>Tasas de datos</b>	<b>Estándar</b>
<b>WiFi/802.11</b>	2,4 GHz y 5 GHz	50 m aprox	150-600 Mbps.	802.11n
<b>Bluetooth</b>	2,4 GHz (ISM)	50-150 m	1 Mbps	
<b>ZigBee</b>	2,4 GHz.	10-100 m.	250 kbps.	IEEE802.15.4
<b>NFC</b>	13,56 MHz (ISM)	10 cm	100–420 kbps	ISO/IEC 18000-3
<b>Celular</b>	900/1800/1900/2100 MHz	50 km aprox	35kps-10Mbps	2G, 3G, 4G y 5G
<b>Sigfox</b>	900 MHz	30-50 km (entornos rurales) 3-10 km (entornos urbanos)	10-1000 Kbps	
<b>LoRaWAN</b>	Varios	2-5 km (entorno urbano) 15 km (entorno suburbano)	0.3-50 kbps.	
<b>NB-IoT</b>	Varios		100 bits- 250 (Kbps)	

Nota. Elaboración Propia.

### 2.2.3 Sensores

Según Muñoz (2019), un aspecto clave dentro del panorama del IoT es la incorporación de sensores, elementos esenciales que permiten a estos dispositivos captar información de su entorno y contribuir al flujo constante de datos en la red. Estos abarcan desde pequeños dispositivos que están diseñados para detectar y medir diversos parámetros del entorno, como temperatura, humedad, luz, UV, movimiento, entre otros, hasta infraestructuras complejas como sistemas de transporte inteligentes y ciudades conectadas. El IoT aprovecha la potencia de la conectividad para ofrecer soluciones inteligentes y automatizadas .

#### 2.2.3.1 Características de los sensores

En la Tabla 2. (Muñoz, 2019) describe las características clave de los sensores, las cuales son fundamentales al elegir el tipo adecuado de sensor para utilizar en aplicaciones de Internet de las Cosas. Estos parámetros son esenciales para tomar decisiones informadas al seleccionar los sensores más apropiados.

**Tabla 2.** *Característica de los sensores.*

1	Sensibilidad	9	Condiciones Ambientales
2	Rango	10	Sobrecarga
3	Precisión	11	Vida útil
4	Resolución	12	Formato de salida
5	Desvío(offset)	13	Costo
6	Linealidad	14	Tamaño
7	Tiempo de respuesta	15	Peso
8	Estabilidad	16	Fuente de alimentación

*Nota.* Tomada y modificada de (Internet de las cosas), Muñoz, 2019.

## 2.2.4 Tipos de Plataformas de IoT

Muñoz, (2019) nos dice que las Plataformas de administración de dispositivos, las Plataformas de respaldo en la nube/laaS (modelos de servicio en la nube o modelos de servicio de computación en la nube), las Plataformas de habilitación de aplicaciones, las Plataformas de analíticas avanzadas y las Plataformas de conectividad representan diferentes categorías dentro del amplio espectro de IoT. Cada una de estas categorías cumple un papel específico en el ecosistema de IoT, abordando diversas necesidades y desafíos en la implementación y gestión de sistemas y dispositivos conectados.

Estas categorías desempeñan un papel fundamental en el éxito de las soluciones de IoT. Las Plataformas de administración de dispositivos se enfocan en asegurar el aprovisionamiento, la configuración y las actualizaciones de los dispositivos conectados. Las Plataformas de respaldo en la nube/laaS (modelos de servicio en la nube o modelos de servicio de computación en la nube) proporcionan una infraestructura escalable para el manejo de datos y servicios IoT. Las Plataformas de habilitación de aplicaciones permiten a los desarrolladores crear y desplegar rápidamente aplicaciones y servicios de IoT. Las Plataformas de analíticas avanzadas ofrecen herramientas sofisticadas de análisis, incluyendo técnicas de aprendizaje automático, para extraer información valiosa de los datos generados por los dispositivos IoT. Por su parte, las Plataformas de conectividad son esenciales para garantizar que los dispositivos IoT puedan comunicarse de manera efectiva y confiable, lo que es esencial para recopilar datos y habilitar la funcionalidad de IoT en diversas aplicaciones. Juntas, estas categorías forman un panorama completo de soluciones para abordar los retos y aprovechar las oportunidades en el emocionante campo de la IoT.(Muñoz, 2019).

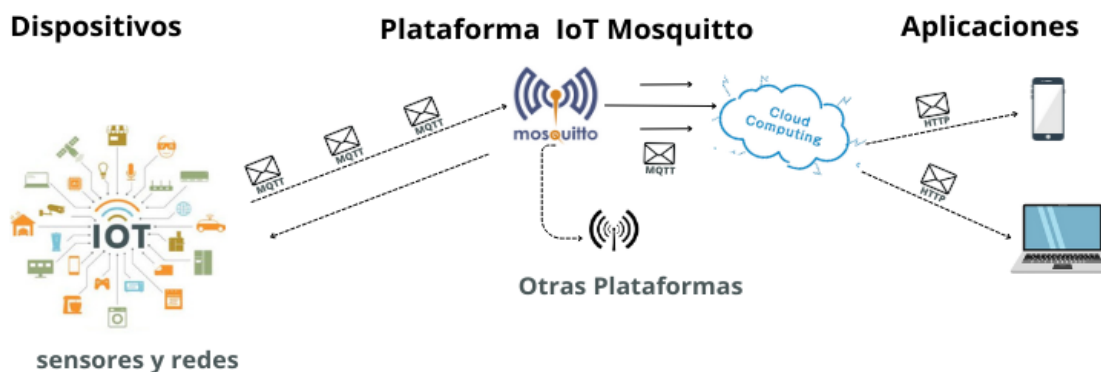
En la actualidad, se encuentran disponibles diversas plataformas de IoT en el mercado. Gigantes tecnológicos como Google, Microsoft y Amazon Web Services (AWS); que es una plataforma de servicios en la nube ofrecida por Amazon, abarcando una amplia gama de servicios y soluciones para alojar, administrar y escalar aplicaciones en la nube; en

AWS el uso del modelo EC2 (Elastic Compute Cloud); es uno de los servicios más fundamentales y es un componente clave en la creación de aplicaciones IoT escalables. EC2 ofrece instancias virtuales de servidores que permiten a los desarrolladores ejecutar aplicaciones en la nube de AWS. Estas plataformas especializadas que han encontrado un enfoque específico en las aplicaciones del Internet Industrial de las Cosas. Además de estas opciones anterior mente mencionadas, también existen múltiples alternativas tanto de código abierto como gratuitas (Muñoz, 2019).

Las plataformas IoT tienen la función de conectar una red local de dispositivos IoT con la nube, Además, estas plataformas permiten crear aplicaciones en la nube y adaptarse a otras tecnologías para que los usuarios puedan acceder a ellas desde cualquier lugar del mundo. La figura 10, plataformas de IoT describe la plataforma Mosquitto que actúa como un intermediario confiable que permite a los dispositivos, como sensores, enviar y recibir datos de manera eficiente y segura (Light, 2017).

**Figura 10.**

*Plataformas IoT.*



Nota. Elaboración propia.

Las plataformas desempeñan un papel fundamental al enlazar el mundo físico con el mundo digital a través de la digitalización. Estas plataformas son sistemas flexibles que ofrecen diferentes componentes que múltiples clientes pueden utilizar de forma independiente. Son soluciones diseñadas para habilitar varias funcionalidades, como

conectar dispositivos IoT, gestionar la actividad de dichos dispositivos, administrar los datos en la nube, garantizar la seguridad de los dispositivos y otras aplicaciones, así como facilitar el desarrollo de nuevas aplicaciones y análisis avanzados para los dispositivos IoT que están conectados (Muñoz, 2019).

### **2.2.5 Interoperabilidad:**

La interoperabilidad en (IoT) se logra gracias a la capacidad de diferentes dispositivos y sistemas conectados a través de IoT para comunicarse, intercambiar datos y trabajar juntos de manera eficiente y sin problemas, independientemente de su fabricante, tecnología o plataforma subyacente. La interoperabilidad en el IoT es esencial para permitir la conectividad y colaboración efectiva entre dispositivos y sistemas heterogéneos (Lara, 2021).

De hecho, se utilizan dos aspectos fundamentales para garantizar la interoperabilidad que son los estándares y los protocolos de comunicación. Estos estándares proporcionan especificaciones y técnicas que permiten una conectividad efectiva entre dispositivos de distintos fabricantes, asegurando una comunicación armoniosa. Los protocolos de comunicación definen las reglas y formatos de datos necesarios para una comunicación eficiente y confiable entre los dispositivos. Algunos protocolos comunes en el IoT incluyen CoAP, HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto), WebSocket, TCP/IP, UDP y MQTT (Message Queing Telemetry Transport), estos protocolos permiten la transferencia de datos de manera segura y eficiente, facilitando la comunicación entre dispositivos y sistemas en el entorno del IoT (Mendizábal, 2022).

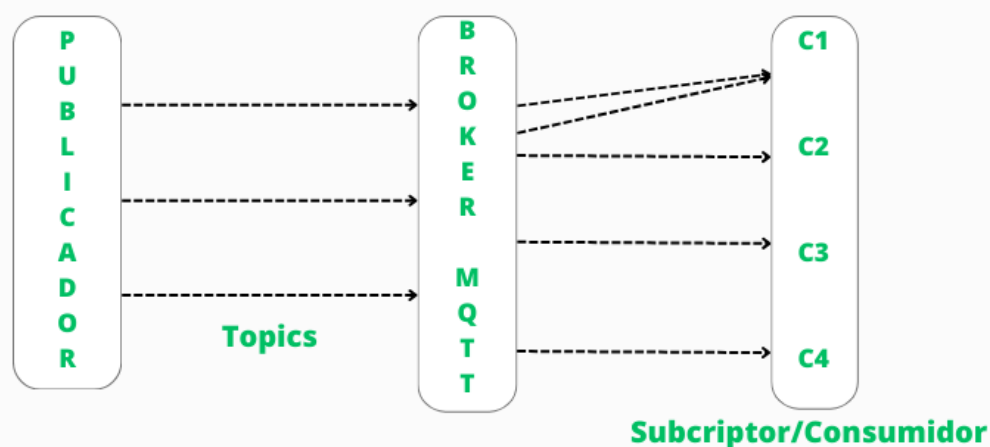
La infraestructura de MQTT es un protocolo de comunicación creado específicamente para la interacción entre máquinas (M2M - machine to machine). Se utiliza en aplicaciones donde se demanda una transferencia eficiente de datos entre dispositivos. Su funcionamiento se basa en el concepto de Push/Subscribe, como se muestra en la figura 11, donde los dispositivos pueden enviar mensajes a temas específicos y otros dispositivos interesados pueden suscribirse para recibir esos mensajes de manera

selectiva. Los mensajes enviados a través de MQTT son breves, lo que implica que las transmisiones de datos también son rápidas y consumen menos energía (Muñoz, 2019).

También, los tópicos y jerarquías son esenciales en MQTT para organizar y filtrar datos. Un tópico es una cadena que etiqueta los mensajes, y los tópicos pueden ser estructurados en jerarquías para una mayor organización. Esto permite que los dispositivos se suscriban a tópicos específicos y reciban únicamente los datos que les interesan (Aws, 2023).

**Figura 11.**

*Modelo Publicador/Subscriber.*



Nota. Tomada y modificada de (Modelos de comunicación en IoT), (geeksforgeeks, 2021)

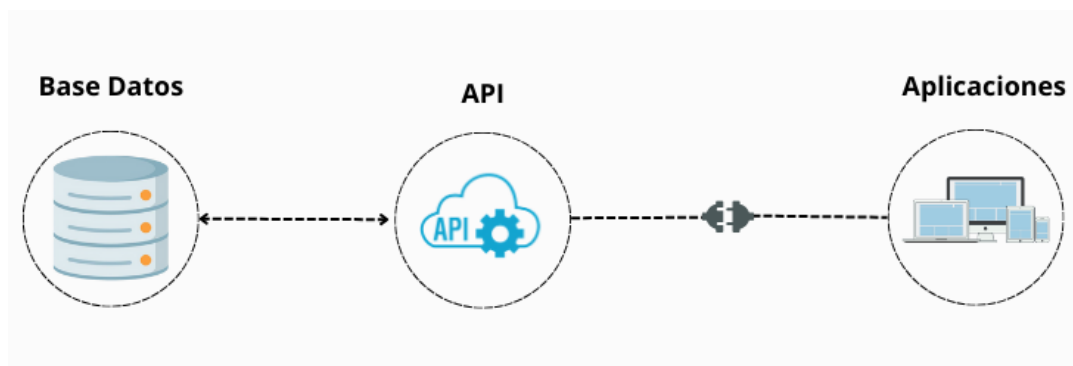
MQTT permite la comunicación a través del protocolo TCP/IP para la transmisión de datos. Este protocolo facilita el control de flujo y la confirmación de paquetes, permitiendo una transferencia de datos precisa y segura. Además, el modelo de conexión permanente entre cliente y servidor en MQTT se beneficia de la capacidad del TCP/IP para mantener conexiones constantes, lo que acelera las interacciones y reduce los tiempos de conexión (ISO/IEC, 2016).

HTTP es una base fundamental en el mundo digital actual. Permite la comunicación entre navegadores web y servidores, posibilitando la solicitud y entrega de recursos, como páginas web, imágenes y archivos. En HTTP, el navegador actúa como cliente, enviando peticiones al servidor, que responde con los datos solicitados. HTTP se basa en una estructura simple de solicitud-respuesta. El cliente envía una solicitud al servidor, que incluye un método (como GET o POST) y una URL. El servidor procesa la solicitud y envía una respuesta, que contiene un código de estado y el contenido solicitado (mozilla, 2023).

### 2.2.6 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)

Las APIs (Application Programming Interface) desempeñan un papel esencial en IoT. Las APIs permiten la recopilación y transferencia eficiente de datos desde dispositivos conectados a cualquier sistema de software. Un aspecto importante de las APIs es el punto de enlace, que es el origen de los datos, esto puede ser un dispositivo o cualquier componente del sistema, permitiendo una gestión eficaz de los dispositivos y la recopilación de datos, facilitando la integración de sistemas y la comunicación entre componentes del IoT (GURRÍA, 2022).

Figura 12. Funcionamiento de APIs



Nota. Elaboración Propia.

### Arquitectura de APIs

Los estilos de API son enfoques arquitectónicos clave para la exposición y acceso a servicios en aplicaciones y sistemas distribuidos. REST (Representational State Transfer)

se basa en recursos y utiliza métodos HTTP para operaciones, mientras que GraphQL permite a los clientes solicitar datos específicos, reduciendo el exceso de transferencia de datos. Las APIs de RPC (Remote Procedure Call) permiten invocar funciones remotas como si fueran locales, y SOAP (Simple Object Access Protocol) se centra en mensajes XML estructurados y es común en aplicaciones empresariales. gRPC utiliza HTTP/2 y Protocol Buffers para alta eficiencia y multiplataforma. Falcor, desarrollado por Netflix, emplea una estructura de grafo para solicitudes eficientes de datos. Cada estilo tiene sus ventajas y se elige según los requisitos y preferencias, con REST y GraphQL siendo populares en la web, gRPC en aplicaciones de alto rendimiento, y SOAP y RPC utilizados en contextos más tradicionales o empresariales (Biehl, 2020).

También se considera la implementación de sistemas de alerta temprana (EWS). Estos sistemas de alerta temprana estarán diseñados para detectar y notificar cambios críticos en las condiciones ambientales, como fluctuaciones extremas de temperatura y CO<sup>2</sup> o niveles peligrosos de radiación UV. La integración de EWS de notificaciones proporcionará a los usuarios una capa adicional de seguridad y conciencia. Cuando se detecta un cambio significativo en la temperatura o un aumento en los niveles de radiación UV, el sistema activará notificaciones instantáneas para informar a los usuarios. Estas notificaciones tendrán recomendaciones específicas sobre cómo se debe actuar o tomar precauciones, lo que permitirá a los usuarios tomar decisiones informadas y seguras en función de la información proporcionada.

## **2.3 Marco legal**

### **2.3.1 Ley 23 de 1982: Sobre los derechos de autor.**

**Artículo 1:** Las obras Científicas y artísticas gozarán de total protección para sus avances como obras en la forma prescrita por la actual ley y, en cuanto es compatible con ella, por el derecho común. También protege esta ley a los intérpretes o ejecutantes, a los productores de fonogramas y a los organismos de radiodifusión, en sus derechos conexos a los del autor (Gestor Normativo, 1982).

**Artículo 2:** Los derechos de los presentes autores recaen sobre las obras literarias, científicas, y artísticas, las cuales se entiende todas las creaciones del espíritu en el campo literario, científico y artístico, cualquiera que sea el modo o forma de expresión y sea su destinación, tales como: los folletos, libros y otros escritos (Gestor Normativo, 1982).

### **2.3.2 Ley 115 de 1994, General De La Educación.**

**Artículo 5:** se refiere a la educación general, establece los siguientes objetivos, en concordancia con el artículo 67 de la Constitución Política: fomentar la capacidad reflexiva, crítica y analítica para fortalecer el progreso tecnológico y científico del país, priorizando la mejora de la calidad de vida cultural de la población y la búsqueda de soluciones a problemas como el progreso social y económico. Asimismo, busca fomentar en las personas y en la sociedad en general la capacidad para crear e investigar, adoptar la tecnología necesaria para las actividades productivas del país y facilitar la inserción de los estudiantes en el sector productivo (Educación, 2013).

### **2.3.3 Ley 1581 de 2012**

Establece el "Régimen General de Protección de Datos Personales", el cual tiene como objetivo implementar el derecho constitucional de las personas a conocer, rectificar y actualizar la información recolectada sobre ellas en bases de datos, así como los derechos de libertad y garantías constitucionales establecidos en los Artículos 15 y 20

de la Constitución Política. La Ley 1581 de 2012 es la norma general que rige la protección de los datos personales. La Corte Constitucional, a través de la sentencia C-748 del 6 de octubre de 2011, declaró la asequibilidad del Proyecto de Ley Estatutaria No. 184 de 2010, artículo 046 Cámara. Para facilitar el cumplimiento de la Ley 1581 de 2012, se deben reglamentar aspectos relacionados con la autorización del titular de la información para el tratamiento de datos personales, las políticas de tratamiento de los responsables y encargados, los derechos de los titulares de información, las transferencias de datos personales y la responsabilidad demostrada en el tratamiento de dichos datos, con énfasis en la rendición de cuentas (Publica, 2012)

#### **2.3.4 Ley 1549 de 2012**

**Artículo 1°. Definición de la Educación Ambiental.** Para efectos de la presente ley, la educación ambiental debe ser entendida, como un proceso dinámico y participativo, orientado a la formación de personas críticas y reflexivas, con capacidades para comprender las problemáticas ambientales de sus contextos (locales, regionales y nacionales). Al igual que para participar activamente en la construcción de apuestas integrales (técnicas, políticas, pedagógicas y otras), que apunten a la transformación de su realidad, en función del propósito de construcción de sociedades ambientalmente sustentables y socialmente justas (EVA, 2012).

**Artículo 2°. Acceso a la educación ambiental.** Todas las personas tienen el derecho y la responsabilidad de participar directamente en procesos de educación ambiental, con el fin de apropiarse los conocimientos, saberes y formas de aproximarse individual y colectivamente, a un manejo sostenible de sus realidades ambientales, a través de la generación de un marco ético, que enfatice en actitudes de valoración y respeto por el ambiente (EVA, 2012).

**Artículo 6°. Responsabilidades de los sectores ambiental y educativo.** Las instituciones adscritas a los sectores ambiental y educativo, en cabeza de los

Ministerios de Ambiente y de Educación, en el marco de sus competencias y responsabilidades en el tema, deben: a) acompañar en el desarrollo de procesos formativos y de gestión, a las Secretarías de Educación, Corporaciones Autónomas Regionales y demás instituciones, asociadas a los propósitos de la educación ambiental, y b) Establecer agendas intersectoriales e interinstitucionales, y otros mecanismos de planeación, ejecución, seguimiento y monitoreo, que se consideren necesarios para el fortalecimiento del tema en el país (EVA, 2012).

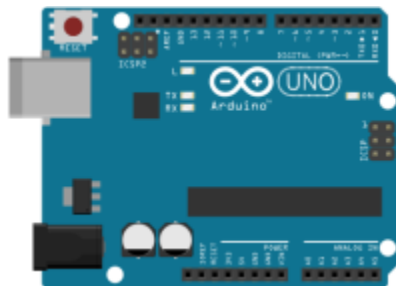
**Artículo 8°. Los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE).** Estos proyectos, de acuerdo a como están concebidos en la política, incorporarán, a las dinámicas curriculares de los establecimientos educativos, de manera transversal, problemas ambientales relacionados con los diagnósticos de sus contextos particulares, tales como, cambio climático, biodiversidad, agua, manejo de suelo, gestión del riesgo y gestión integral de residuos sólidos, entre otros, para lo cual, desarrollarán proyectos concretos, que permitan a los niños, niñas y adolescentes, el desarrollo de competencias básicas y ciudadanas, para la toma de decisiones éticas y responsables, frente al manejo sostenible del ambiente (EVA, 2012).

## **2.4 Marco conceptual**

### **Dispositivos Arduino**

Los dispositivos Arduino son una serie de placas electrónicas programables y de código abierto diseñadas para facilitar la creación de proyectos electrónicos interactivos. Estos dispositivos incluyen un microcontrolador y proporcionan una interfaz de entrada y salida para interactuar con sensores, actuadores y otros componentes electrónicos (Arduino.cl , 2019).

**Figura 13.** *Placa de Arduino.*



**Nota.** Tomada de (Arduino.cl, 2019).

### **Bróker MQTT:**

El Bróker MQTT es un componente clave en la arquitectura del protocolo MQTT. Se trata de un servidor o intermediario encargado de recibir, almacenar y distribuir los mensajes entre los dispositivos que se comunican a través del protocolo MQTT. El bróker MQTT facilita la comunicación eficiente y asíncrona entre los dispositivos cliente, permitiendo la publicación y suscripción de mensajes en diferentes temas (topics), (Broker MQTT, 2022).

### **Cloud Computing**

La computación en la nube representa una revolución en la forma en que las empresas acceden y administran sus recursos informáticos. En lugar de invertir en la propiedad y gestión de servidores, almacenamiento, aplicaciones y otros activos de tecnología de la información localmente, este enfoque les brinda la capacidad de aprovechar estos recursos de manera eficaz y económica a través de la conectividad de Internet (IBM, 2023).

### **Cloud Company**

Líderes en el mercado de la computación en la nube. Cada una de estas empresas ofrece una plataforma y una serie de servicios únicos que pueden satisfacer las necesidades de una amplia variedad de organizaciones especializadas en proporcionar una gama diversa de soluciones y recursos basados en la nube.

**Figura 14.** *Compañías de tecnología en la nube.*



Nota. Elaboración Propia.

### **Estación meteorológica:**

Una estación meteorológica es un conjunto de instrumentos y dispositivos utilizados para medir y registrar las condiciones climáticas y atmosféricas en un lugar específico. Estas estaciones recopilan datos sobre elementos como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, la radiación solar, entre otros. Las estaciones meteorológicas pueden ser automáticas, con sensores electrónicos y sistemas de registro de datos, o pueden ser estaciones manuales donde los observadores registran manualmente las mediciones (Estacion Meteorologica , 2022).

### **Humedad relativa:**

La humedad relativa es una medida de la cantidad de vapor de agua presente en el aire en relación con la cantidad máxima que el aire puede contener a una determinada temperatura. Valores altos de humedad relativa pueden hacer que el ambiente se sienta bochornoso, mientras que valores bajos pueden provocar sequedad en la piel y las mucosas (Secoin, 2019).

**Temperatura:**

La temperatura es una medida de la energía térmica de una sustancia o del ambiente. Se refiere al nivel de calor o frialdad de un cuerpo y se mide en grados Celsius (°C), Fahrenheit (°F) o kelvin en la escala común (Fernández, 2023).

**Índice UV (IUV):**

El índice UV (Ultravioleta) es una medida que indica la intensidad de la radiación ultravioleta del sol que llega a la superficie terrestre. Se utiliza para alertar sobre los niveles de exposición al sol y los posibles riesgos para la salud relacionados con la radiación UV (Ideam, s.f.).

**Microcontrolador:**

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico integrado que combina un microprocesador, memoria y periféricos en un solo chip. Está diseñado para controlar y ejecutar tareas específicas en sistemas electrónicos. Los microcontroladores son ampliamente utilizados en aplicaciones de automatización, sistemas embebidos y electrónica de consumo. Los dispositivos Arduino y esp32, el microcontrolador es el cerebro central que ejecuta el código y controla las interacciones entre los sensores, y otros componentes electrónicos conectados (Hetpro, 2017).

**Plataforma IoT**

Una plataforma IoT es un software fundamental que conecta dispositivos, puntos de acceso y redes de datos, creando un ecosistema interconectado. Estas plataformas son esenciales para el funcionamiento de IoT y son utilizadas para habilitar aplicaciones que los usuarios pueden disfrutar. Están en alta demanda debido al crecimiento continuo del mercado de IoT y son cruciales para resolver problemas de conectividad en este campo (Cárdenas, 2016).

**Machine to Machine (M2M)**

Machine-to-machine (M2M) es un término que se utiliza para describir tecnologías que permiten a dispositivos en red intercambiar información y realizar acciones sin la

intervención manual de seres humanos. Utiliza la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) para facilitar la comunicación entre sistemas y permitirles tomar decisiones autónomas, y es la base del IoT (Shea, 2019).

## **HTML**

HTML (HyperText Markup Language) es el bloque de construcción más básico de la Web y define el significado y la estructura del contenido web. Hypertext se refiere a los enlaces que conectan páginas web, creando así la estructura de la World Wide Web y permitiendo a los usuarios navegar entre ellas (MDN Web Docs, 2018).

## **Interfaz gráfica de usuario (GUI)**

La GUI (Interfaz Gráfica de Usuario) es la conexión visual entre el usuario y la máquina. Su propósito es presentar el funcionamiento del sistema de manera clara, utilizando iconos e imágenes para simplificar las tareas cotidianas, ya que estos elementos son universales y no dependen del lenguaje (IONOS, 2021).

## **Css**

CSS (Cascading Style Sheets) es un lenguaje de hojas de estilo utilizado para describir la presentación de un documento escrito en HTML o XML, incluyendo dialectos XML como SVG, MathML o XHTML. CSS define cómo se deben mostrar los elementos en pantalla, en papel, en voz u otros medios (Mozilla, 2019).

## **Framework**

Un framework es una estructura completa que proporciona todas las herramientas y funcionalidades necesarias para desarrollar un proyecto, garantizando la compatibilidad entre sus componentes y facilitando la creación de aplicaciones sin depender de librerías externas (Cutiño, 2020).

## **Librería**

Una librería es un conjunto de funciones predefinidas y reutilizables que abordan necesidades específicas en un proyecto, simplificando el desarrollo al eliminar la necesidad de escribir código desde cero (Cutíño, 2020).

## **Servidor**

Un servidor es un sistema que comparte recursos, datos o servicios con otros dispositivos (clientes) a través de una red, como la web. Puede ser tanto una máquina física como un software en la nube que proporciona acceso a estas funciones (paessler, 2023).

## **Base de datos**

Una base de datos es un sistema de almacenamiento que recopila datos organizados para facilitar tareas como búsqueda, estructuración y expansión (Database, 2023).

## **Script**

es un fragmento de código que da forma a aplicaciones y herramientas, tanto en informática general como en la web. Puede ser una parte esencial de un software o una función específica de una aplicación o sitio web (arimetrics, 2022).

## **NoSQL**

Las bases de datos NoSQL son sistemas de almacenamiento de datos flexibles que no utilizan tablas relacionales, y vienen en varios tipos, como documentos, clave-valor, columna ancha y gráfico, que permiten una escalabilidad eficiente con grandes volúmenes de información y usuarios (MongoDB, 2019).

## **JavaScript**

JavaScript (JS) es un lenguaje de programación ligero, interpretado o compilado en tiempo real, con funciones de primera clase. Se utiliza principalmente en la creación de sitios web, pero también en entornos fuera del navegador. Es un lenguaje dinámico, multiparadigma, de un solo hilo, compatible con varios estilos de programación. Sus

capacidades dinámicas incluyen la creación de objetos en tiempo de ejecución, listas de parámetros variables y más (Mozilla, 2019).

## **Vps**

Un servidor virtual privado (VPS), por sus siglas en inglés es una forma de alojamiento en la nube que permite a los usuarios un entorno virtualizado y personalizado donde pueden ejecutar sus aplicaciones y sitios web acceder a recursos de servidor virtualizados a través de Internet (IBM, 2023).

## **Tailwind css**

Tailwind CSS es un marco de trabajo diseñado específicamente para trabajar con hojas de estilo en cascada (CSS) en el desarrollo de proyectos web. Su enfoque principal radica en la provisión de un conjunto integral de clases predefinidas que resultan altamente beneficiosas para simplificar y acelerar el proceso de diseño y desarrollo web.

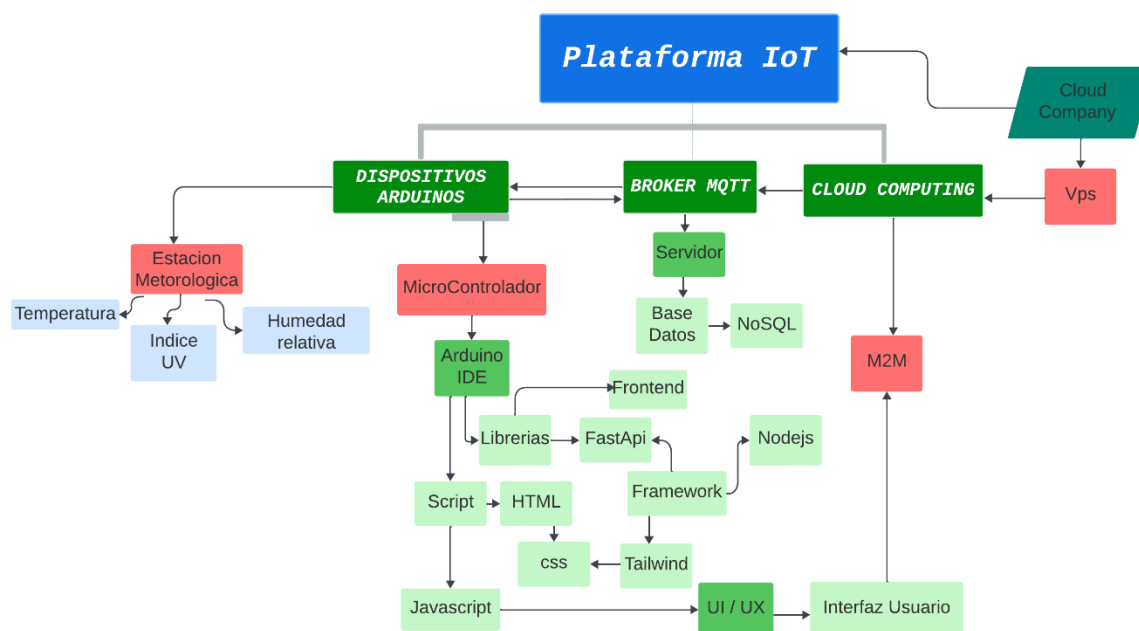
## **UX y UI(Diseños de experiencia y interfaz de usuario)**

Es el proceso de planificar y optimizar tanto la interfaz de usuario (UI) como la experiencia de usuario (UX) de un producto o servicio. Implica utilizar estrategias, técnicas y enfoques multidisciplinarios para conceptualizar cómo los usuarios percibirán y utilizarán el producto o servicio. En el diseño de UI se incorporan disciplinas como el diseño gráfico, la ilustración, el estudio del color, la tipografía y la programación a nivel de frontend para crear la parte visual de la interfaz, mientras que la UX se enfoca en la experiencia y sensaciones que experimenta el usuario al interactuar con el producto o servicio. Este enfoque combinado busca mejorar la percepción y la utilidad del producto para los usuarios (shopify, 2022).

Con el propósito de analizar las interconexiones esenciales entre los componentes clave de nuestro proyecto centrado en la creación de un sistema de IoT, hemos diseñado un mapa conceptual detallado, presentado en la Figura 15. Este mapa conceptual se ha

construido a partir de términos directamente relacionados con nuestra iniciativa, lo que lo convierte en una herramienta visual invaluable para nuestro desarrollo. El mapa conceptual proporciona una comprensión en profundidad de cómo cada componente interactúa y se integra en el sistema global, lo que nos permitirá alcanzar nuestros objetivos de manera efectiva y precisa.

**Figura 15.** Plataforma IoT



Nota. Elaboración Propia.

### **3 DISEÑO METODOLÓGICO**

En este capítulo se describe la base metodológica que sustenta el proyecto de grado, está enmarcado en un tipo de investigación Aplicada con un enfoque cuantitativo descriptivo.

#### **3.1 Tipo Y Enfoque De Investigación**

El tipo de investigación abordado en este proyecto es una investigación aplicada, según (Colciencias, 2016) la investigación aplicada se emprende en determinar los posibles usos de los resultados de la investigación básica aplicada, o para determinar nuevas formas o métodos de alcanzar objetivos específicos predeterminados.

Para el desarrollo de la investigación, se acudió a la investigación Descriptiva ya que se utilizan métodos y técnicas estadísticas para recopilar y analizar los datos. Se recopilan datos a través de instrumentos de medición estandarizados, como cuestionarios, escalas de medición u otras formas de recolección de datos estructurados. Luego, se realiza un análisis estadístico de los datos para obtener medidas descriptivas, como promedios, porcentajes, desviaciones estándar, entre otros.

Para esta investigación, el enfoque que se implementó será el cuantitativo dado que, se enfoca en determinar y analizar en la recopilación sobre variables a través de un enfoque empírico y medible. buscando la objetividad y la verificación de teorías, a través de una muestra que procede para hacer inferencia a una población. se sostiene que existe una única realidad objetiva que puede ser observada y medida sin que la presencia del investigador influya en ella. (Zwerg, Atehortúa, & Colombia, 2012)

#### **3.2. Población**

La población se define como conjunto completo de elementos que cumplen con ciertos criterios para la investigación. En este caso se definió dos tipos de población, la primera será aquella que está conformada por todos los salones y laboratorio que cuenta la universidad. La segunda será aquella que está conformada por toda la comunidad educativa de la Universidad Popular del Cesar.

### 3.3 Muestra

La muestra se define como un subconjunto representativo de la población que se selecciona para el estudio. Como el segundo caso la población es muy amplia, es necesario extraer una muestra que represente a los estudiantes que tengan asignado o hagan uso del aula escogida para el prototipo en la Universidad Popular del Cesar, con el fin de obtener una comprensión más completa de la dinámica de uso de los espacios académicos. Además, también se hace necesario extraer una muestra de los salones o laboratorios que serán escogidos para el uso y proceso de la investigación.

El tipo de muestra que se tuvo en cuenta en los estudiantes fue (Muestra aleatoria simple probabilística) Esto significa que se seleccionó una muestra representativa de estudiantes de la universidad de manera aleatoria, y para los salones fue (Muestra por juicio o conveniencia no probabilística) los salones no fueron seleccionados al azar, sino que se elegirán según el juicio o la conveniencia de los investigadores.

Para la dicha muestra aleatoria simple se tendrá en cuenta la siguiente fórmula (Figura 16).

**Figura 16.** Fórmula para tamaño de la muestra.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 * p(1 - p)}{e^2 N}\right)}$$

Nota. Tomada de (SurveyMonkey, 2021).

Teniendo en cuenta que para los casos:

***N = tamaño de la población.***

***e = margen de error (porcentaje expresado con decimales).***

***z = puntuación z.***

***p = Es la proporción que esperamos encontrar.***

La puntuación z representa cuánto se aleja una proporción específica de la media en términos de desviaciones estándar. Para determinar la puntuación z necesaria, se puede referenciar a la (Figura 17).

**Figura 17. Puntuación z para determinar el tamaño de la muestra en una población n.**

Nivel de confianza deseado	Puntuación z
80 %	1.28
85 %	1.44
90 %	1.65
95 %	1.96
99 %	2.58

Nota. Tomada de (SurveyMonkey, 2021).

Con base a lo anterior, para el presente proyecto de investigación se tendrá en cuenta lo siguiente:

***Nivel de confianza: 95%***

***Margen de error: 0.06(6%)***

***Proporción:0,5 (50%)***

La inclusión de "p" en la fórmula se debe a que, en poblaciones uniformes, se necesita un tamaño de muestra más pequeño. Cuando no se conoce la distribución, se usa  $p=50\%$  como suposición conservadora. Ya que se tienen en cuenta que el número de población de estudiante según la plataforma Academusoft como se detalla en la (Figura 18) es de:

***Tamaño de la población de estudiantes = 2639***

**Figura 18.** Captura reporte de los estudiantes del programa AcademuSoft.

Matriculados por Unidad Regional	
Tipo de Período	
SEMESTRAL	
Unidad Regional	
SECCIONAL AGUACHICA	
Programa	Total
ADMINISTRACION DE EMPRESAS - HORARIO ESPECIAL	82
ADMINISTRACION DE EMPRESAS - HORARIO NORMAL	543
CONTADURIA PUBLICA - HORARIO ESPECIAL	55
CONTADURIA PUBLICA - HORARIO NORMAL	544
ECONOMIA - HORARIO ESPECIAL	36
ECONOMIA - HORARIO NORMAL	247
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL - HORARIO NORMAL	261
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA - HORARIO NORMAL	414
INGENIERIA DE SISTEMAS - HORARIO NORMAL	425
TECNOLOGIA AGROPECUARIA - HORARIO NORMAL	32
<b>Total :</b>	<b>2639</b>

Nota. Tomada de (Aguachica, Registro y Control) 2023.

Como resultado, se obtuvo que el tamaño de la muestra para este proyecto de investigación es el siguiente:

**Estudiantes: 247**

Basado en los datos de muestra mencionados anteriormente, se utilizará el enfoque de "muestra aleatoria simple". Esto implica que se seleccionarán aleatoriamente estudiantes que hagan uso del salón donde se encuentra el prototipo para participar en el estudio.

### 3.2.1 Técnicas Para La Recolección De Datos

La toma de decisiones suele basarse en datos, ya que estos constituyen el elemento fundamental en cualquier investigación. Por lo tanto, para poder llevar a cabo los requisitos del proyecto de investigación se realizaron los siguientes:

#### 3.2.1.1 Entrevista.

Este proceso se realizó por parte de los investigadores utilizando el formato de entrevista estructurada, con el fin de recolectar información apropiada para el desarrollo de este proyecto, esta se realizó con un Especialista en redes y telecomunicaciones, una Especialista en ambiental y a un supervisor encargado de salones de la universidad

Popular del Cesar Seccional Aguachica, que brindaron sus conocimientos profundos del tema, para así tener una visión más amplia y concreta de la investigación.

### **3.2.1.2 Encuesta a los estudiantes que asisten al salón seleccionado de la Universidad Popular del Cesar**

La encuesta nos ayudó a la adquisición de datos del grupo demográfico al que se dirige el proyecto, específicamente los estudiantes y docentes del salón seleccionado de la Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica. Estos datos fueron sometidos a un análisis de naturaleza cuantitativa y descriptiva, contribuyendo así a la generación de conclusiones fundamentales para el proyecto, el cual se encuentra dentro del ámbito de la investigación aplicada con un enfoque cuantitativo descriptivo.

Además, la encuesta también busco obtener información sobre el conocimiento de sistemas IoT y la favorabilidad del uso de los mismos en el salón designado para la implementación del prototipo. Este aspecto proporcionó una visión valiosa sobre los posibles diseños y desarrollo de la aplicación que soportará el prototipo.

### **3.2.1.3 Observación Directa**

Esta técnica se empleará con el fin de observar y comprender los comportamientos y necesidades del sistema, sin interferir en ellos ni influir en su desarrollo. Esta técnica se utiliza para recopilar información de manera objetiva y precisa, para darle una mayor profundidad a la investigación.

### **3.3 Metodología de desarrollo**

#### **3.3.1 Prototipado evolutivo experimental**

Según la definición de (Basili, 1993), se centra en la creación de una solución inicial para abordar un problema específico. A partir de esta solución inicial, se da inicio a un proceso evolutivo de refinamiento. Este proceso se basa en la prueba de aplicación de la solución en cuestión a casos de estudio o problemáticas de mayor complejidad. A través de este enfoque, buscamos obtener una comprensión más profunda de los aspectos técnicos y funcionales del sistema.

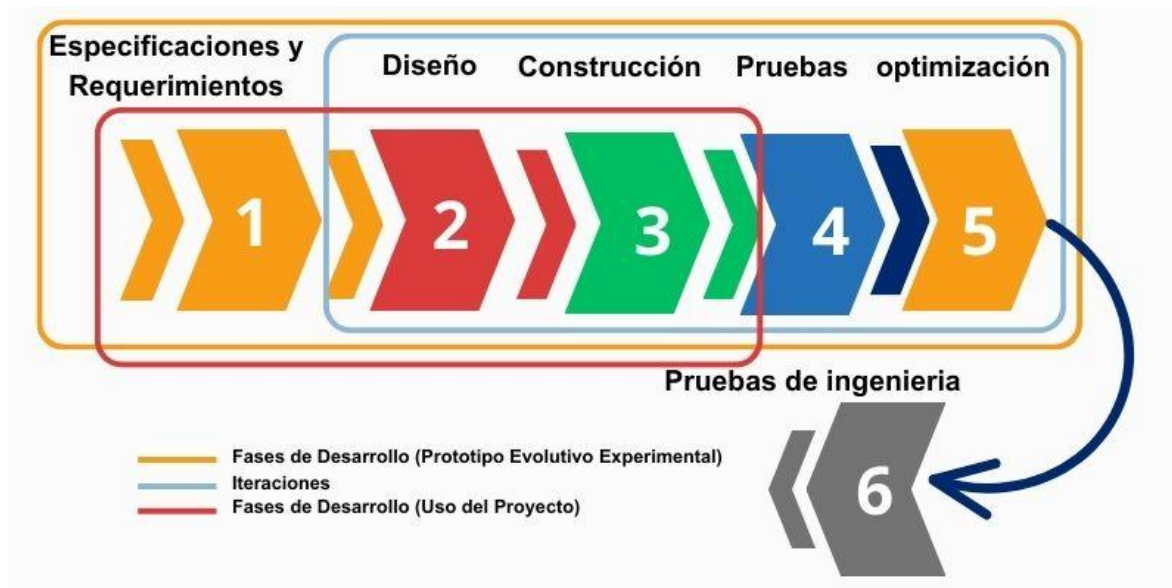
En este enfoque, se construye un prototipo del sistema de manera rápida y eficiente. Este prototipo se entrega al usuario con la intención de que lo experimente directamente. La interacción entre el usuario y el prototipo es esencial, ya que a través de un proceso de retroalimentación (feedback) se capturan de manera más precisa los requerimientos del sistema en un estado más refinado.

En la adaptación de la metodología del ciclo de vida del prototipo, se incluye una etapa específica en la que se entrega al cliente un producto final de ingeniería que ha sido perfeccionado para cumplir con sus requisitos y que está listo para iniciar su producción en serie. Esta fase desempeña un papel esencial en el desarrollo de prototipos para aplicaciones IoT que involucran una arquitectura de 5 capas como lo muestra en la (Figura 19).

En el marco de este proyecto, se decidió por adaptar la metodología de prototipado evolutivo experimental, enfocándonos específicamente en tres de las fases originales que componen esta metodología (Figura 19). Esta adaptación resalta su capacidad inherente para mantener la flexibilidad y la posibilidad de ajustes continuos y mejoras a lo largo de todo el proceso de desarrollo. Además, esta metodología ha demostrado ser exitosa en estudios anteriores, como el realizado por (Ramirez y otros, 2021) , donde se aplicó con

resultados positivos. Además, estas tres fases se basan en un detenido análisis de las necesidades del proyecto y sus particularidades. Es importante destacar que, a pesar de esta adaptación, la metodología conserva su habilidad para proporcionar una solución final que se ajusta de manera óptima a los requerimientos identificados.

**Figura 19.** *Etapa de desarrollo del prototipo.*



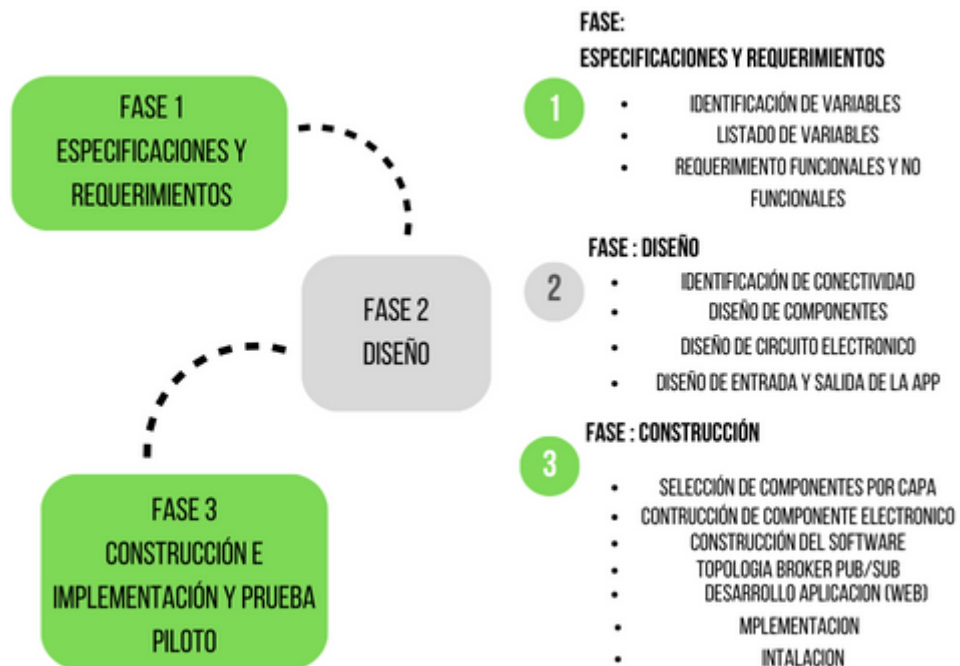
La línea roja indica el avance del proyecto a medida que se desarrolle.

Nota. Modificada y Tomada de (Amatriain y otros, 2016).

### 3.3.2 Fases Y Actividades

En esta sección se describe el desarrollo de la investigación diseñado para lograr los objetivos establecidos. La metodología de investigación empleada consta de cuatro fases que están directamente vinculadas a los objetivos específicos. Estas fases han sido concebidas y adaptadas para este proyecto en particular, sin basarse en ninguna metodología preexistente. La estructura de estas fases se presenta en la (Figura 20). Cada una de estas etapas se desglosa en subfases (SF) y actividades específicas (AC) que se detallarán a continuación.

**Figura 20.** Fases y Actividades de Desarrollo.



Nota. Elaboración Propia.

## 4. Esquema temático

**Cumplimiento Objetivo I. Requerimientos necesarios para la creación del prototipo, tomando en cuenta las características particulares de la Universidad Popular del Cesar.**

### 4.1 Fase I: Especificaciones y Requerimientos:

Identificar los requerimientos necesarios para la creación del prototipo, tomando en cuenta las características particulares de la Universidad Popular del Cesar.

#### 4.1.1 Identificación de las variables en el ambiente educativo.

En esta fase inicial, se lleva a cabo la identificación de las variables que impactan el entorno educativo. Este proceso se basa en observaciones iniciales y en un análisis exhaustivo de investigaciones pertinentes, podemos enfocar nuestros esfuerzos en monitorear estas áreas críticas. Lo que garantiza que el sistema aborde las preocupaciones ambientales más relevantes y actuales en el ambiente educativo.

Para la identificación de estas variables ambientales que están afectando las aulas, se realizan entrevistas y encuestas realizadas a los miembros de la Universidad, que nos brindaron información acerca de las condiciones y afectaciones que vivencian los estudiantes y docentes en las aulas de la Seccional.

Entrevistas y Encuestas: Se pudo llevar a cabo entrevistas con miembros clave de la comunidad educativa, como directivos e investigadores que brindaron información acerca de las afectaciones y que ellos consideran haber podido evidenciar en las aulas de la Universidad Popular del Cesar.

Observación Directa: Se realizó visitas a las instalaciones educativas, (ver anexo B "imágenes.") de la Universidad para observar las clases, interacciones docente-estudiante y evaluar la infraestructura.

**Tabla 3.** Selección de las variables ambientales

<b>Código</b>	<b>Variable Ambientales</b>
VA1	Calidad del aire
VA2	Temperatura.
VA3	Humedad.
VA4	Concentración de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).
VA5	Niveles de iluminación.
VA6	Niveles de ruido.
VA7	Presión atmosférica.
VA8	Velocidad del viento.
VA9	Radiación ultravioleta (UV).

Nota. Elaboración propia.

#### **4.1.2 Listado de variables ambientales para el desarrollo de las actividades educativas que se puedan monitorear.**

Esta fase es de vital importancia en el proceso de investigación ya que las variables cuidadosamente seleccionadas no han sido fruto del azar, sino que se han definido en estrecha colaboración con una licenciada ambiental experimentada. La elección de estas variables se basa en su impacto comprobado en el bienestar y el desempeño académico de los estudiantes en el entorno de las aulas educativas.

Por consiguiente, la determinación de estas variables se apoya en su demostrada capacidad para incidir en el bienestar y el rendimiento de los estudiantes, lo que convierte el sistema de monitoreo en una parte esencial para la mejora de las condiciones ambientales en las aulas de la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica.

**Tabla 4.** Listado de variables ambientales.

<b>Código</b>	<b>Variable Ambientales</b>
VA1	Calidad del aire
VA2	Temperatura.
VA3	Humedad.
VA4	Concentración de dióxido de carbono (CO2).
VA5	Radiación ultravioleta (UV).
VA6	Niveles de iluminación.

Nota. Elaboración propia.

#### 4.1.3 Análisis de los requisitos funcionales y no funcionales para el desarrollo del sistema.

Se definen los requisitos específicos que debe cumplir el sistema de monitoreo ambiental, asegurando su efectividad y alineación con los objetivos del proyecto.

**Tabla 5.** Requisitos Funcionales.

<b>ID</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>RF1</b>	Recopilación de datos en tiempo real.	El sistema debe conectar y recopilar datos de sensores de CO2, temperatura, humedad y radiación UV.
<b>RF2</b>	Procesamiento de datos para generar alertas.	Se deben implementar el envío de notificaciones a los usuarios de la aplicación.
<b>RF3</b>	Presentación de datos a través de una interfaz de usuario.	Proporcionar una interfaz de usuario para visualizar los datos de los sensores.
<b>RF4</b>	Comunicación MQTT	Debe permitir la comunicación entre el Arduino y el servidor Mosquitto utilizando MQTT.
<b>RF5</b>	Servidor Backend	Se debe implementar un servidor backend para recibir y procesar los datos de los sensores.

<b>RF6</b>	Base de Datos	El sistema debe utilizar base de datos para almacenar los datos de los sensores.
<b>RF7</b>	API	Se debe desarrollar una API para acceder a los datos almacenados en DB a través de solicitudes HTTP.
<b>RF8</b>	Autenticación por Correo Institucional	Los usuarios deben autenticarse mediante correos institucionales.
<b>RF9</b>	Control de Acceso a Datos	El sistema debe contar con roles de usuario, incluyendo administrador y suscriptor.
<b>RF10</b>	Administrador	Los administradores pueden gestionar usuarios, Salones, asignar roles y revocar accesos.
<b>RF11</b>	Configuración de Roles	El sistema debe tener restricción determinada por roles de usuarios definidos.
<b>RF12</b>	Configuración de Sensores	Debe ser posible configurar y añadir los sensores al sistema.
<b>RF13</b>	Suscriptor	Los suscriptores deben poder acceder a los datos de los sensores en tiempo real a través de la API.
<b>RF14</b>	Cumplimiento normativo	El sistema debe cumplir con las regulaciones y estándares de seguridad de datos aplicables en el ámbito educativo y de salud.

Nota. Elaboración Propia.

**Tabla 6** Requisito No Funcionales.

<b>ID</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
<b>RNF1</b>	Seguridad	El sistema debe cumplir con estándares de seguridad rigurosos para proteger los datos.
<b>RNF2</b>	Usabilidad	La interfaz de usuario debe ser fácil de usar y comprensible.
<b>RNF3</b>	Almacenamiento en AWS	Configurar y optimizar servidores e infraestructura en AWS.
<b>RNF4</b>	Disponibilidad	El sistema debe estar disponible la mayor parte del tiempo.
<b>RNF5</b>	Portabilidad	El sistema debe funcionar correctamente en distintos tipos de

		sistemas operativos y plataformas de hardware
<b>RNF6</b>	Rendimiento	El sistema debe poder manejar un gran flujo de información durante los procesos que se estén realizando
<b>RNF7</b>	Desempeño	El sistema debe funcionar de manera continua y sin errores tanto durante su implementación inicial como en su operación normal
<b>RNF8</b>	Escalabilidad	El sistema debe poder manejar un mayor volumen de datos o usuarios.

Nota. Elaboración Propia.

#### **4.1.4 Identificación y Evaluación de las tecnologías a utilizar**

Para la identificación de las tecnologías específicas que se utilizaron en el desarrollo, se evaluaron las características de diferentes sensores y dispositivos, y luego se seleccionaron aquellos que mejor se adaptaban a las necesidades de la investigación.

##### **4.1.4.1 Selección y Evaluación de Sensores**

Uno de los pilares fundamentales para realizar el proyecto de grado se debe a la capacidad de monitorear de manera precisa y efectiva las variables ambientales en entornos educativos. Esto se logró después de llevar a cabo una cuidadosa selección y evaluación de los sensores que se identificaron en el sistema de monitoreo. La elección de sensores apropiados fue un proceso crucial que influyó directamente en la calidad de los datos recopilados y, en última instancia, en la utilidad de la solución final. Además, no solo se identificaron sensores que se ajustaran a nuestras necesidades técnicas, sino que también consideramos aspectos como el costo, la disponibilidad en el mercado y la facilidad de integración con nuestra arquitectura tecnológica.

Para llevar a cabo este proceso, se realizó un análisis exhaustivo de diversos sensores disponibles en el mercado, centrándose en las variables ambientales específicas que se van a monitorear, como temperatura, luminosidad, humedad, concentración de CO<sub>2</sub>, Radiación UV y calidad del aire. Cada uno de estos sensores fue evaluado en términos

de su rango de medición, longevidad, precisión, consumo de energía y compatibilidad con nuestras plataformas tecnológicas escogidas.

## Temperatura

Los sensores de temperatura son dispositivos que convierten los cambios en la temperatura en señales eléctricas. Estas señales se transforman y se procesan mediante componentes eléctricos o electrónicos.

**Tabla 7.** Evaluación sensores de temperatura.

<b>Sensores</b>	<b>DHT11</b>	<b>DHT22 (AM2302)</b>	<b>DHT21</b>	<b>Ds18b20</b>	<b>BME280</b>	<b>SHT3x</b>	<b>Lm35 Dz</b>
<b>Rango de Medición</b>	20% a 80% HR	0% a 100% HR	0% a 100% HR	-55°C a 125°C	0% a 100% HR	0% a 100% HR	-55°C a 150°C
<b>Precisión</b>	±5% HR	±2-5% HR	±0.5°C	±0.5°C	±3-3.5% HR	±2% HR	±0.5°C
<b>Resolución</b>	1% HR	0.1% HR	0.1% HR	12 bits (0.0625°C)	0.1% HR	0.01% HR	10 mV/°C
<b>Alimentación</b>	3.3-5.5 V	3.3-5.5 V	VCC y datos (1-Wire)	VCC y datos (1-Wire)	3.3-5.5 V	2.15-5.5 V	VCC
<b>Comunicación</b>	Digital (1°C)	Digital (I <sup>2</sup> C)	Digital (1-Wire)	Digital (1-Wire)	Digital (I <sup>2</sup> C o SPI)	Digital (I <sup>2</sup> C o UART)	Análoga
<b>Tiempo de Respuesta</b>	~2 segundos	~2 segundos	750 milisegundos	750 milisegundos	11.3 milisegundos	8 milisegundos	Milisegundos
<b>Temperatura de Funcionamiento</b>	0°C a 50°C	-40°C a 80°C	-55°C a 125°C	-55°C a 125°C	-40°C a 85°C	-40°C a 125°C	-40°C a 110°C
<b>Ventajas</b>	Económico, fácil de usar	Mayor precisión, amplio rango de	Fácil de usar, Única dirección	Fácil de usar, Única dirección	Medición de presión y temperatura	Alta precisión, bajo consumo de energía	Fácil de usar, Bajo costo.

		temperatura.			además de humedad		
<b>Desventajas</b>	Menos preciso y rango de medición limitado	Más costoso que DHT11, menos preciso que algunos sensores de capacidad	Menos adecuado para altas temperaturas.	Menos adecuado para altas temperaturas.	Requiere calibración de presión y temperatura para mediciones precisas	Costo más alto	Menos preciso que algunos otros sensores.

**Nota. Elaboración propia.**

Se seleccionaron los sensores DHT11 y DHT22 debido a que sus características y capacidades se adecuaban perfectamente a nuestras necesidades. Mientras que el DHT11 representaba una alternativa económica y apropiada para aplicaciones sencillas de monitoreo de temperatura y humedad, el DHT22 se destacaba por ofrecer una precisión superior y un rango de medición más amplio, convirtiéndolo en la elección avanzada ideal para situaciones que exigían una mayor exactitud.

**Radiación UV**

Los sensores de radiación UV utilizan materiales que reaccionan a la radiación ultravioleta del sol. Cuando estos materiales absorben radiación UV, experimentan cambios que afectan sus propiedades eléctricas. Estos cambios eléctricos se convierten en señales que permiten medir la intensidad de la radiación ultravioleta en el entorno.

**Tabla 8.** Evaluación de sensores UV.

Sensores	GUVA-S12SD	UVM-30A	GY-8511 (GY-ML8511)	ML8511	LTR390-uv-01
Rango de Medición	240-370nm	200-370 nm	280-390 nm.	280-390 nm	280-400 nm.

<b>Tipo de Sensor</b>	Fotodiodo	Fototransistor	UV	UV	UV
<b>Precisión</b>	Índice UV +/- 1	1 UV	Depende de varios factores	Depende de varios factores	Variable
<b>Resolución</b>	10 bits	10 bits	10 bits	10 bits	De 13 a 20 bits
<b>Alimentación</b>	2.7-5.5VDC	3.3-5.5 V	3.3 V	2.7-3.6 V	3.3 V
<b>Comunicación</b>	Analógica	Analógica	Salida Analógica	Salida Analógica, algunas versiones con interfaz digital	Salida Analógica o Digital
<b>Tiempo de Respuesta</b>	0.5 seg	<0,5 seg	rango de 0.1 a 1 seg	rango de 0.1 a 1 seg	rango de milisegundos.
<b>Ventajas</b>	Específico para UV-B	Bajo costo, fácil de usar	Adecuado para diversas aplicaciones de medición de radiación UV	Sensible y preciso para aplicaciones de medición de radiación UV	Ampliamente utilizado en aplicaciones de medición de radiación UV
<b>Desventajas</b>	Limitado a UV-B	Menos preciso	Sensibilidad a la radiación visible, puede requerir filtrado	Sensibilidad a la radiación visible, puede requerir filtrado	Sensibilidad a la radiación visible, puede requerir filtrado

Nota. **Elaboración propia**

### Concentración CO<sub>2</sub>

Los sensores de CO<sub>2</sub> detectan los niveles de dióxido de carbono en el aire mediante un proceso que mide cómo ciertos materiales cambian sus propiedades eléctricas en función de la concentración de CO<sub>2</sub>. Estos cambios se convierten en señales eléctricas que indican los niveles de CO<sub>2</sub> presentes en el ambiente.

**Tabla 9.** Evaluación sensores de concentración de CO<sub>2</sub>.

<b>Sensor</b>	<b>MG811</b>	<b>MH-Z19</b>	<b>CCS811</b>
<b>Rango de Medición CO<sub>2</sub></b>	350-10,000 ppm (aprox.)	0-2,000 ppm (aprox.)	400 a 8192 ppm (aprox.)

<b>Tipo de Sensor</b>	Electroquímico	NDIR (No dispersivos)	Electr. y NDIR
<b>Precisión</b>	±50 ppm o ±5% (mayor)	±50 ppm o ±5% (mayor)	±30 ppm o +3%(mayor)
<b>Alimentación</b>	140 ± 20 mA.	4.5 ~ 5.5 V DC	3.3 V o 5 VCC
<b>Comunicación</b>	Principalmente analógico	Analógico y UART	I2C y UART
<b>Tiempo de Respuesta</b>	≤ 10 seg	< 120 seg	1 a 2 seg
<b>Ventajas</b>	Amplio rango de medición, durabilidad	Alta precisión, fácil integración	Mide CO2 y VOC, bajo consumo
<b>Desventajas</b>	Requiere calibración, afectado por temperatura y humedad	Requiere calibración, precio más alto	Requiere calibración, afectado por temperatura y humedad

Nota. Elaboración propia

## Humedad

Los sensores de humedad se basan en la capacidad del agua para conducir electricidad. Estos sensores utilizan un par de cables eléctricos desnudos, es decir, sin aislante, que permiten la conducción de una pequeña corriente eléctrica cuando están expuestos a la humedad. Esta señal eléctrica se amplifica y se convierte en un indicador sensible de la humedad del entorno.

**Tabla 10.** Evaluación de sensores Humedad.

<b>Sensor</b>	<b>BME280</b>	<b>SHT3x (SHT31, SHT35)</b>	<b>DHT11</b>	<b>DHT22</b>
<b>Tipo de Sensor</b>	Temperatura, humedad y presión	Temperatura y humedad relativa	Temperatura y humedad relativa	Temperatura y humedad relativa
<b>Rango de Medición de Temperatura</b>	-40°C a 85°C	-40°C a 125°C	0°C a 50°C	-40°C a 80°C
<b>Rango de Medición de Humedad Relativa</b>	0% a 100%	0% a 100%	20% a 80%	0% a 100%

<b>Precisión de Temperatura</b>	±0.5°C típica	±0.3°C típica	±2°C típica	±0.5°C típica
<b>Precisión de Humedad Relativa</b>	±3% típica	±2% típica	±5% típica	±2-5% típica
<b>Resolución de Temperatura</b>	0.01°C	Variable	1°C	0.1°C
<b>Resolución de Humedad Relativa</b>	0.008%	Variable	1%	1%
<b>Alimentación</b>	3.3 V o 5 V CC	3.3 V o 5 V CC	3.3 V o 5 V CC	3.3 V o 5 V CC
<b>Comunicación</b>	I <sup>2</sup> C, SPI	I <sup>2</sup> C	Digital(I <sup>2</sup> C)	Digital(I <sup>2</sup> C)
<b>Tiempo de Respuesta</b>	Milisegundos	Milisegundos	2 seg	2 seg
<b>Ventajas</b>	Alta precisión en temperatura, humedad y presión	Alta precisión en temperatura y humedad	Fácil de usar, bajo costo	Precisión mejorada en comparación con DHT11

**Nota.** Elaboración propia

## Calidad del aire

**Tabla 11.** Evaluación de sensores de calidad de aire.

<b>Sensor</b>	<b>CCS811</b>	<b>PMSA00</b>	<b>MQ-135</b>	<b>SGP40</b>
<b>Tipo de Sensor</b>	Sensor de CO <sub>2</sub> y VOC	Sensor de partículas PM <sub>2.5</sub>	Sensor de gas	Sensor de VOC
<b>Gases Detectados</b>	CO <sub>2</sub> , VOC	Partículas PM <sub>2.5</sub>	Amoniaco, sulfuro, benceno, humo	Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)
<b>Rango de Medición CO<sub>2</sub></b>	0-2,000 ppm (aprox.)	0.3 a 1.0 micrómetros (µm) 1.0 a 2.5 µm 2.5 a 10 µm	10ppm~ 1000ppm	0 ppm ~1000ppm
<b>Alimentación</b>	3.3 V o 5 V CC	5 V CC	5V	3.3 V o 1.8 V
<b>Comunicación</b>	I <sup>2</sup> C y UART	I <sup>2</sup> C	Digital, Analógica	I <sup>2</sup> C
<b>Tiempo de Respuesta</b>	1 a 2 seg	<10 seg	<30 seg	<10 seg

<b>Ventajas</b>	Mide CO2 y VOC, bajo consumo	Mide partículas PM2.5, útil para evaluar calidad del aire	Alta precisión en detección de VOC
<b>Desventajas</b>	Requiere calibración, afectado por temperatura y humedad	Precisión limitada, calibración y mantenimiento	Precio más alto, afectado por temperatura y humedad

Nota. Elaboración propia

### Sensores de Luminosidad

**Tabla 12.** Sensores de Luminosidad.

<b>Sensor</b>	<b>GL5528 (LDR)</b>	<b>BH1750 (Sensor de Luz)</b>	<b>KY-018 (Módulo de Luz)</b>
<b>Tipo de Sensor</b>	Resistencia Dependiente de la Luz	Sensor de Luz Ambiental Digital	Sensor de Luz Ambiental con Módulo
<b>Rango de Medición de Luz</b>	Variable según el LDR	1 lux a 65,535 lux	Variable según el LDR
<b>Precisión</b>	Variable según el LDR	Razonable	Variable según el LDR
<b>Resolución</b>	Variable según el LDR	Variable según el modelo	Variable según el LDR
<b>Resistencia en Oscuridad</b>	Variable según el LDR	No aplica	Variable según el LDR
<b>Alimentación</b>	No aplica	3.3 V o 5 V CC	No aplica
<b>Comunicación</b>	No aplica	I2C	No aplica

<b>Tiempo de Respuesta</b>	Rápido	Rápido	Rápido
----------------------------	--------	--------	--------

Nota. Elaboración propia.

#### 4.1.4.2 Selección y Evaluación de Dispositivos

La decisión de elegir los dispositivos IoT adecuados es igualmente importante para que el sistema de monitoreo ambiental en entornos educativos funcione correctamente. Estos dispositivos serán como centros de recopilación y envío de datos, por lo que debemos ser muy cuidadosos y precisos al seleccionarlos.

De manera similar, a cómo se eligieron los sensores, se han examinado minuciosamente diferentes dispositivos IoT que están disponibles en el mercado. Cada dispositivo fue analizado en función de su capacidad de procesamiento, opciones de conectividad, precisión, seguridad, longevidad, firmware utilizado, usabilidad, integración con servicios en la nube y por supuesto, costo.

La elección de estos dispositivos fue acorde con la arquitectura tecnológica de la investigación que garantiza una transmisión de datos confiable y eficiente desde los sensores hasta el servidor central, a continuación, se muestran diferentes dispositivos de IoT:

**Tabla 13.** Diferentes Dispositivos IoT

<b>Dispositivo</b>	<b>Adecuado para Prototipado</b>	<b>Característica Adicional</b>
<b>Raspberry Pi</b>	Sí	Capacidad de computación completa
<b>Arduino</b>	Sí	Plataforma de código abierto
<b>Cámaras IP</b>	Sí	Vigilancia y monitoreo de vídeo

<b>Actuadores</b>	Sí	Control físico
<b>Qualcomm/NVIDIA</b>	Sí	Potencia de procesamiento
<b>Plataformas en la Nube</b>	Sí	Gestión y análisis de datos IoT
<b>Beacon Bluetooth</b>	Sí	Comunicación de proximidad

Nota: Elaboración Propia.

El IoT ha revolucionado la forma en que se interactúa con el mundo digital y físico que nos rodea. La capacidad de conectar objetos cotidianos a la red, permitiendo comunicarse y recopilar datos, esto ha abierto las puertas a una amplia gama de aplicaciones que van desde la automatización del hogar hasta la monitorización industrial. En este contexto, los dispositivos como Raspberry Pi, Arduino y ESP8266/ESP32 se destacan como pilares esenciales en el proceso de prototipado de proyectos IoT. Estos dispositivos proporcionan a los desarrolladores herramientas y recursos necesarios para convertir ideas en realidad de manera rápida y efectiva. Permiten crear sistemas que pueden recopilar, procesar y transmitir datos, controlar dispositivos y realizar una amplia variedad de tareas dentro del ámbito del IoT.

A continuación, se exploran las plataformas con sus características más distintivas que los hacen especialmente adecuados para el prototipado de este proyecto de investigación.

**Raspberry Pi:** Estas mini computadoras de placa única son extremadamente versátiles y pueden ejecutar sistemas operativos completos. Esto les permite funcionar como servidores web, recopilar y procesar datos, y ejecutar aplicaciones IoT más complejas. Son ideales para prototipado debido a su potencia de cálculo y facilidad de conexión de periféricos.

**ESP8266/ESP32:** Estos microcontroladores ofrecen conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada, lo que los hace perfectos para proyectos IoT que requieren comunicación inalámbrica. Son económicos y ofrecen un buen equilibrio entre capacidades y facilidad de uso, lo que los convierte en una opción popular para prototipos de IoT.

De acuerdo a los diferentes dispositivos que existen en el mercado actualmente, se pudo determinar diferentes características que identifican cada uno de estos, como se muestra a continuación:

Tabla 14. Familia de los ESP

<b>Dispositivo</b>	<b>Características Importantes</b>
<b>ESP8266</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conectividad Wi-Fi.</li> <li>- Bajo consumo de energía.</li> <li>- Amplia comunidad de desarrolladores.</li> <li>- Tamaño compacto.</li> </ul>
<b>ESP32</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conectividad Wi-Fi y Bluetooth.</li> <li>- Mayor potencia de procesamiento.</li> <li>- Amplia variedad de interfaces de E/S y sensores.</li> </ul>
<b>NodeMCU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP8266.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi.</li> <li>- Amplia comunidad de desarrolladores.</li> <li>- Ideal para proyectos IoT y prototipos.</li> </ul>
<b>Wemos D1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP8266.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi.</li> <li>- Tamaño compacto y bajo costo.</li> <li>- Amplia compatibilidad con shields de Arduino.</li> </ul>

<p><b>Adafruit HUZZAH</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP8266.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi.</li> <li>- Ideal para proyectos IoT y wearables.</li> <li>- Amplia comunidad y soporte.</li> </ul> <p>Particle Photon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conectividad Wi-Fi y nube para IoT.</li> <li>- Plataforma de desarrollo en la nube Particle.io.</li> <li>- Amplia comunidad de desarrolladores.</li> </ul>
<p><b>M5Stack</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP32.</li> <li>- Plataforma modular con pantalla y sensores.</li> <li>- Amplia comunidad y creciente ecosistema.</li> </ul>
<p><b>Heltec ESP32</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP32.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi y Bluetooth.</li> <li>- Incorpora pantallas OLED para visualización.</li> </ul>
<p><b>TTGO T-Display</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP32.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi y Bluetooth.</li> <li>- Pantalla TFT incorporada para visualización.</li> </ul>
<p><b>WeMos D1 Mini</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Basado en ESP8266.</li> <li>- Conectividad Wi-Fi y USB.</li> <li>- Amplia compatibilidad con shields de Arduino.</li> <li>- Tamaño compacto y bajo costo.</li> </ul>
<p><b>ESP-01</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Módulo compacto basado en ESP8266.</li> </ul>

	- Conectividad Wi-Fi.
	- Ampliamente utilizado en proyectos IoT.
	- Basado en ESP8266.
	- Conectividad Wi-Fi.
<b>ESP-12E</b>	- Tamaño compacto y capacidad de E/S.
	- Ideal para aplicaciones de IoT y prototipos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Familia de los arduinos

<b>Dispositivo</b>	<b>Características Importantes</b>
<b>Arduino Uno</b>	- Facilidad de programación y uso. - Amplia disponibilidad de bibliotecas y shields. - Ideal para proyectos más simples de IoT.
<b>Arduino Mega</b>	- Mayor cantidad de puertos y memoria que Arduino Uno. - Adecuado para proyectos de IoT más complejos.
	<b>Arduino Nano</b>
	- Adecuado para aplicaciones de IoT con restricciones de espacio.
<b>Arduino MKR1000</b>	- Conectividad Wi-Fi integrada. - Diseñado específicamente para proyectos de IoT.
<b>Arduino MKR NB 1500</b>	- Conectividad NB-IoT para amplia cobertura de red celular.

	- Ideal para proyectos IoT que requieren una amplia cobertura.
<b>Arduino MKR GSM 1400</b>	- Conectividad GSM para comunicación de datos a través de redes celulares. Adecuado para proyectos IoT con conectividad celular.
<b>Arduino Due</b>	- Mayor rendimiento de procesamiento. - Amplia variedad de interfaces y capacidades de E/S.
<b>Arduino Pro Mini</b>	- Tamaño compacto y bajo costo. - Adecuado para aplicaciones de IoT con restricciones de espacio.
<b>Arduino Leonardo</b>	- Procesador ATmega32u4. - Conectividad USB integrada. - Ideal para proyectos con USB y comunicación HID.
<b>Arduino Micro</b>	- Tamaño compacto y conectividad USB. - Ideal para proyectos portátiles y aplicaciones HID.

Fuente: elaboración propia.

## **Cumplimiento Objetivo II. Diseño del modelo IoT basados en el análisis detallado de los requerimientos y las limitaciones tecnológicas identificadas.**

### **4.2 Identificación de la arquitectura de la conectividad en la universidad.**

Antes de abordar la identificación de la conectividad en la Universidad Popular del Cesar, es fundamental considerar el valioso proyecto desarrollado por Ramos López y otros (2023), que proporciona información detallada sobre la infraestructura de la red, la

topología de la red, un inventario detallado de dispositivos, información técnica relevante y necesidades específicas de conectividad. A continuación, se presentan los pasos que resultaron clave para esta actividad:

### **Infraestructura de Cableado:**

Se ha identificado que el cableado existente en la universidad se encuentra en condiciones obsoletas y utiliza diversas categorías (categoría 5, 5E, 6, 6A).

### **Redes Inalámbricas:**

La Universidad dispone una infraestructura de red inalámbrica que se componen de múltiples redes Wi-Fi abarcando todo el campus, incluyendo áreas comunes, aulas, bibliotecas y otros espacios académicos. Los puntos de acceso inalámbrico se ubican en diferentes sitios. Esta diversidad brinda flexibilidad tanto en términos de la extensión de la cobertura como en la capacidad para atender la demanda de conectividad en diferentes áreas del campus.

### **Switches y Equipos de Red:**

Se han identificado varios equipos de red, incluyendo información detallada sobre switches de diferentes marcas y modelos que son parte de la infraestructura de la red. Es importante conocer estos equipos y su capacidad para gestionar la red.

Además, para tener una visión completa de las VLANs (Virtual local área Network) existentes en la red de la universidad, La Figura 21 muestra claramente la distribución de las VLANs en la infraestructura de la red de la seccional. Esta figura es de gran relevancia para comprender como esta organizadas las VLANs y su distribución en la red de la Seccional Aguachica.

### **Control de Acceso:**

Se han mencionado controles de acceso como parte de las medidas de seguridad, incluyendo autenticación de usuarios, autorización, encriptación y firewall. Estos elementos son fundamentales para proteger la red de accesos no autorizados.

**Tecnologías Futuras:**

Se mencionan como estas tecnologías futuras podrían integrarse, como 5G, IoT, inteligencia artificial y SDN, que podrían utilizarse para mejorar el rendimiento y la escalabilidad de la red.

**Disponibilidad de Personal:**

Se ha destacado que la institución cuenta con personal calificado para gestionar las necesidades de sistemas, lo que es fundamental para mantener y mejorar la red.

**Velocidad de la Red Actual:**

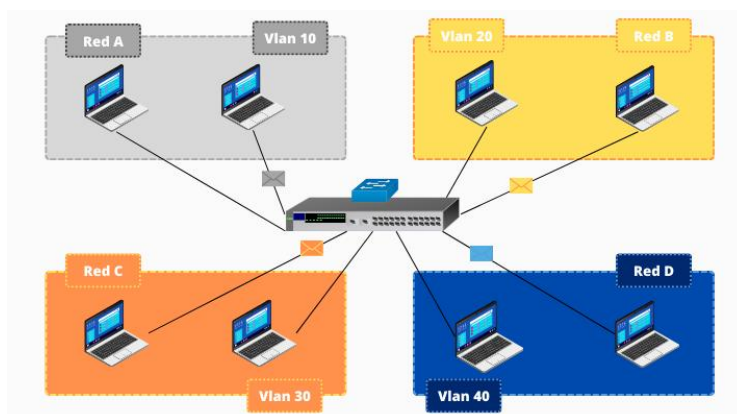
Se ha señalado que la velocidad de la red proporcionada por el proveedor de servicios es de 500 Mbps. Esto es relevante para entender las limitaciones actuales (Ramos Lopez y otros, 2023).

La recopilación de información anteriormente detallada sobre la Identificación de la arquitectura de la conectividad en la universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica revelo aspectos clave que impactan en la eficiencia y seguridad de la red. Sin embargo, un elemento esencial que merece destacarse es la utilización de VLANs. Las VLANs desempeñan un papel fundamental en la optimización y organización de la red. A continuación, profundicemos en la importancia de estas VLANs.

**Vlans**

Las VLANs, abreviatura de Redes de Área Local Virtual, son una tecnología que posibilita la segregación del tráfico en una red. En lugar de tener todos los dispositivos conectados a una única red grande donde pueden comunicarse directamente entre sí, las VLANs nos brindan la capacidad de agrupar los dispositivos y, lo que es aún más importante, de separarlos en redes más pequeñas. Cada una de estas redes más pequeñas se denomina una VLAN distinta.

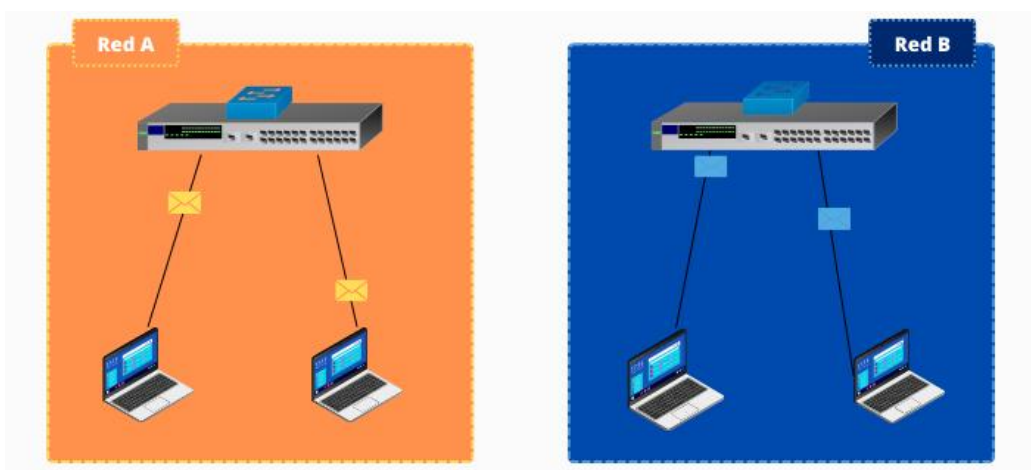
Figura 21. Redes Virtuales Vlans



Nota. Elaboración Propia

Existen otras opciones que aprovechan las tecnologías de las VLANs. Aunque, es importante destacar que no es estrictamente necesario establecer configuraciones de VLANs en los dispositivos de una red para lograr la segmentación de redes. Como se ilustra en la (Figura 22), en esa situación los dispositivos de la red A no tienen la capacidad de comunicarse con la red B.

Figura 22. Redes separadas sin Vlans



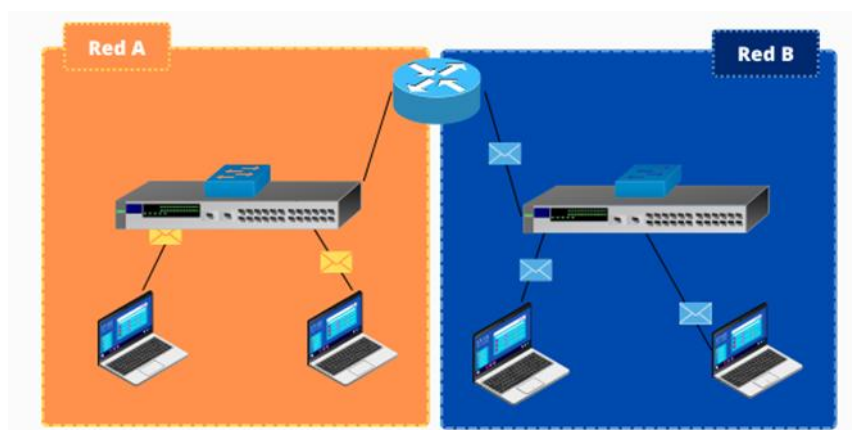
Nota. Elaboración Propia

De esta manera, se pueden mantener redes separadas sin necesidad de utilizar VLANs. Sin embargo, si deseamos agregar más redes, simplemente tenemos que añadir más

switches, cada uno creando su propia red independiente. A pesar de esta simplicidad, es importante tener en cuenta que esta opción puede volverse costosa, especialmente para empresas medianas o grandes que suelen preferir el uso de VLANs.

La falta de implementación de Vlan conlleva el inconveniente de que a medida que la red se expande, se requerirán más switches, lo que aumenta la complejidad de la red, esto implica un mayor gasto económico. Por lo general, las redes se plantean como entornos interconectados, donde los dispositivos de una red pueden necesitar comunicarse con los dispositivos de otras redes. Esta interconexión se logra mediante el uso de un Router, cuya función principal es permitir el tráfico entre redes independientes, como se ilustra en la Figura 23.

Figura 23. Redes interconectadas



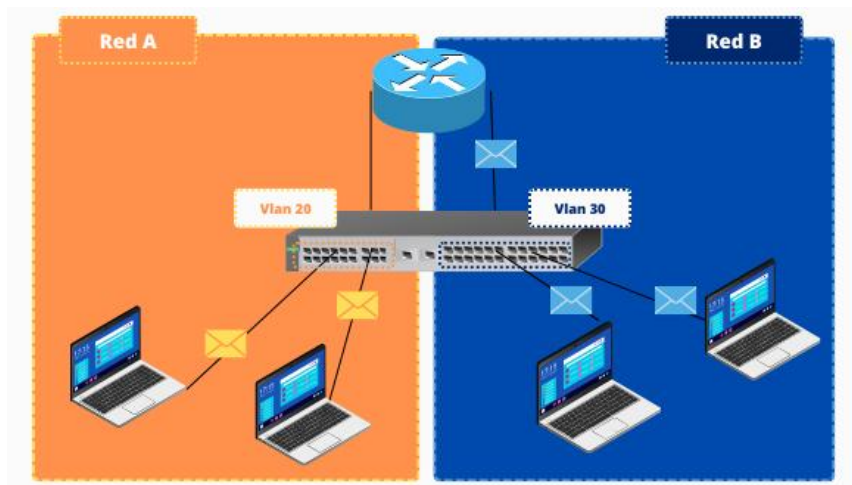
Nota. Elaboracion Propia

Cuando se introduce un router en la configuración, surge un desafío aún mayor. Debido a que, al no utilizar VLANs, nos vemos en la necesidad de asignar un puerto de switch para cada nueva red que creamos, esto implica no solo la asignación de puertos, sino también la necesidad de un cable adicional por cada red adicional. Además, no podemos pasar por alto el costo que implica la adquisición de routers con múltiples puertos.

Es crucial comprender cómo funcionan las VLANs y cómo ofrecen una solución a estos problemas. Mediante un solo switch como se muestra en la (Figura 24)., podemos crear

redes independientes denominadas Vlan, lo que significa que ya no requerimos un switch dedicado para cada red. Logramos esto configurando los puertos del switch de acuerdo a las Vlan que nos interesen.

Figura 24. Implementación de Vlan en un Solo Switch



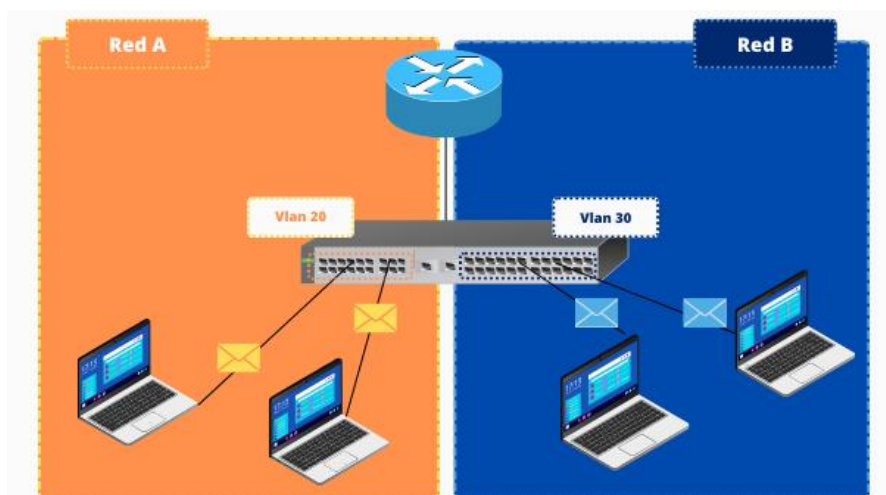
Nota. Elaboracion propia

La clave del funcionamiento de las VLANs radica en la capacidad de un solo switch para operar como si fueran dos switches separados. Esto se logra a través de la tecnología VLAN, que permite que un switch único funcione como dos switch virtuales dentro de una única unidad física. Estos switch virtuales nunca reenviarán datos de una VLAN a otra; todo lo que se envíe por un puerto de una Vlan se transmitirá a través de puertos de la misma Vlan. Esta distinción es fundamental para comprender cómo operan las VLANs.

La cuestión es si un dispositivo de una VLAN puede comunicarse con otro de una VLAN distinta. En la práctica, esta comunicación es posible. Funciona a través de un enrutador que dirige el tráfico entre las VLAN. Cuando un dispositivo de una VLAN envía información a otra VLAN, el enrutador toma decisiones de enrutamiento y reenvía la información al switch, utilizando un puerto que pertenece a la VLAN de destino. Esto permite que el tráfico alcance el dispositivo en la otra VLAN.

De esta manera, se conserva la misma capacidad de comunicación que se tenían en antiguos modelo sin Vlans, pero con importantes mejoras. No solo ahorramos en switches, sino también en puertos y conexiones. Además, con la tecnología de Trunking o enlaces troncales, podemos optimizar aún más el diseño de la red, lo que reduce costos y permite su escalabilidad para satisfacer nuestras necesidades de investigación.

Figura 25. Vlans con enlaces troncales



Nota. Elaboración Propia

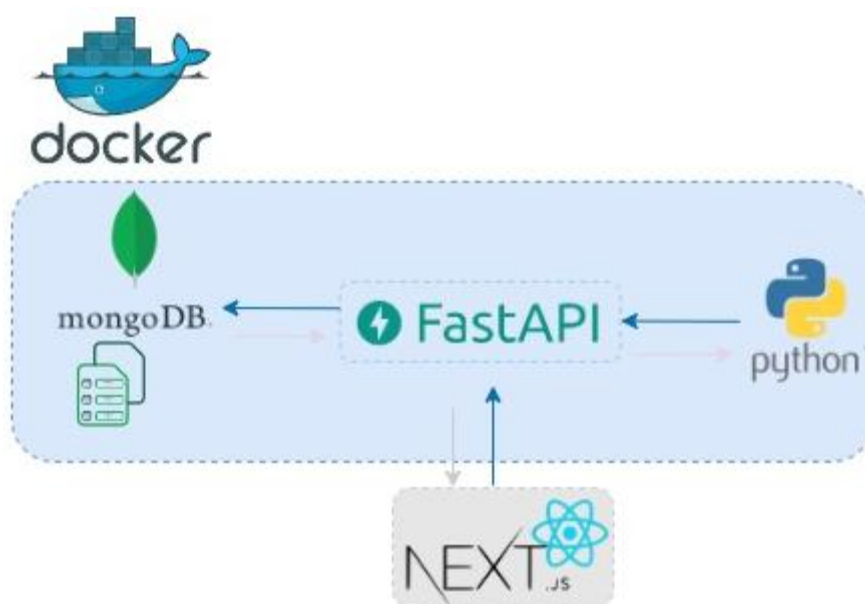
De acuerdo a esto, la implementación de una VLAN específica para IoT es la opción más adecuada para el proyecto de investigación, ya que es una solución sólida para la segmentación de la red, la cual nos permitirá optimizar la gestión de dispositivos y datos, donde la conectividad constante a internet es esencial para asegurar una operación eficaz.

## 4.2.1 Selección y Uso del Framework de Desarrollo

### La Pila FARM

Para la selección y usos del framework adecuados para la investigación se tiene en cuenta las especificaciones y ventajas más notables de las herramientas tecnológicas como se muestra en la (figura 26). En el desarrollo se optó por la Pila FARM, que hace referencia a la combinación de FastAPI, React y MongoDB (Bassett, 2022).

Figura 26. Pila FARM



Nota. Elaboración Propia

### FastAPI: Eficiencia y Rendimiento

FastAPI es una poderosa herramienta que destaca por su eficiencia y rendimiento. Gracias a su sistema de procesamiento asíncrono, puede manejar múltiples solicitudes simultáneas, garantizando respuestas rápidas y una experiencia de usuario ágil (FastAPI, 2021).

### Uso de una API Pública:

En el desarrollo del sistema IoT, hemos hecho uso de una API pública, conocida como API abierta, que es accesible para el público sin restricciones (GURRÍA, 2022).

### **Arquitectura Basada en FastAPI**

FastAPI es una elección lógica para implementar la API en el servidor Backend debido a su arquitectura eficiente y versátil. Este framework de desarrollo web en Python agiliza la creación de APIs, ofreciendo documentación y soporte para operaciones asíncronas, lo que mejora la eficiencia en el desarrollo y asegura un flujo constante de datos.

### **Enfoque RESTful y Formato JSON**

La estructura de la FastAPI sigue el enfoque RESTful, ampliamente aceptado en la creación de APIs. Se emplean los verbos HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) para realizar acciones sobre los recursos. Los datos intercambiados se formatean principalmente en JSON (JavaScript Object Notation), debido a su flexibilidad y diversidad (FastAPI, 2023).

### **React: Interactividad y Experiencia de Usuario**

React es una biblioteca versátil para la construcción de interfaces de usuario basadas en componentes. Esta versatilidad permitió desarrollar tanto aplicaciones web como aplicaciones nativas con las mismas habilidades, mejorando la experiencia del usuario (React, 2023).

### **MongoDB como Base de Datos**

MongoDB es una base de datos NoSQL conocida por su flexibilidad y escalabilidad como sistema de gestión de documentos (MongoDB, 2023) ; lo que permite manejar eficazmente datos no estructurados y semiestructurados, así como garantizar un alto rendimiento en aplicaciones con elevados requerimientos de recuperación de datos.

### 5.1.1 Fase 2: Diseño de la arquitectura del sistema

La arquitectura del sistema es la base para comprender su funcionamiento y la investigación detallada de cada componente.

#### **Componentes:**

**ESP8266 (Publicador):** Este es el dispositivo que recopila datos de los sensores (CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad, radiación UV, luminosidad). Su función principal es adquirir y enviar estos datos al servidor central mediante el protocolo MQTT.

**Servidor Mosquitto (Intermediario):** Actúa como el bróker MQTT central. Recibe datos de los dispositivos IoT a través de MQTT y los distribuye según los temas específicos.

**Servidor Backend (Suscriptor):** Este servidor se suscribe a los temas MQTT específicos del Servidor Mosquitto para recibir los datos que envían los dispositivos IoT. Una vez que recibe estos datos, el Servidor Backend los procesa y realiza validaciones y transformaciones si es necesario.

**Base de Datos (MongoDB):** Se utiliza para almacenar los datos recopilados. El servidor Backend puede leer y escribir datos en la base de datos.

**API FastAPI:** Proporciona una interfaz de programación de aplicaciones que permite a los usuarios recuperar datos de la base de datos MongoDB y acceder a ellos a través de HTTP. Los usuarios autenticados, como administradores y usuarios finales, pueden acceder a través de esta API para recuperar datos y configurar roles.

Además, la Api FastAPI es un componente versátil, en lugar de ser solo un puente de acceso para los usuarios, también puede recibir datos del servidor Backend que proviene de Mosquitto, procesarlos y almacenarlos en la base de datos MongoDB. Esto quiere decir que FastAPI puede actuar como un intermediario que recibe datos del servidor Backend y, al mismo tiempo, proporciona servicios web para los usuarios que desean acceder a esos datos.

**Interfaz Frontend (React):** Ofrece una interfaz de usuario web para que los usuarios visualicen los datos. La interfaz Frontend se conecta a la API FastAPI para acceder y mostrar información a través del protocolo HTTP.

**EC2 (Amazon Web Services):** Varios servidores EC2 están desplegados en AWS alojando los servidores Mosquitto, Backend y la Interfaz Frontend. Estos servidores proporcionan escalabilidad, redundancia y acceso remoto para la administración de los componentes del sistema.

**Red Wi-Fi (VLAN IoT):** la red Wi-Fi es la infraestructura que facilita la comunicación de los dispositivos IoT. La VLAN IoT es una parte específica de esta red Wi-Fi que se dedica exclusivamente a los dispositivos IoT. A través de esta VLAN IoT, los dispositivos IoT, se conectan para enviar y recibir datos.

**Raspberry Pi (Suscriptor):** Actúa como un nodo adicional en la red y se conecta a la red de la UPC. Utiliza el protocolo MQTT para suscribirse al servidor Mosquitto y adquirir datos de los dispositivos IoT. Luego, muestra estos datos en una pantalla TFT. De esta manera, el Raspberry Pi se integra en el sistema IoT y obtiene información directamente del servidor Mosquitto a través de MQTT.

### **Seguridad y Autenticación:**

Los usuarios deben autenticarse a través de sus correos institucionales para acceder a la interfaz Frontend. El servidor Mosquitto puede implementar seguridad en las comunicaciones MQTT. La API FastAPI puede gestionar la autenticación y autorización a través de roles de usuario, garantizando que solo las personas autorizadas puedan acceder a los datos y funciones específicas del sistema. Además, se implementaron medidas adicionales, como el cifrado de datos y actualizaciones de firmware seguras, para fortalecer aún más la seguridad del sistema.

### **Arquitectura en Capas:**

**Capa de Percepción:** Esta capa incluye la captura de datos a través de sensores físicos como temperatura, humedad, CO2 y UV, y el procesamiento de estos datos por dispositivos físicos como Arduino y Raspberry Pi. Esta capa se encarga de la adquisición inicial de datos.

**Capa de Red:** Esta capa gestiona la transmisión de datos desde los dispositivos (capa de Percepción) a través de una infraestructura de conectividad inalámbrica. Los datos son enviados a través de Internet utilizando una dirección IP pública. La capa de Red garantiza que los datos se transmitan de manera eficiente y segura a través de la red.

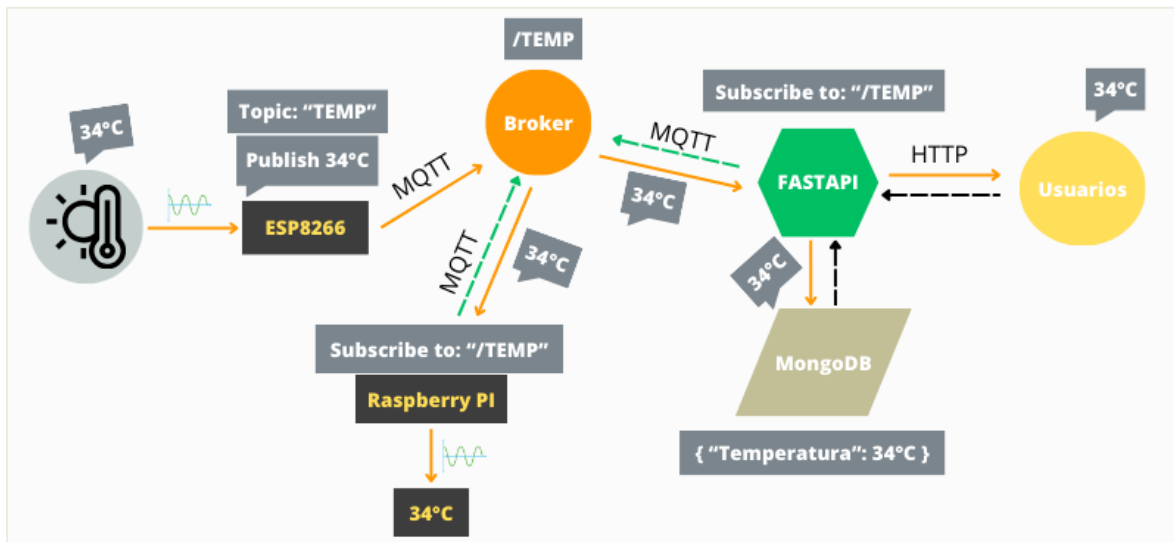
**Capa de Procesamiento de Datos:** En esta capa, los datos que han sido transmitidos son gestionados, procesados y almacenados. Aquí se lleva a cabo la mayor parte del procesamiento de datos, como el filtrado, análisis y almacenamiento en una base de datos.

**Capa de Aplicación:** Finalmente, en la capa de Aplicación, los datos procesados se presentan a los usuarios. Los usuarios pueden interactuar con la información y recibir notificaciones relevantes. Esto completa el ciclo de la arquitectura de capas, ya que los usuarios obtienen acceso a los datos a través de una interfaz de usuario.

### **Flujo de los datos**

El flujo de datos a través del sistema es una representación visual de cómo los datos se desplazan entre los componentes.

Figura 27. Arquitectura del Sistema IoT

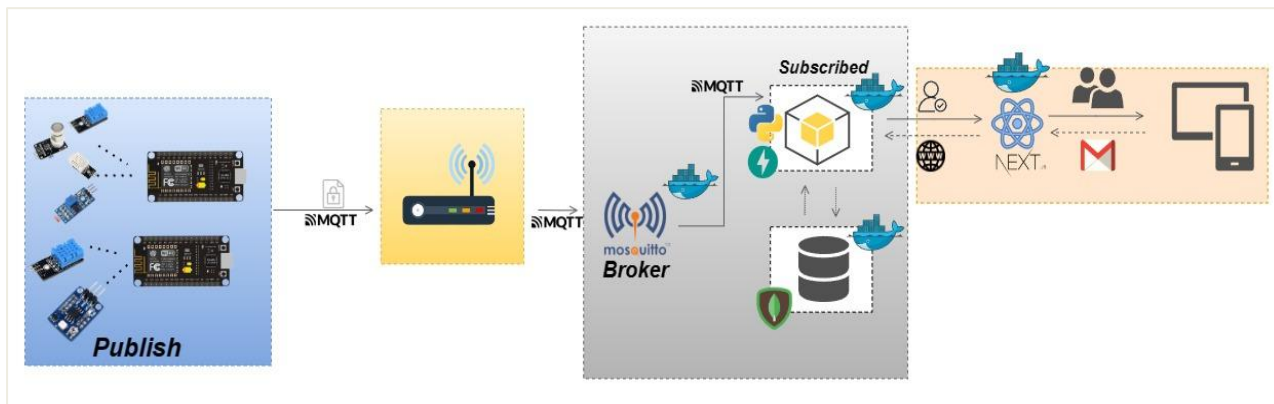


Nota. Elaboración Propia.

#### 4.2.3 Diseño esquema Del Sistema.

El diseño del esquema del sistema (Figura 28) actúa como un mapa detallado para garantizar que los componentes funcionen juntos de manera efectiva y segura.

Figura 28. Diseño del esquema del sistema

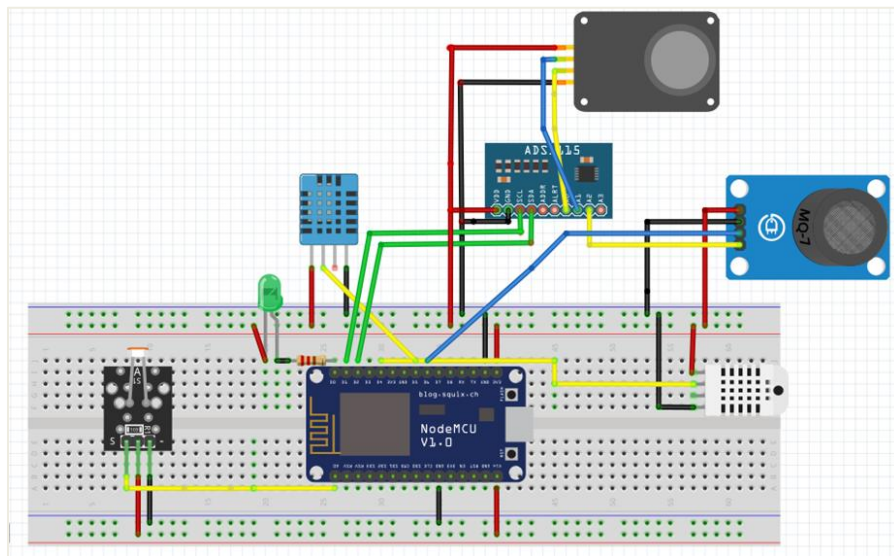


Nota. Elaboración Propia.

#### 4.2.4 Diseño del circuito electrónico

El diseño del circuito electrónico involucra componentes que miden y transmiten datos relacionados con factores ambientales como CO<sub>2</sub>, temperatura, humedad, Calidad de aire, Iluminación y radiación UV, utilizando un microcontrolador como parte de un sistema más completo como se observa la (Figura #) y en la (Figura #).

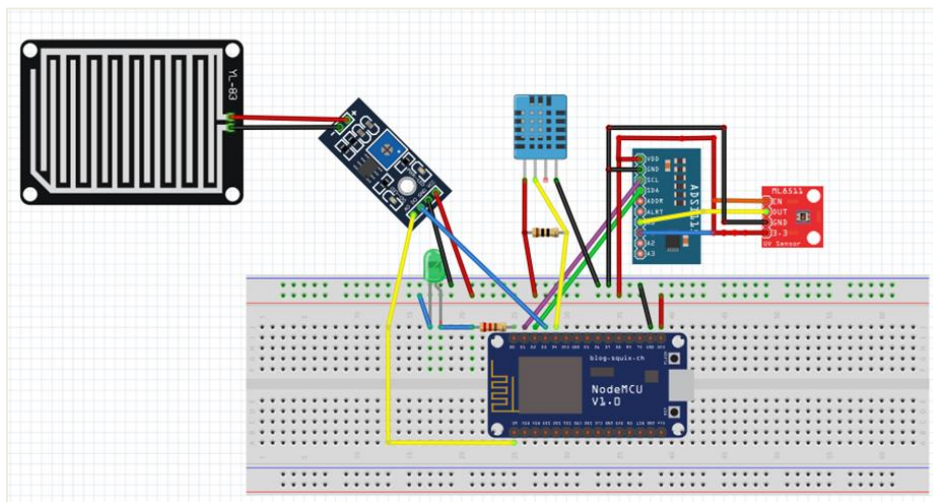
Figura 29. Diseño de Circuito Electrónico para Medición de Factores Ambientales Interno



En la imagen se apreciaba el esquema del circuito en el que se conectaron sensores como el dht11 y el dht22 a una placa esp8266.

Nota. Elaboración Propia.

Figura 30. Diseño de Circuito Electrónico para Medición de Factores Ambientales Externo



En la imagen se visualiza el diagrama del circuito en el que se conectó un sensor, como el GY-ML8511, y un convertidor analógico-digital Ads1115 a una placa esp8266.

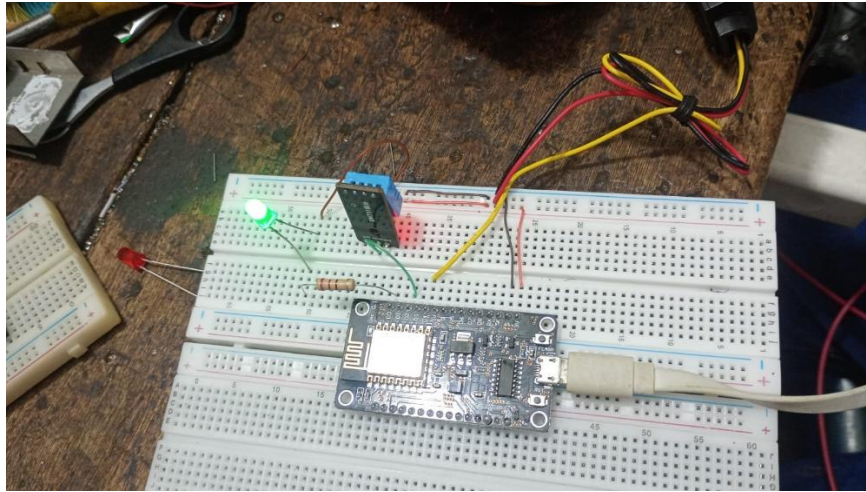
### **Construcción del componente electrónico**

Durante esta etapa, se llevó a cabo la construcción física del prototipo electrónico esencial para el proyecto. Se seleccionaron meticulosamente los materiales específicos con el fin de cumplir con los requisitos y funcionalidades previamente establecidos. Esta secuencia de actividades facilitó una transición fluida desde el prototipado inicial en la protoboard hasta la finalización de la construcción del componente electrónico.

### **Montaje inicial en la protoboard:**

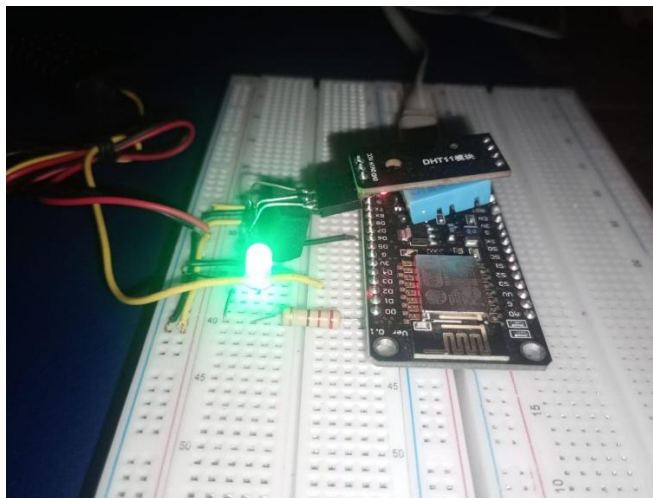
Se llevó a cabo el montaje de los componentes en la protoboard según el esquemático del circuito previamente diseñado.

Figura 31. Inicio del montaje de componentes



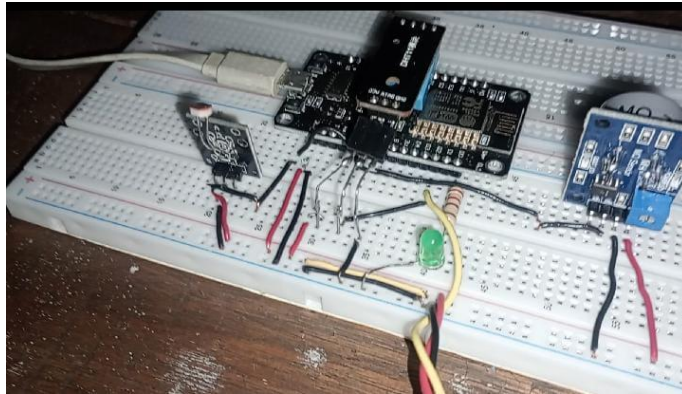
Nota. Elaboración propia.

Figura 32. Montaje de los componentes



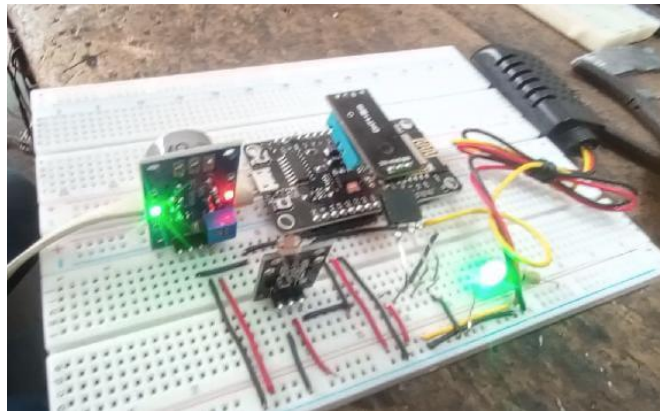
Nota. Elaboración propia.

Figura 33. Estructura del Arduino inicial



Nota. Elaboración propia.







Figura 34. Maquetado y prueba del diseño








Nota. Elaboración propia.

### Adquisición de materiales:

Tabla 16. Materiales para la Construcción del prototipo Electrónico.

Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad	Precio U.	Precio T.
1	Tarjeta pcb perforada		2	10.000	20.000
2	Led		2	600	1.200
3	Caja proyecto		2	12.000	24.000
4	Cables		1	10.000	10.000
5	Dht11		2	9.500	19.000
6	GY-ML8511		1	20.000	20.000

7	MQ-135		1	20.000	20.000
8	FC-37		1	15.000	15.000
9	Esp8266		2	18.000	36.000
10	resistencia		1	6.000	6.000
11	MQ-7		1	10.000	10.000
12	Dht21		1	25.000	25.000
13	MG811		1	165.000	165.000
14	KY018		1	12.000	12.000

Fuente: elaboración propia.

## Herramientas

Tabla #

Herramienta de conexión eléctrica.

Ítem	Descripción	Imagen	Cantidad	Precio U.	Precio T.
1	Estaño		1	12.000	12.000
2	Pomada fundente		1	8.000	8.000
3	Cautin		1	25.000	25.000

Fuente: elaboración propia.

### Costo total del prototipo

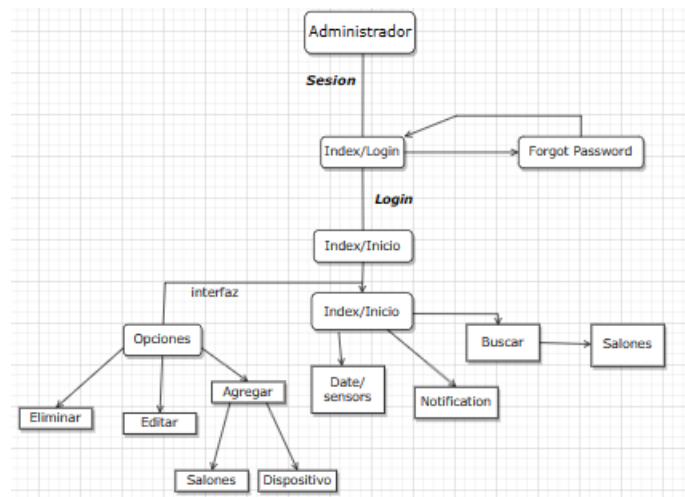
En la tabla 17 se presentó el costo total del prototipo para la medición de variables ambientales. Estos precios eran de referencia y necesitan ser ajustados en el tiempo.

Tabla 17. Costo Total del Prototipo de Medición de Variables Ambientales.

Ítem	Descripción	Valor
1	Materiales para la Construcción del prototipo Electrónico	\$ 383.200
2	Herramienta de conexión eléctrica	\$ 45.000
<b>Costo Total del prototipo</b>		<b>\$ 428.200</b>

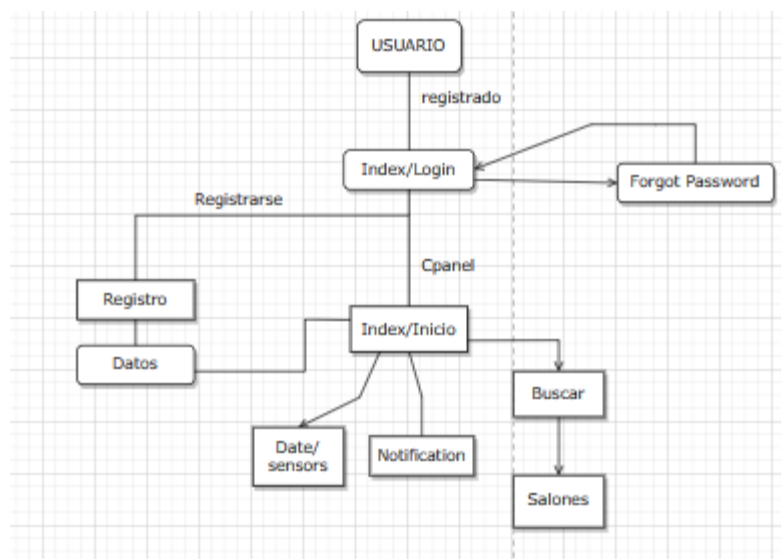
#### 4.2.5 Diseño del esquema navegacional.

Figura 35. Rol Administrador



Nota. Elaboración propia.

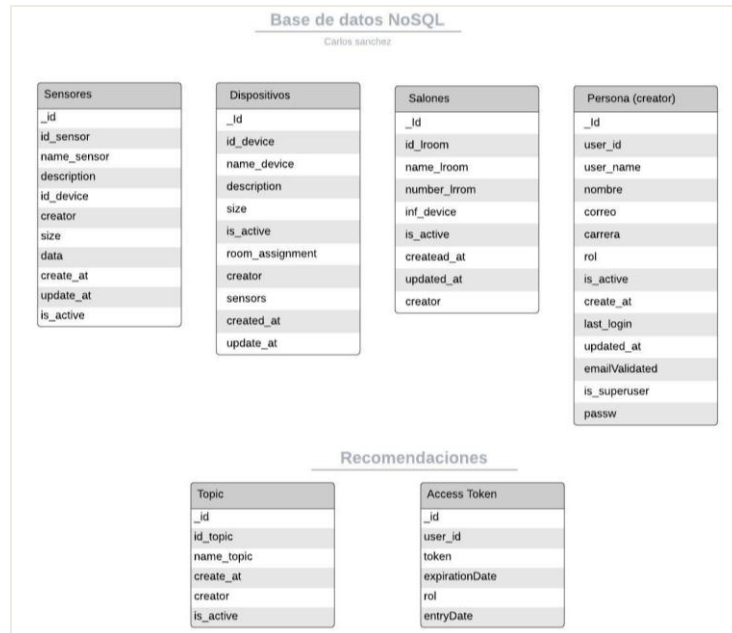
Figura 36. Rol Usuario



Nota. Elaboración propia.

#### 4.2.6 Estructuración de la Base de Datos.

Figura 37. Base de datos no relacional

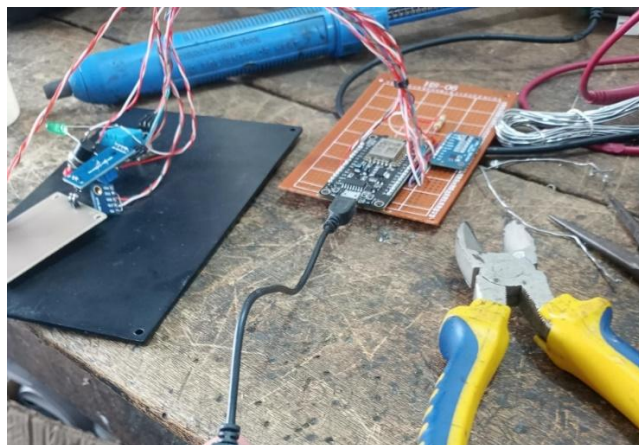


Nota. Elaboración propia.

#### Montaje en la tarjeta PCB perforada:

Se realizó el montaje de los componentes en la tarjeta PCB perforada conforme al diseño previamente establecido y las especificaciones técnicas de los materiales utilizados.

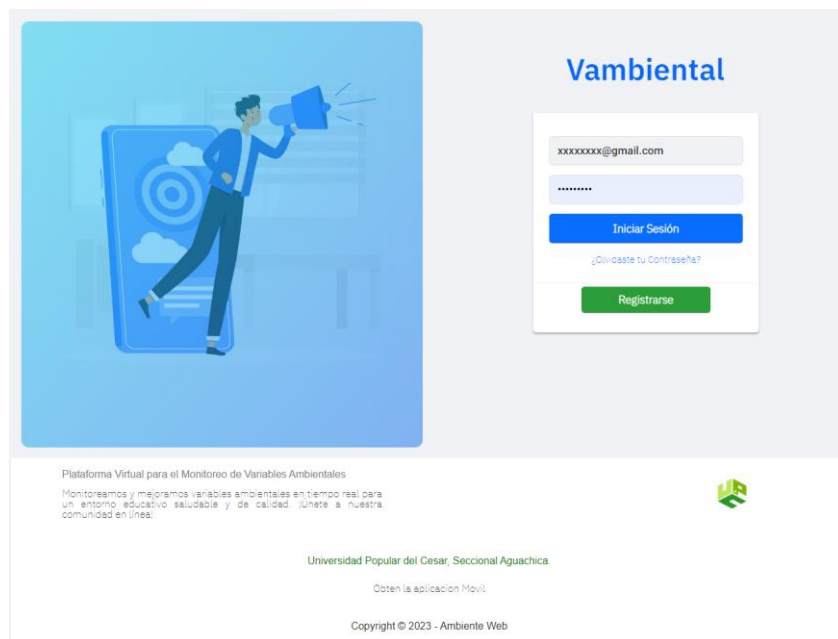
Figura 38. Tarjeta PCB perforada



Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.7 Diseño De La Interfaz De Usuario.

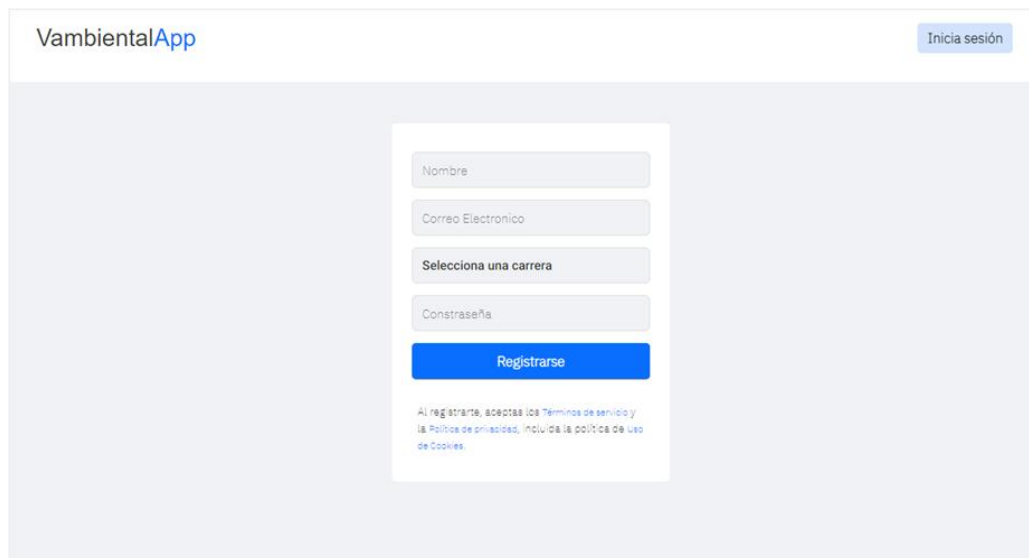
Figura 39. Interfaz de usuario Login



Nota. Elaboración propia.

Los formularios de inicio de sesión son el camino hacia innumerables plataformas en línea que incluyen redes sociales y servicios financieros, entre otros, en nuestro mundo digital. Por lo tanto, la creación de una interfaz de usuario eficiente para las operaciones de inicio de sesión es un aspecto muy crucial que puede garantizar que el usuario tenga una experiencia de interacción exitosa. El uso de una conexión HTTPS y un certificado SSL ayuda a garantizar que los datos intercambiados entre el navegador del usuario y el servidor sean seguros y no puedan descifrarse, lo que reduce en consecuencia las posibilidades de interceptación de datos. Al imponer pautas de contraseña confiables, como el uso de una longitud más larga, incluidos caracteres especiales, números, letras mayúsculas y minúsculas, se pueden minimizar los ataques de fuerza bruta a las cuentas de usuario, mejorando su seguridad.

Figura 40. Registro de usuario



The image shows a web registration form for 'VambientalApp'. The form is centered on a light blue background. At the top left, the logo 'VambientalApp' is displayed. At the top right, there is a button labeled 'Inicia sesión'. The registration form itself consists of several input fields: 'Nombre', 'Correo Electronico', 'Selecciona una carrera', and 'Constraseña'. Below these fields is a prominent blue button labeled 'Registrarse'. At the bottom of the form, there is a small disclaimer: 'Al registrarte, aceptas los Términos de servicio y la Política de privacidad, incluida la política de uso de Cookies.'

Nota. Elaboración propia.

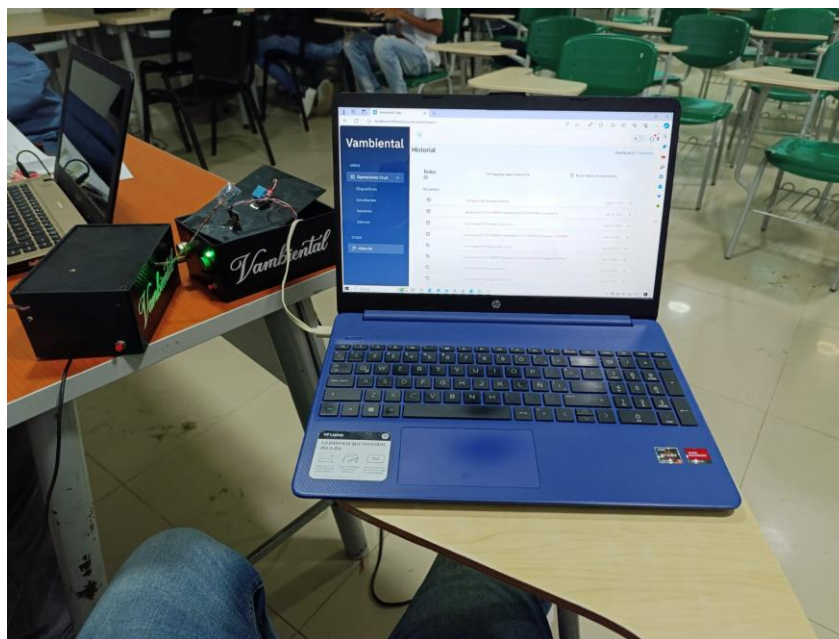
Los aspectos de seguridad y privacidad son primordiales al diseñar una interfaz de registro de usuario. Por lo tanto, es crucial proteger la información personal de los usuarios e imponer controles de seguridad adecuados para disuadir el acceso no autorizado. Igualmente, importante es someter la interfaz de usuario a pruebas exhaustivas utilizando una combinación de usuarios para identificar cualquier debilidad de usabilidad o seguridad que deba abordarse. También es vital realizar un seguimiento periódico del rendimiento del formulario de registro y realizar ajustes cuando sea necesario para mejorar la experiencia del usuario a lo largo del tiempo.

**Cumplimiento objetivo III. Implementación y prueba piloto en el modelo IoT en las aulas educativas de la Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, de acuerdo con el diseño establecido y utilizando los recursos tecnológicos necesarios, para asegurar su funcionamiento y condiciones en un ambiente real.**

### **4.3 Fase 3. Construcción, Implementación y Prueba Piloto**

Inicialmente, se realizó la construcción del prototipo, un proceso que implicó la integración de sensores y tecnología de punta. El diseño persigue no sólo la eficiencia y la precisión, sino también la adaptabilidad a diferentes entornos, lo que es crucial para su aplicación en diversas condiciones geográficas y climáticas. Una vez ensamblado el prototipo, la fase de implementación es crucial para ajustar los componentes del sistema y garantizar la exactitud de los datos recopilados, además de permitir realizar las mejoras necesarias en función de los resultados obtenidos. De esta manera, se realizó una prueba piloto en el salón 112 de la Universidad Popular del Cesar – Seccional Aguachica, por su diversidad de condiciones ambientales y relevancia dentro del contexto educativo, en esta etapa, el prototipo fue capaz de recopilar y transmitir datos sobre temperatura, humedad, calidad del aire y otros elementos importantes.

Figura 41. Puesta en marcha del prototipo



La puesta en marcha del prototipo comenzó con una meticulosa fase de configuración inicial, donde cada sensor fue calibrado para garantizar la precisión de los datos recogidos. Tras asegurarse de que todos los componentes funcionaban correctamente, se comenzaron a realizar pruebas en el entorno del laboratorio para simular distintas condiciones ambientales. Esta etapa fue esencial para identificar y corregir cualquier fallo técnico antes de su despliegue en campo.

Figura 42. Puesta en Marcha del Docker



Fuente: elaboración propia

Para la implementación del prototipo, el uso de Docker fue fundamental para garantizar la portabilidad y la consistencia del entorno de ejecución, la puesta en marcha del Docker comenzó con la creación de una imagen que contenía todas las dependencias necesarias, incluyendo bibliotecas de software y herramientas de análisis de datos. Esta imagen fue diseñada para ser ligera y eficiente, permitiendo una rápida inicialización y ejecución del software del prototipo en cualquier infraestructura compatible.

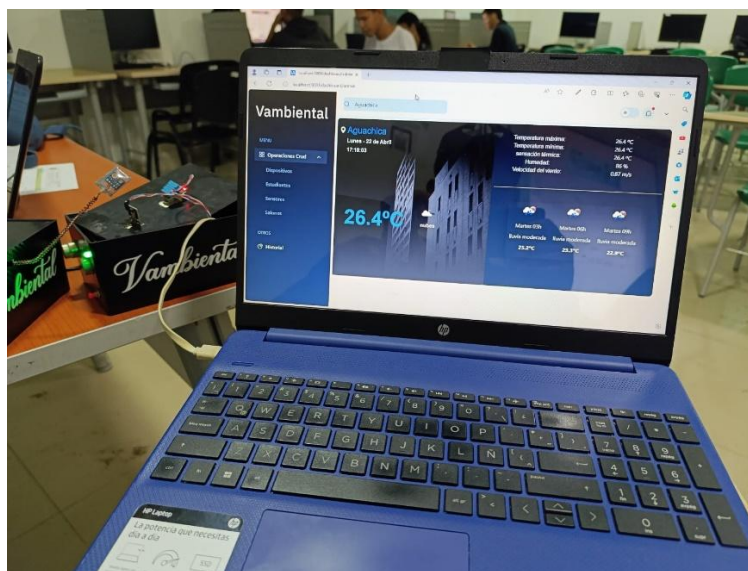
Figura 43. Configuración de sensores en el salón escogido



Fuente: elaboración propia.

La puesta en marcha de los sensores utilizados en el prototipo fue una etapa crucial para asegurar la precisión y la fiabilidad de la medición de las variables ambientales. Inicialmente, cada sensor fue sometido a un riguroso proceso de calibración en laboratorio, donde se ajustaron sus parámetros para alinearlos con los estándares de medición internacionalmente reconocidos.

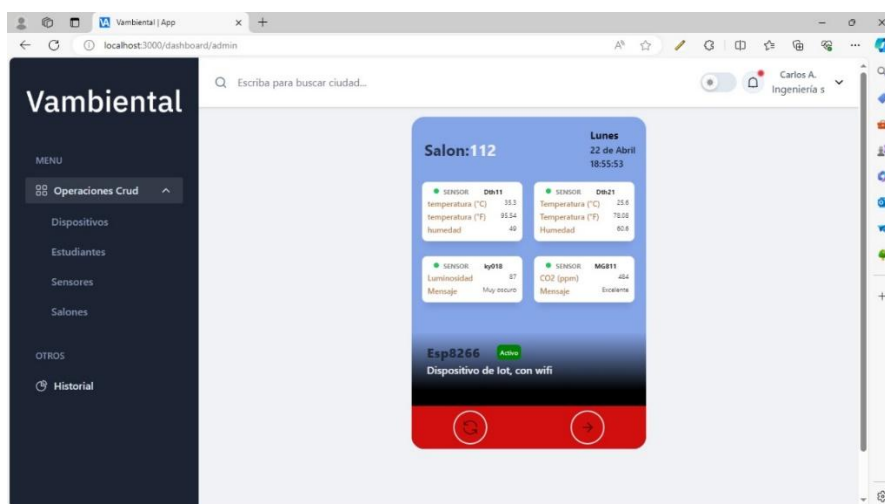
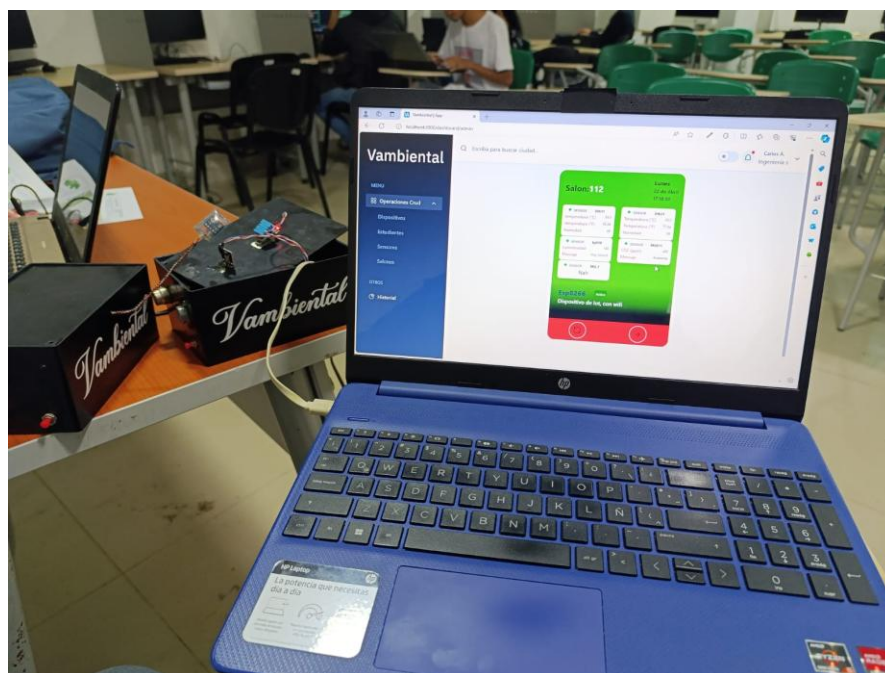
Figura 44. Búsqueda de la temperatura en tiempo real



Fuente: elaboración propia.

El prototipo desarrollado incorporó una funcionalidad avanzada para la búsqueda en tiempo real de la temperatura en todo el país a través de internet. Este sistema se apoyaba en una API dedicada a la recopilación de datos meteorológicos provenientes de una red amplia de estaciones meteorológicas distribuidas geográficamente. Estas estaciones estaban interconectadas y proporcionaban lecturas actualizadas que se centralizaban mediante software especializado.

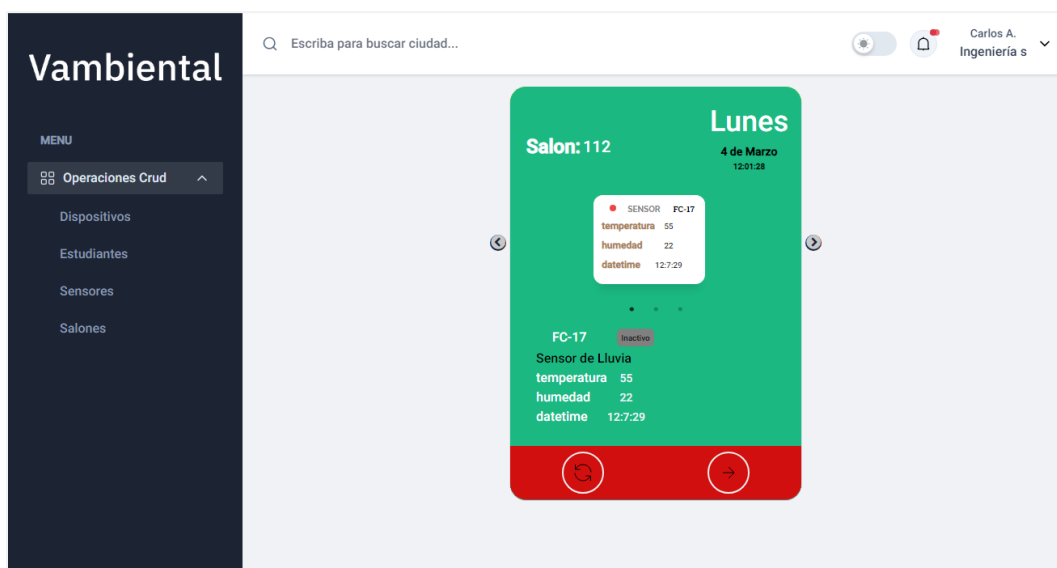
Figura 45. Cálculo de temperaturas en tiempo real



Fuente: elaboración propia.

El prototipo fue diseñado para realizar mediciones de temperatura en tiempo real utilizando sensores de alta precisión integrados en el sistema. Estos sensores, capaces de detectar variaciones mínimas de temperatura, estaban conectados a un microcontrolador que procesaba los datos recogidos casi instantáneamente. La configuración del software permitía la lectura continua de la temperatura, garantizando que se capturaran datos actualizados cada poco segundo.

Figura 46. Puesta en marcha de sensores

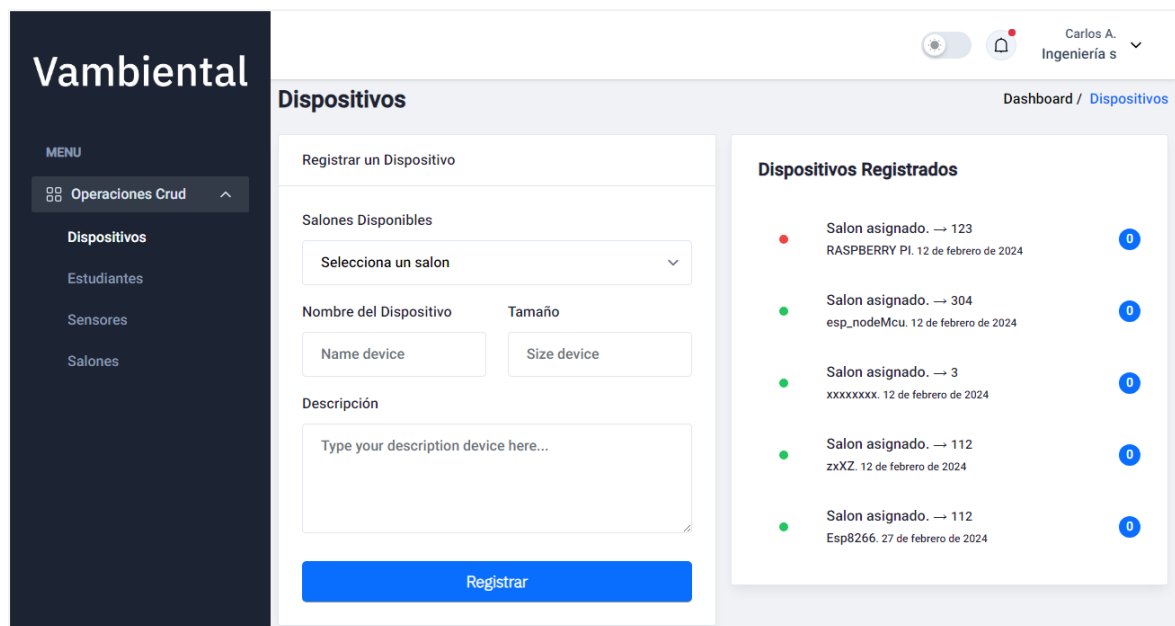


Nota. Elaboración propia.

El concepto de monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales es importante por esta razón: a medida que el mundo se preocupa cada vez más por su impacto en el medio ambiente y su calidad de vida. El uso de sensores que se pueden implementar en el medio ambiente para recopilar datos en tiempo real es una forma eficaz de combatir problemas, incluida la contaminación del aire y el cambio climático. La pantalla de inicio de la interfaz de usuario ofrece a los usuarios acceso rápido a funciones esenciales. La interfaz de usuario presta atención a la visualización de datos en tiempo real como una de las funcionalidades más importantes. Se muestran gráficos y tablas que representan datos de diferentes sensores, con opciones para filtrarlos o analizarlos según sus

preferencias. Además, se incluyen notificaciones visuales para identificar situaciones anormales y situaciones fuera de los rangos establecidos.

Figura 47. Dispositivos registrados



Nota. Elaboración propia.

En la jerarquía de la interfaz de usuario, el panel de control ocupa una posición central y debe ofrecer una visión general de las condiciones ambientales actuales. Aquí se puede encontrar un conjunto de paneles que muestran los dispositivos registrados y asignados para cada salón donde se realizaran mediciones como temperatura, humedad, calidad del aire y otros parámetros pertinentes. Estos dispositivos deben mostrar datos actualizados y también deben ser personalizables para que los usuarios puedan elegir qué información es más importante para ellos. Dadas las razones mencionadas anteriormente, es extremadamente esencial que la interfaz del sistema sea altamente personalizable y configurable, ya que el administrador puede personalizar la interfaz, ajustando las frecuencias de actualización de datos, las unidades de medida y las preferencias de visualización según sus necesidades.

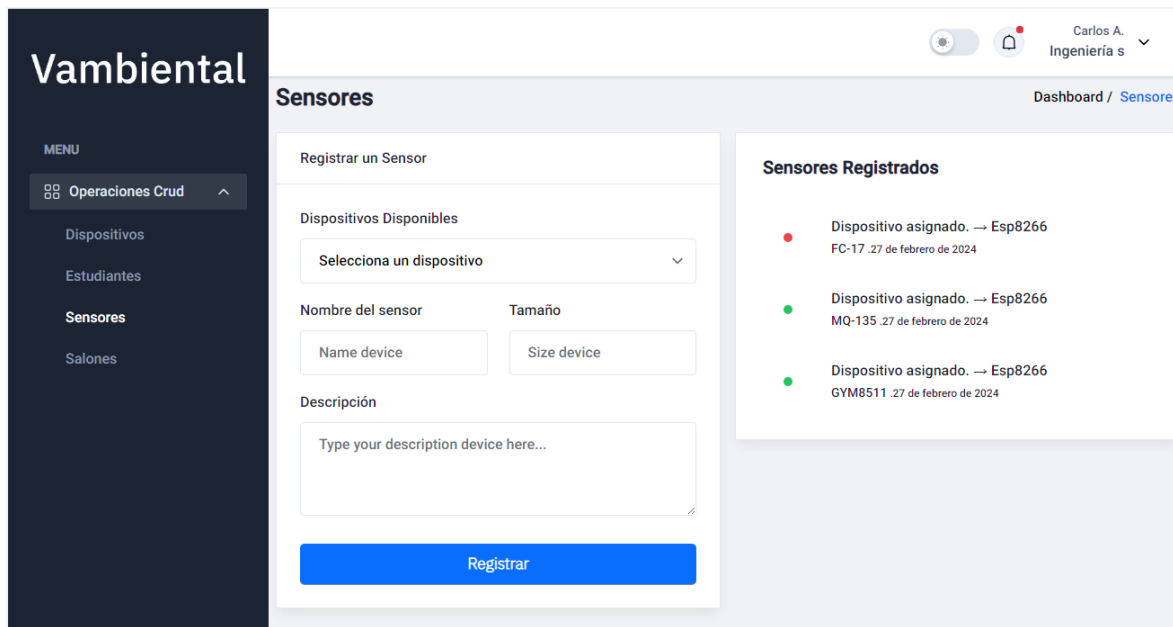
Figura 48. Registro de estudiantes en la aplicación

The screenshot displays the 'Vambiental' application interface. On the left is a dark sidebar menu with the title 'Vambiental' and a 'MENU' section containing 'Operaciones Crud', 'Dispositivos', 'Estudiantes', 'Sensores', and 'Salones'. The main content area is titled 'Estudiantes' and features a 'Registrar Estudiante' form with fields for 'Nombre de usuario' (containing 'telometoyo123@gmail.com'), 'Nombre', 'Email', a 'Selecciona una carrera' dropdown, and 'Password'. To the right, a 'Estudiantes Registrados' section shows a single entry for 'Carlos Alberto Sanchez Carrascal' with a green status dot and a creation date of '2 de febrero de 2024'. The top right corner includes a user profile for 'Carlos A. Ingeniería s' and a breadcrumb trail 'Dashboard / Estudiantes'.

Nota. Elaboración propia.

La interfaz, está diseñada para garantizar que los usuarios se registren en el sistema y puedan acceder y monitorear las variables ambientales observadas por los sensores. Un gran número de usuarios pueden beneficiarse de este sistema, incluidos administrativos, docentes, autoridades medioambientales, empresas, organizaciones no gubernamentales y ciudadanos preocupados por el medio ambiente. Es una forma de motivar a los usuarios a participar activamente en el proceso de monitoreo y conservación ambiental. Una vez que los procesos de registro y verificación se hayan completado con éxito, todos los usuarios serán dirigidos a su interfaz de usuario personal. Aquí podrán acceder a todas las funcionalidades y facilidades que brinda el sistema, una de las cuales es la verificación de las variables ambientales. La interfaz proporciona rutas claras con enlaces visibles y botones de acción para diferentes partes del sistema, de modo que los usuarios puedan navegar intuitivamente y sin problemas.

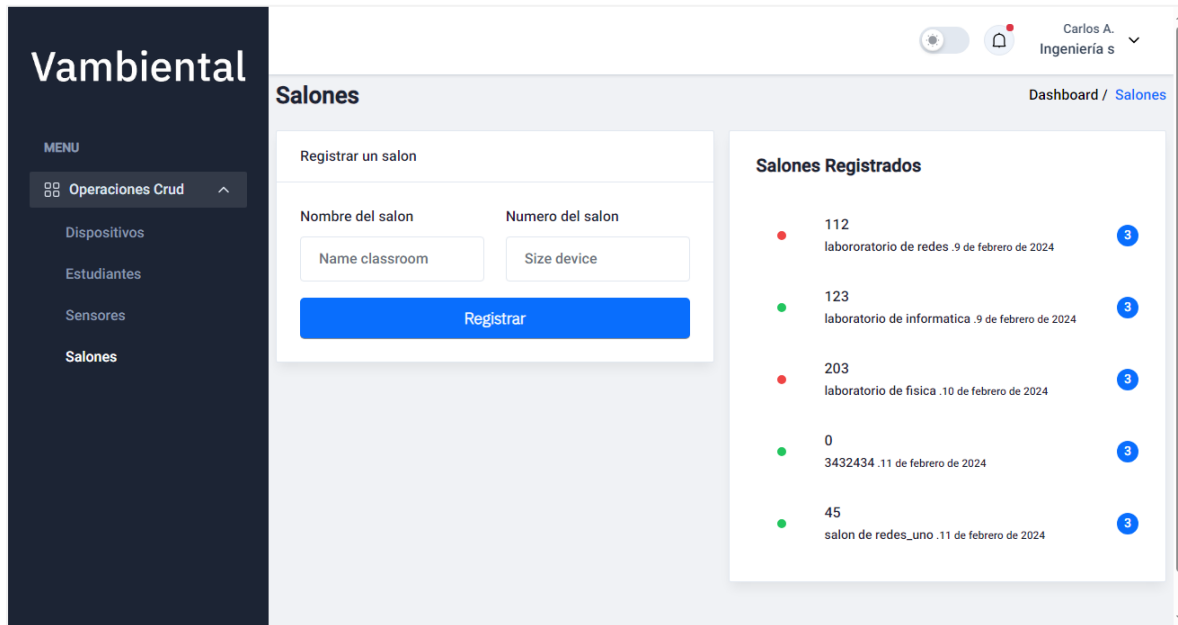
Figura 49. Sensores activos registrados



Nota. Elaboración propia.

Al ingresar al sistema, la pantalla principal muestra todas las opciones y herramientas necesarias que un administrador necesita para configurar y monitorear adecuadamente sus sensores. La interfaz ofrece una función mediante la cual se puede decidir qué sensores funcionarán en un sistema de monitoreo en particular. Al ser una interfaz fácil de usar muestra todos los sensores disponibles en una lista, con sus respectivas opciones de activación y desactivación. Al hacer clic o dejar de hacer clic en las casillas correspondientes, el administrador puede activar o desactivar sensores específicos según sea necesario. Le brinda la oportunidad al administrador de especificar parámetros para cada sensor, como el intervalo de muestreo de datos, umbrales de alarma y métodos de calibración; puede incluir la activación y desactivación de sensores, pero también configuraciones más detalladas. Hay controles deslizantes, casillas de verificación y menús desplegados que permiten un fácil ajuste y personalización según sus necesidades de monitoreo.

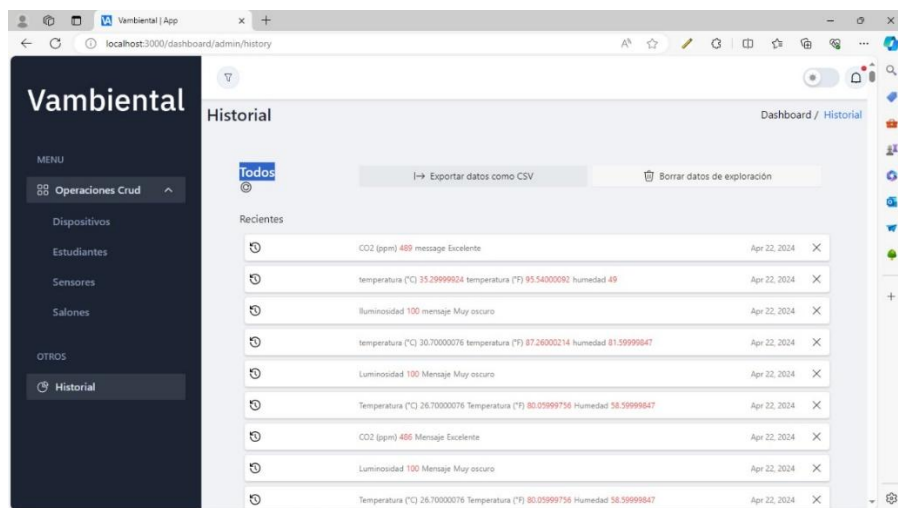
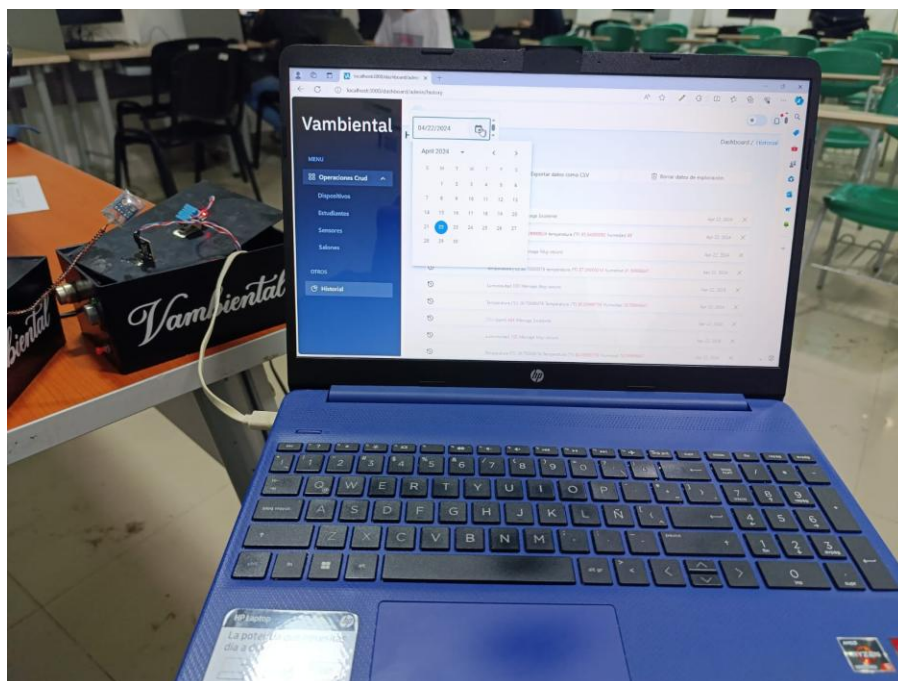
Figura 50. Salones disponibles registrados



Nota. elaboración propia.

Con el objetivo de una adecuada planificación y uso óptimo de estos espacios se ha desarrollado una interfaz de usuario que proporcionaría una descripción de los sensores de monitorización ambiental, mostrando qué salas están disponibles en un momento dado y qué salas no están disponibles durante una ventana de tiempo específica. Esta interfaz brinda una indicación clara e inmediata de la disponibilidad de salas, lo que permite a los usuarios tomar decisiones informadas sobre sus espacios de trabajo. La presencia de salas equipadas con sensores ambientales puede ser crucial porque permite rastrear y controlar las condiciones ambientales en tiempo real. El objetivo principal de la interfaz de usuario creada es proporcionar un recurso simple y rápido, que permita a los usuarios tener una visión general de qué habitaciones están equipadas con sensores ambientales dentro de un período de tiempo específico.

Figura 51. Diseño de la vista Historial



Fuente: elaboración propia.

El prototipo incluye una capacidad para registrar y almacenar históricos de datos, permitiendo a los usuarios acceder a registros anteriores de las mediciones realizadas. Este sistema de almacenamiento utilizaba una base de datos diseñada para manejar grandes volúmenes de información ambiental, como temperatura, humedad, calidad del aire, y otros indicadores relevantes.

Figura 52. Reporte vía Telegram para Suscriptores



Fuente: elaboración propia.

El prototipo equipado para medir variables ambientales integró una funcionalidad de comunicación avanzada que permitía enviar reportes automáticos a través de Telegram a los suscriptores. Este sistema se aprovechó de la API de Telegram para configurar un bot que actuaba como intermediario en el envío de mensajes. Los usuarios interesados pueden suscribirse y configurar alertas personalizadas para recibir actualizaciones sobre condiciones específicas, como alertas de calidad del aire o cambios significativos en la temperatura.

## Conclusiones

Para garantizar la eficiencia en el proceso de implementación, es vital desarrollar un prototipo que cumpla con los estándares de precisión, confiabilidad y facilidad de uso, que permitan comprender el efecto del entorno físico en el proceso de aprendizaje, y este pueda realizar una evaluación integral de las condiciones ambientales interiores del aula observando factores como la temperatura, la humedad, la calidad del aire y la iluminación. De la misma manera, es fundamental tener en cuenta cualquier variable externa que pueda afectar el entorno de aprendizaje, como la temperatura exterior, la radiación solar o incluso la contaminación del aire. Es necesario elegir los tipos de sensores y dispositivos de medición más apropiados para que sea posible obtener las variables ambientales. Cada dispositivo debe analizarse para determinar su precisión, confiabilidad y robustez, así como su compatibilidad con el sistema de medición general del prototipo.

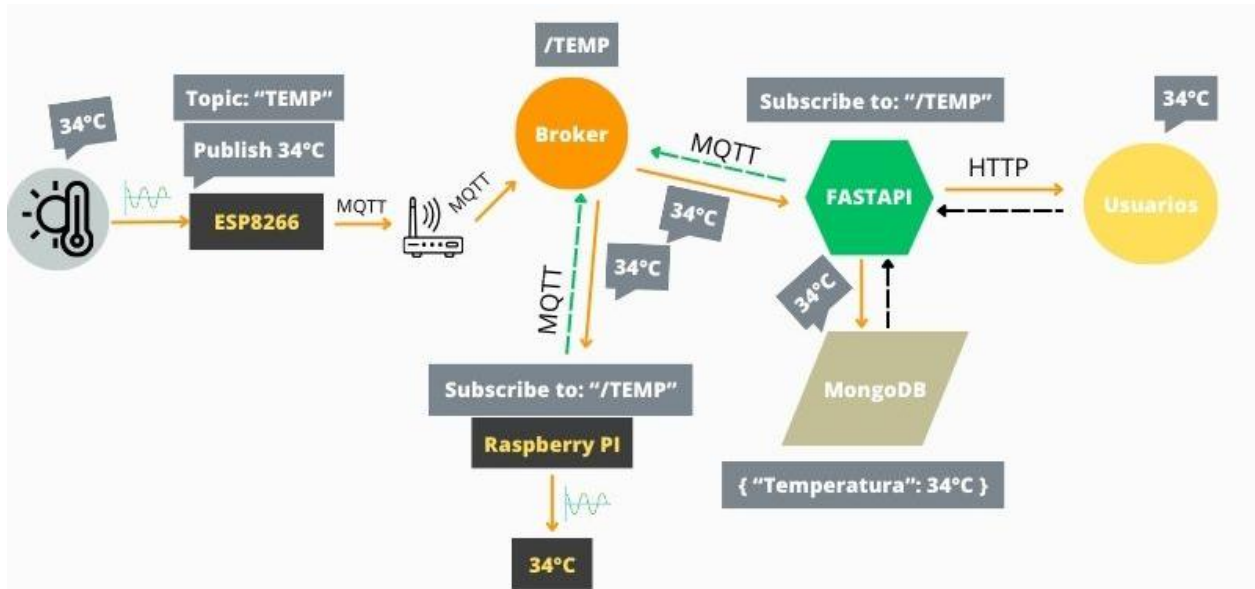
Una de las decisiones más importantes al crear el prototipo para medir variables ambientales basadas en IoT es elegir los sensores adecuados teniendo en cuenta los requisitos funcionales y no funcionales del sistema. Los sensores son los componentes principales de cualquier sistema que le permiten recopilar información sobre el entorno de la realidad física para tomar decisiones o reacciones de manera oportuna. Los criterios de selección de sensores deben incluir precisión, repetibilidad, linealidad, tiempo de respuesta, tasa de consumo de energía y, finalmente, costo; mientras que la aplicabilidad a parámetros ambientales específicos es muy deseable. De esta manera el sistema tiene como objetivo monitorear la temperatura y la humedad dentro del aula de clase y fuera de la misma, en la que se optó por sensores de temperatura y humedad que sean precisos y confiables con capacidad de transferencia inalámbrica de datos hacia una unidad de monitoreo centralizada.

En conclusión, la implementación en el aula de clase del prototipo se presenta como una oportunidad especial para mostrar los maravillosos efectos que la tecnología ha tenido en el campo de la educación. El resultado es una mejor conciencia y comprensión de cómo estas variables pueden afectar la salud y el rendimiento si hay acceso en tiempo

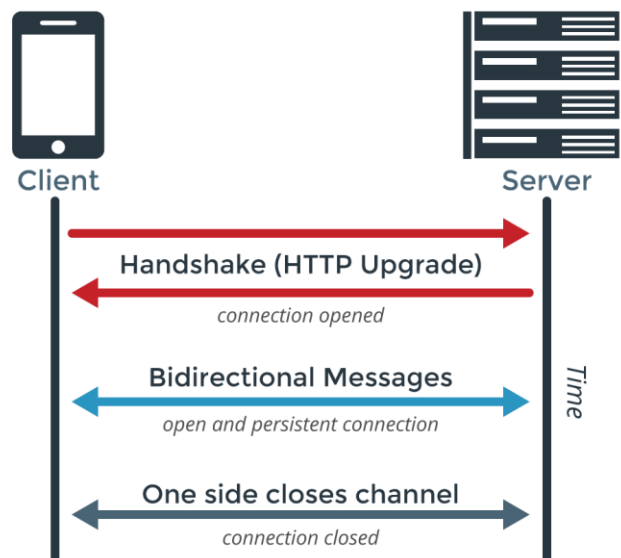
real a factores ambientales como temperatura, humedad, calidad del aire, iluminación y otros. Esto no sólo mejora los resultados del aprendizaje, sino que también ofrece una forma práctica y relevante de estudiar conceptos científicos. Por otra parte, la prueba piloto del modelo que se utilizó en el aula permitió evaluar su eficacia y funcionalidad en un entorno real. Aquí es cuando se recopilaron datos sobre el rendimiento del sistema, la satisfacción del usuario, así como los impactos observados en el entorno de aprendizaje. Estos detalles son cruciales para identificar áreas potenciales que necesitan ajustes y modificaciones antes de una implementación más amplia.

## Recomendaciones

- Antes de iniciar la implementación del prototipo, es crucial realizar un análisis detallado de los requerimientos del sistema. Esto incluye identificar las variables ambientales específicas que se desean medir, determinar la precisión y frecuencia de muestreo requeridas, así como establecer los objetivos de rendimiento y funcionalidad del prototipo.
  
- La selección de sensores y tecnologías apropiadas es fundamental para el éxito del prototipo. Se deben elegir sensores que sean precisos, confiables y adecuados para las variables ambientales específicas que se desean medir.
  
- Antes de una implementación a gran escala, es recomendable realizar pruebas piloto del prototipo en condiciones reales para evaluar su desempeño y recolectar retroalimentación de los usuarios.

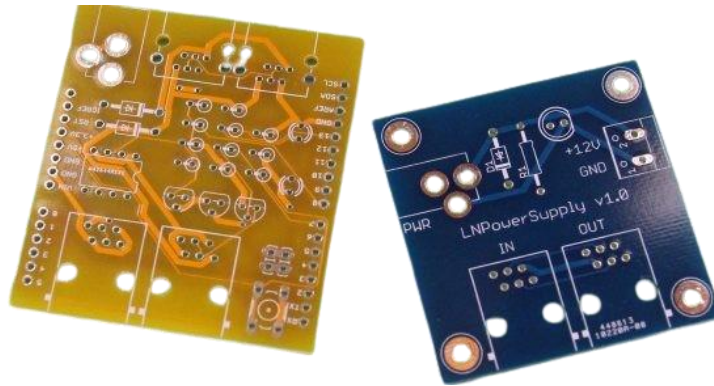


Al considerar futuras mejoras para el proyecto, se sugiere la inclusión de un nuevo cliente, como un Raspberry Pi, con la finalidad de expandir la accesibilidad a los datos recolectados por los sensores. Este dispositivo adicional estaría conectado a una pantalla, lo que permitiría visualizar los datos en tiempo real a través de una interfaz intuitiva.

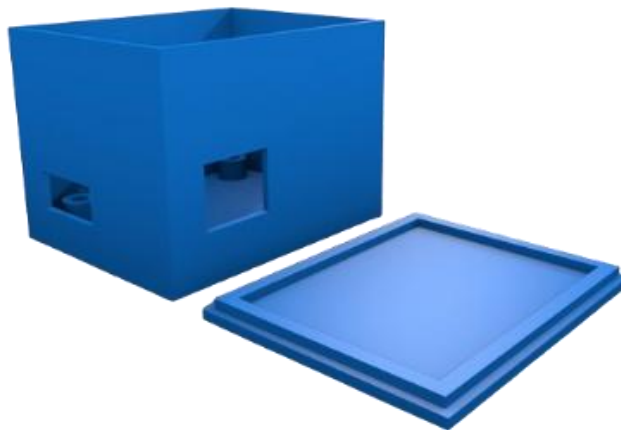


Los WebSockets ofrecen una solución eficaz para la transmisión de datos en tiempo real entre clientes y servidores, lo que los convierte en una herramienta fundamental en proyectos que requieren una comunicación instantánea y bidireccional. En el contexto de nuestro proyecto, se ha considerado la implementación de WebSockets con el fin de

facilitar la entrega de notificaciones en tiempo real cuando los sensores superen ciertos umbrales predefinidos.



La creación de una PCB personalizada y una caja especializada juega un papel crucial en la construcción de un circuito electrónico eficiente y bien integrado. Este enfoque no solo mejora la funcionalidad del dispositivo, sino que también ofrece una estética atractiva y una mayor durabilidad



La caja en 3D se diseñará para proporcionar un alojamiento seguro y ergonómico para la PCB y otros componentes del dispositivo. Se debe utilizar técnicas de modelado paramétrico para que se adapten a la forma y el tamaño de la caja a las especificaciones exactas del circuito y los requisitos funcionales que esta exige.



## Referencias

- Ciberseguridad.* (2023). Obtenido de Capas de IoT que debes conocer: [https://ciberseguridad.com/guias/nuevas-tecnologias/capas-iot/#Capa\\_de\\_procesamiento](https://ciberseguridad.com/guias/nuevas-tecnologias/capas-iot/#Capa_de_procesamiento)
- Andrade, A. N. (2022). Prototipo móvil IoT para la predicción de la calidad del aire a través de Machine Learning. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23510/1/MSQ442.pdf>
- Arduino.cl* . (2019). Obtenido de Plataforma Open Source Para El Desarrollo de Prototipos Electrónicos: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Arduino.cl.* (2019). *Arduino.cl* . Obtenido de Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos.: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>
- arimetrics. (1 de Mayo de 2022). *arimetrics.com*. Obtenido de Qué es un script - Definición, significado y ejemplos: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/script>
- Aws. (2023). *Amazon Web Services*. Obtenido de ¿Qué es el MQTT? Explicación sobre el MQTT: <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>
- B, G. (28 de Agosto de 2023). *hostinger.es*. Obtenido de ¿Qué es un hosting y cómo funciona?: <https://www.hostinger.es/tutoriales/que-es-un-hosting>
- Bhandari, S. (2022). *Askanydifference.com*. Obtenido de Internet de las cosas vs Internet:: <https://askanydifference.com/es/difference-between-internet-of-things-and-internet/>
- Blázquez, J. P. (s.f.). *Introducción a los sistemas de comunicacion inalambricos*. PID\_00176752
- Broker MQTT.* (Abril de 2022). Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/broker-mqtt/>
- Cárdenas, Á. (28 de noviembre de 2016). *secmotic*. Obtenido de <https://secmotic.com/plataforma-iot/>

- CloudFlare*. (2023). Obtenido de <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/network-layer/internet-protocol/>
- Colciencias. (2016). *CONVOCATORIA ECOSISTEMA CIENTÍFICO PARA LA FINANCIACIÓN de PROGRAMAS de I+D+I QUE CONTRIBUYAN al MEJORAMIENTO de LA CALIDAD de LAS INSTITUCIONES de EDUCACIÓN SUPERIOR COLOMBIANAS-2017*. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO de CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN -COLCIENCIAS. Obtenido de <https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/convocatoria/anexo2-definiciones-y-conceptos.pdf>
- Computing, R. C. (2019). *El Internet de las Cosas y la Nube*. Obtenido de Revista Cloud Computing.: [https://www.revistacloudcomputing.com/2019/05/\\_\\_\\_trashed-2/](https://www.revistacloudcomputing.com/2019/05/___trashed-2/)
- Cotel*. (9 de Marzo de 2020). Obtenido de Características y usos del IoT: <https://cotel.com.co/caracteristicas-y-usos-del-iot/>
- Cutiño, P. (2020). *EDteam*. Obtenido de <https://ed.team/blog/framework-vs-libreria>
- Database. (8 de Junio de 2023). *Developer.mozilla.org*. Obtenido de MDN Web Docs Glossary: Definitions of Web-related terms | MDN: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Database>
- Educacion 3.0. (11 de Febrero de 2021). *Educacion 3.0*. Obtenido de <https://www.educaciontrespuntocero.com/opinion/ventilacion-y-co2/>
- Educación, L. G. (2013). *Siteal.iiep.unesco.org*. Obtenido de <https://siteal.iiep.unesco.org/bdnp/189/ley-1151994-ley-general-educacion>
- Estacion Meteorologica* . (2022). Obtenido de Equipos Y Laboratorio de Colombia: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/estacion-meteorologica>
- EVA, F. P. (2012). *Gov.co*. Obtenido de [Www.funcionpublica.gov.co](http://Www.funcionpublica.gov.co).: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48262>
- FastAPI. (2021). *Fastapi.tiangolo.com*. Obtenido de <https://fastapi.tiangolo.com/es/>
- Fernández, J. L. (2023). *fisicalab*. Obtenido de Temperatura: <https://www.fisicalab.com/apartado/temperatura>
- Fierros, H. (2020). *ABEHA*. Obtenido de El Internet de las Cosas (IoT) en la actualidad: <https://blog.abeha.mx/el-internet-de-las-cosas-iot-en-la-actualidad/>

- Fischer, A. (22 de Junio de 2021). *National Geographic*. Obtenido de <https://www.ngenespanol.com/ecologia/el-cambio-climatico-esta-acabando-con-nuestra-habilidad-cognitiva-y-capacidad-de-concentracion/>
- Fundación Aquae. (2018). Obtenido de ¿Qué es el Internet de las Cosas o IoT?: <https://www.fundacionaquae.org/wiki/internet-las-cosas-iot/>
- geeksforgeeks. (2021). Obtenido de ommunication Models in IoT (Internet of Things ): <https://www.geeksforgeeks.org/communication-models-in-iot-internet-of-things/>
- Gestor Normativo, F. P. (1982). *Www.funcionpublica.gov.co*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=3431>
- Global Climate Change*. (2023). Obtenido de <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/causas/>
- Gonzalez, Y., & Romero, Y. (2012). *revistatelematica.cujae.edu.cu*. Obtenido de Patrón Modelo-Vista-Controlador.: <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/15/10>
- Goto IoT* . (2021). Obtenido de Introducción a protocolos IoT. : [https://www.gotoiot.com/pages/articles/iot\\_protocols\\_intro/index.html#iframe-parent](https://www.gotoiot.com/pages/articles/iot_protocols_intro/index.html#iframe-parent)
- GURRÍA, L. (2022). *Hologram.io*. Obtenido de API de IoT: una guía para interfaces de programación de aplicaciones: <https://www.hologram.io/blog/iot-apis-guide/>
- Guzmán, A. (2023). Diseño y construcción de un prototipo de invernadero para agricultura de precisión a travez de IOT. Obtenido de [Archivo PDF]
- Guzmán, C. (2019). *Univerisdad Militar Nueva Granada*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/32505>
- Hetpro*. (Noviembre de 2017). Obtenido de Microcontrolador: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>
- Hewlett-Packard. (2023). *HP*. Obtenido de Cómo el Internet de las Cosas (IoT) beneficia la vida como la conocemos.: <https://www.hp.com/mx-es/shop/tech-takes/beneficios-del-internet-de-las-cosas-iot>
- IBM. (2023). *www.ibm.com*. Obtenido de Cloud computing: <https://www.ibm.com/cloud/learn/cloud-computing-gbl>

- IBM. (2023). *Www.ibm.com*. Obtenido de ¿Qué es cloud computing?: <https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/cloud-computing-gbl>
- IBM. (2023). *Www.ibm.com*. Obtenido de ¿En qué consiste un VPS (servidor virtual privado)? : <https://www.ibm.com/mx-es/topics/vps>
- Ideam. (s.f.). GOV.CO. Obtenido de Índice Ultravioleta: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/indice-ultravioleta-iuv->
- Instituto Para La Salud Geoambiental. (2022). *Instituto Para La Salud Geoambiental*. Obtenido de <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2/#:~:text=El%20CO2%20no%20es%20realmente%20un%20t%C3%B3xico%20en,de%20si%20medimos%20en%20entornos%20rurales%20o%20urbanos.>
- IONOS. (28 de Enero de 2021). *IONOS Digitalguide*. Obtenido de ¿Qué es una interfaz gráfica de usuario (GUI)? : <https://www.ionos.mx/digitalguide/paginas-web/desarrollo-web/que-es-una-gui/>
- ISO/IEC. (2016). *iso*. Obtenido de Tecnología de la información: transporte de telemetría de Message Queue Server (MQTT) v3.1.1: <https://www.iso.org/standard/69466.html>
- Joshi, R. (2019). *IoT Architecture Layers*. *HIOTRON*. Obtenido de <https://www.hiotron.com/iot-architecture-layers/>
- Kpmg*. (2018). Obtenido de [https://www.tendencias.kpmg.es/2016/08/infografia-el-internet-de-las-cosas/?utm\\_campaign=KPMG%20Spain&utm\\_source=twitter&utm\\_content=sf34112957&utm\\_medium=spredfast&sf33588874=1&sf34112957=1#.WGUNifnhDIV](https://www.tendencias.kpmg.es/2016/08/infografia-el-internet-de-las-cosas/?utm_campaign=KPMG%20Spain&utm_source=twitter&utm_content=sf34112957&utm_medium=spredfast&sf33588874=1&sf34112957=1#.WGUNifnhDIV)
- Lara, P. (2021). *Www.telcel.com*. Obtenido de Qué es la interoperabilidad del IoT : <https://www.telcel.com/empresas/tendencias/notas/interoperabilidad-del-iot>
- Light, R. (2017). *the journal of open source software*. Obtenido de MQTT protocol. The Journal of Open Source Software, 2(13), 265: <https://doi.org/10.21105/joss.00265>
- McHale, A. (2 de Septiembre de 2021). *Safecility*. Obtenido de We Need To Measure CO2 Levels Indoors And On Public Transport To Minimise Covid Spread: <https://safecility.com/co2-levels-indoors-and-on-public-transport/>

- MDN Web Docs*. (10 de Diciembre de 2018). Obtenido de HTML: HyperText Markup Language: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>
- Medlineplus*. (2022). Obtenido de Exposición a la radiación.: <https://medlineplus.gov/spanish/radiationexposure.html>
- Mendizábal, I. d. (2022). *all about circuits*. Obtenido de IoT Communication Protocols—IoT Data Protocols - Technical Articles.: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/internet-of-things-communication-protocols-iot-data-protocols/>
- Molina, C. (2020). *Universidad Popular del Cesar - Misión y Visión*. Obtenido de Unicesar.edu.co.: <https://www.unicesar.edu.co/index.php/es/mision-y-vision>
- Molina, J. J., & Villamizar, D. G. (2020). *DocPlayer*. Obtenido de <https://docplayer.es/211830636-Diseno-de-un-sistema-iot-para-la-medicion-de-temperatura-humedad-y-luz-en-huertas-urbanas.html>
- MongoDB. (2019). *www.mongodb.com*. Obtenido de NoSQL Databases Explained: <https://www.mongodb.com/nosql-explained>
- Mozilla. (26 de Junio de 2019). *MDN Web Docs*. Obtenido de CSS: Cascading Style Sheets: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>
- Mozilla. (19 de Julio de 2019). *MDN Web Docs*. Obtenido de <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/javascript>
- mozilla, D. (2023). *Developer.mozilla.org*. Obtenido de Generalidades del protocolo HTTP - HTTP: <https://developer.mozilla.org/es/docs/Web/HTTP/Overview>
- Muñoz, O. Q. (2019). *Internet de las cosas*. 978-1-64086-432-0
- Narvaéz, S., & Contreras, V. (2020). *Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19439/1/UPS-GT003019.pdf>
- News samsung. (09 de 04 de 2018). *Samsung Newsroom Colombia*. Obtenido de ¿Cómo entender el Internet De Las Cosas?: <https://news.samsung.com/co/como-entender-el-internet-de-las-cosas>
- Nuestro municipio. (2023). *GOV.CO*. Obtenido de Aguachica-Cesar.gov.co.: <https://www.aguachica-cesar.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- OMS. (21 de Junio de 2022). Obtenido de Radiación ultravioleta: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>

- ONsalus*. (1 de Noviembre de 2017). Obtenido de Consecuencias y efectos de la humedad para la salud.: <https://www.onsalus.com/consecuencias-y-efectos-de-la-humedad-para-la-salud-20364.html>
- Oracle*. (2023). Obtenido de <https://www.oracle.com/co/internet-of-things/what-is-iot/>
- Organización Mundial de la Salud. (2023). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/>
- OvHcloud. (2023). *Www.ovhcloud.com*. Obtenido de Cloud computing: definición, ventajas y productos : <https://www.ovhcloud.com/es/public-cloud/cloud-computing/>
- paessler. (2023). *paessler.com*. Obtenido de Servidor: definición y detalles: <https://www.paessler.com/es/it-explained/server>
- Publica, F. (2012). *Www.funcionpublica.gov.co*. Obtenido de Ley 1581 de 2012: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=49981>
- Radiación, U. (21 de junio de 2022). *Salud, Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>
- Ramirez, O., Guerrero, D., Ricón, M., Navarro, D., & Arango Trillos. (2021). *doi.org*. Obtenido de Sistema IOT para el monitoreo de variables físicas agroambientales determinantes en la producción agropecuaria. Tendencias En La Investigación Universitaria. Una Visión Desde Latinoamérica. Volumen XV, 249–265.: <https://alini.org/wp-content/uploads/2022/05/LIBRO-TENDENCIAS-XV.Version7-1-269-285.pdf>
- Ramirez, O., Julio, C., N., D., F., D., & E, J. (2021). Prototipo de finca inteligente utilizando tecnología IoT como estrategia para mejorar la productividad agropecuaria. Aguachica-Cesar. SGPS6569
- Redhat. (30 de Agosto de 2022). *Red hat*. Obtenido de <https://www.redhat.com/es/topics/cloud-computing/what-are-cloud-providers>
- RedHat. (2023). *Www.redhat.com*. Obtenido de ¿Qué es el Internet de las cosas?: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- Santiago, A. (16 de Febrero de 2017). *Microsoft*. Obtenido de Los beneficios de la integración de IoT a nuestra vida cotidiana: <https://news.microsoft.com/es-xl/los-beneficios-de-la-integracion-de-iot-a-nuestra-vida-cotidiana/>

- School C. (4 de Noviembre de 2022). *Cerem*. Obtenido de Global Business School: <https://www.cerembs.co/blog/porque-el-internet-de-las-cosas-iot-promete-cambiar-la-vida-del-ser-humano>
- Secoin. (25 de Enero de 2019). Obtenido de Automatización, instrumentación y sistemas de pesaje para la industria: <https://www.secoin.com.uy/blog/humedad-relativa-qu%C3%A9-es-y-por-qu%C3%A9-es-importante-controlarla>
- Secure, A. (24 de febrero de 2022). *AlaiSecure*. Obtenido de 5 características IoT: <https://alaisecure.es/5-caracteristicas-iot/>
- Shafique, K., Khawaja, B., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). *IEEE Xplore*. Obtenido de <https://www.mybib.com/es/herramientas/generador-citas-apa>
- Shea, S. (Agosto de 2019). *techtarget*. Obtenido de <https://www.techtarget.com/iotagenda/definicion/machine-to-machine-M2M>
- shopify. (9 de Septiembre de 2022). *shopify*. Obtenido de Qué es UX/UI, en qué consisten y cómo aplicarlas?: <https://www.shopify.com/es/blog/ux-ui>
- Silvia, O., Rincón, C., & Vásquez, N. (2020). SOLUCIÓN TECNOLÓGICA BASADA EN TECNOLOGÍAS IOT PARA EL MONITOREO DEL CLIMA EN BUCARAMANGA. Bucaramanga. Obtenido de [Archivo PDF]
- SurveyMonkey. (12 de Agosto de 2021). *SurveyMonkey*. Obtenido de Calculadora del tamaño de muestra: qué son los tamaños de muestra.: <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- tp-link*. (2020). Obtenido de WiFi: ¿Qué es WiFi?: <https://www.tp-link.com/cac/blog/34/wifi-qu%C3%A9-es-wifi/>
- Unicesar. (2022). *Universidad Popular del Cesar*. Obtenido de <https://www.unicesar.edu.co/index.php/es/mision-y-vision>
- UPC Seccional - Aguachica, H. (2020). *Unicesar.edu.co*. Obtenido de <https://aguachica.unicesar.edu.co/historia/>
- Yate, M., & Zambrano, M. (2021). *Universidad Católica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/d6558c5e-7e04-44e7-a93a-a0ba398eaca0/content>

- Yesquin, M., Villabona, R., & Noriega, V. (2020). *Universidad Autónoma de Bucaramanga*. Obtenido de Repository.unab.edu.co.: <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/13901>
- Zwerg, V., Atehortúa, H., & Colombia, R. (2012). *Ad-minister*. Metodología de la investigación:mas que una receta. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3223/322327350004.pdf>

## 8. ANEXOS

### Anexo A. Supervisor de salones.

PARA: SUPERVISOR ENCARGADO DE LOS SALONES.

DE: ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SECCIONAL AGUACHICA.



#### Anexos

Anexo A. Formato guía para entrevistar al Supervisor Frank Quintero, encargado en la supervisión de docentes y salones de la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

#### ENTREVISTA AL SUPERVISOR DE LA UNIVESIDAD POPULAR DEL CESAR.

Aguachica Cesar, 19 de septiembre de 2023

Por la presente, me complace informarle sobre la realización de una entrevista que forma parte fundamental del desarrollo de un proyecto de grado en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica. Este proyecto se está llevando a cabo en colaboración con la Universidad Popular del Cesar.

Nuestro proyecto, titulado Desarrollo de un Prototipo de IoT para Medir Variables Ambientales que Afectan el Bienestar de la Comunidad Educativa en la Universidad Popular del Cesar, Seccional Aguachica, tiene como objetivo principal el diseño y la implementación de un sistema de monitoreo de variables ambientales.

El objetivo principal de la entrevista es determinar con la experiencia del supervisor, el número de aulas y laboratorios que estas disponibles actualmente en la universidad popular del cesar seccional Aguachica.

¿Qué cantidad de aulas y laboratorios están siendo utilizadas actualmente para el desarrollo de las actividades en la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica?

**Carlos Alberto Sánchez Carrascal**  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas

**Jairo Hernández Núñez**  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas

**Respuesta:** Encontraras toda la información en el siguiente enlace:

[https://www.youtube.com/watch?v=IU1Rs\\_gZUPs](https://www.youtube.com/watch?v=IU1Rs_gZUPs)

## Anexo B. Ingeniera Ambiental.

PARA: INGENIERA DEL PROGRAMA DE INGENIERA AMBIENTAL.

DE: ESTUDIANTES DE INGIENERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SECCIONAL AGUACHICA.



### Anexo

**Anexo B.** Formato guía para entrevistar a la Ingeniera Rocio Ropero Pallares de la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica.

### ENTREVISTA

Aguachica Cesar, 19 de septiembre de 2023

Por la presente, Agradecer por su disposición y disponibilidad en su tiempo para realizar la entrevista que forma parte fundamental del desarrollo de un proyecto de grado en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica. Este proyecto se está llevando a cabo en colaboración con la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica.

El objetivo principal de la entrevista, es poder determinar cuáles son las variables ideales en un ambiente de clases dada por un especialista en el área ambiental lo cual nos brinda información relevante para llevar a cabo esta investigación.

1. ¿Cuál sería para usted las variables a tener en cuenta en un ambiente adecuado para un espacio (salón o laboratorios) de tipo académico?
2. ¿Teniendo en cuenta la respuesta anterior manifieste cuales serían los salones que considera que cumplen con estas variables ideales?
3. ¿Teniendo en cuenta con la respuesta anterior cuales serían los salones que no cumplen con estas variables ambientales?
4. Dentro de los salones que considera que no cumplen con las variables ideales. Cual considera usted el más crítico.?

Carlos Alberto Sánchez Carrascal  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas

Jairo Hernández Núñez  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas

**Respuesta:** Encontraras toda la información en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=UH5TYPger3c>

## Anexo C. Ingeniero Darwin Pino.

**PARA:** DOCENTE INVESTIGADOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.

**DE:** ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SECCIONAL AGUACHICA.



### Anexo

**Anexo A.** Formato guía para entrevistar al Docente Darwin Navarro Pino, investigador del programa de ingeniería de sistemas de la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

### ENTREVISTA

Aguachica Cesar, 19 de septiembre de 2023

Por la presente, Agradecer por su disposición y disponibilidad en su tiempo para realizar la entrevista que forma parte fundamental del desarrollo de un proyecto de grado en el programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad Popular del Cesar seccional Aguachica. Este proyecto se está llevando a cabo en colaboración con la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica.

El objetivo principal de la entrevista es determinar con la experiencia del docente, qué posibles factores o condiciones se están presentando en los ambientes de aprendizaje con el fin de tener la oportunidad de mejorar el entorno educativo y poder promover la conciencia ambiental en la universidad popular del cesar seccional Aguachica.

¿Puede proporcionar ejemplos específicos de cómo las condiciones ambientales en las aulas de clases han afectado a los estudiantes en términos de su rendimiento académico y cuáles serían las posibles causas?

¿Ha tenido conocimiento de casos específicos en los que estudiantes o miembros del personal hayan experimentado problemas de salud debido a las condiciones ambientales en las aulas? Si es así, ¿puede compartir algunos ejemplos?

¿Considera que es importante que se tomen medidas para mejorar las condiciones ambientales en las aulas de clases y promover un entorno más saludable para el aprendizaje?

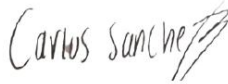
¿Cuál es su opinión sobre la importancia de recopilar datos ambientales en tiempo real y utilizarlos para mejorar el entorno de aprendizaje?

**Respuesta:** Encontraras toda la información en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=BOPw0LVhMEs>

**PARA:** DOCENTE INVESTIGADOR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS.

**DE:** ESTUDIANTES DE INGENIERÍA DE SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR, SECCIONAL AGUACHICA.



---

**Carlos Alberto Sánchez Carrascal**  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas



---

**Jairo Hernández Núñez**  
Estudiante De Ingeniería De Sistemas