



**Diseño De Sistema De Monitoreo Remoto De Temperatura Y Humedad En El
Servicio Farmacéutico.**

Autores:

**Anaya Tovar Daniela María,
De la Cruz Barraza Diego José.**

Tutor:

José Ignacia navarro

Cotutor:

Yully Marcela Gutiérrez Ayala

Facultad de Ingeniería

Programa de Tecnología en electromedicina articulado por ciclos propedéutico con

Ingeniería biomédica.

Barranquilla-Atlántico

2024

**Diseño De Sistema De Monitoreo Remoto De Temperatura Y Humedad En El
Servicio Farmacéutico.**

**Anaya Tovar Daniela María,
De la Cruz Barraza Diego José.**

Tutor:

José Ignacia navarro

Cotutor:

Yully Marcela Gutiérrez Ayala

Facultad de Ingeniería

**Programa de Tecnología en electromedicina articulado por ciclos propedéutico con
Ingeniería biomédica.**

Barranquilla – Atlántico

2024

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	1
1. Introducción.....	1
2. Planteamiento del problema	4
3. Justificación.....	9
4. Objetivos	12
4.1. Objetivo General.....	12
4.2. Objetivos Específicos.....	12
5. Marco referencial.....	13
5.1. Marco conceptual.....	13
5.2. Marco Legal	14
5.3. Marco teórico.....	16
5.3.1 Estado del arte:	16
5.3.2 La temperatura.....	17
5.3.3 La escala Celsius	17
5.3.4 La humedad relativa	17
5.3.5 El control preciso de variables ambientales	17

5.3.6	Sensor AHT10.....	18
5.3.7	Principios de funcionamiento El AHT10.....	19
5.3.8	Aplicaciones y ventajas del AHT10.....	19
5.3.9	El DHT11.....	19
5.3.10	El DHT22.....	20
5.3.11	El sensor BME280.....	21
5.3.12	La ESP32.....	21
5.3.13	Capacidades de conectividad y procesamiento La ESP32.....	21
5.3.14	Integración de la ESP32 en sistemas IoT La ESP32.....	22
5.3.15	La ESP8266.....	22
5.3.16	Arduino Nano33 IoT.....	22
5.3.17	Raspberry Pi Pico W.....	23
5.3.18	¿Qué es la IOT?:.....	23
5.3.19	Los medicamentos.....	24
5.3.20	Protocolo de comunicación.....	24
5.3.21	La MQTT.....	24
5.3.22	Redes de sensores.....	25
5.3.23	IOT.....	25
5.3.24	Protocolos de Comunicación en IoT.....	25
5.3.25	Plataformas de IoT.....	26

5.3.26	Aplicaciones de iot en sectores	27
5.3.27	Protocolo de Comunicación en Sensores	28
5.3.28	Conexiones WiFi y Bluetooth.....	29
5.3.29	Servidores.....	30
5.3.30	Thingier.io	31
5.3.31	Fuentes de alimentación.....	32
5.3.32	Fritzing	32
5.3.33	ThingSpeak	33
6.	Metodología.....	33
6.1.	Diseño.	34
6.2.	Materiales y métodos.	38
6.3.	Procedimientos.	41
7.	Resultados y discusión	45
8.	Conclusion.....	47
9.	Referencias	49
10.	Anexos.....	57

Listado de Figuras

Figura 1	<i>Sensor de Temperatura y Humedad AHT10</i>	18
Figura 2	<i>Sensor de Temperatura y Humedad DHT11</i>	19
Figura 3	<i>Sensor de Temperatura y Humedad DHT22</i>	20

Figura 4 <i>Sistema del MQTT</i>	24
Figura 5 <i>Esquema del sistema del Proyecto monitoreo remoto de temperatura y humedad.</i>	34
Figura 6 <i>Microcontrolador ESP32</i>	39
Figura 7 <i>Sensor de temperatura y humedad AHT10.</i>	40
Figura 8 <i>Página de la plataforma ThingSpeak.</i>	41
Figura 9 <i>Esquema del montaje de los componentes</i>	43
Figura 10 <i>Imagen de la Conexión de los componentes con la proforma ThingSpeak.</i> ...	43
Figura 11 <i>Código de Programación Del sistema.</i>	45
Figura 12 <i>los datos registrados por los sensores.</i>	46
Figura 13 <i>Registro de control de mediciones ambientales.</i>	47

Listado de Tablas

Tabla 1 <i>especificaciones de los sensores de humedad y temperatura.</i>	35
Tabla 2 <i>especificaciones de los microcontroladores.</i>	36
Tabla 3 <i>Especificaciones de las páginas IoT.</i>	37

Resumen

Los servicios farmacéuticos en la actualidad, presentan un desafío en cuanto al monitoreo de las condiciones ambientales de su área. El decreto 2200 establece uso adecuado de medicamentos segura y efectiva, por tal motivo este proyecto presenta el diseño de un sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad para el servicio farmacéutico, donde es crítico mantener condiciones ambientales controladas para preservar la calidad de los medicamentos. Utilizando componentes importantes para el sistema de medir y transmitir datos de variables ambientales en tiempo real en plataformas Iot activando alertas automáticas ante cualquier desviación y disminuyendo así la necesidad de supervisión manual constante. Los resultados indican que el sistema cumple con los estándares del sector farmacéutico, ofreciendo una herramienta eficaz y eficiente para el control de calidad en almacenamiento. Su implementación contribuye al cumplimiento de normativas de conservación, beneficiando tanto a los pacientes como a los operadores del servicio farmacéutico.

***Palabras Claves:** temperatura, humedad relativa, Iot, Farmacia.*

Abstract

Pharmaceutical services today present a challenge in terms of monitoring the environmental conditions of their area. Decree 2200 establishes the proper, safe and effective use of medicines, for this reason this project presents the design of a remote temperature and humidity monitoring system for the pharmaceutical service, where it is critical to maintain controlled environmental conditions to preserve the quality of the medicines. Using important components for the system to measure and transmit data on environmental variables in real time

on IoT platforms, activating automatic alerts for any deviation and thus reducing the need for constant manual supervision. The results indicate that the system complies with the standards of the pharmaceutical sector, offering an effective and efficient tool for quality control in storage. Its implementation contributes to compliance with conservation regulations, benefiting both patients and pharmaceutical service operators.

Keywords: *temperature, relative humidity, Iot, Pharmacy.*

1. **Introducción**

El control continuo de las condiciones ambientales es esencial para el almacenamiento de productos farmacéuticos, ya que mantener la temperatura y la humedad dentro de rangos específicos es crucial para asegurar que los medicamentos conserven su calidad y efectividad a lo largo del tiempo. Variaciones en estas condiciones pueden alterar la composición química de los medicamentos, afectando su potencia, estabilidad y, en algunos casos, incluso su seguridad. Estos cambios representan un riesgo significativo para la salud de los pacientes, ya que un medicamento comprometido puede no cumplir su función terapéutica, e incluso causar efectos adversos. Para las empresas farmacéuticas, estas situaciones suponen también un desafío considerable en términos de control de calidad, ya que cualquier incumplimiento de las normativas en la conservación de productos farmacéuticos puede llevar a sanciones y, más gravemente, a la pérdida de confianza por parte de los consumidores.

El monitoreo ambiental en la industria farmacéutica no es un concepto nuevo; sin embargo, ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. Inicialmente, el control de las condiciones de almacenamiento se realizaba de forma manual, basándose en métodos rudimentarios que presentaban limitaciones en cuanto a precisión y capacidad de respuesta. Con el avance de la tecnología, surgieron sistemas electrónicos para medir y registrar temperatura y humedad, pero estos requerían la intervención constante del personal para validar y verificar los datos. Actualmente, el sector farmacéutico enfrenta el desafío de mejorar sus sistemas de monitoreo para cumplir con normativas internacionales y nacionales que exigen prácticas de conservación más estrictas. Dichas normativas establecen parámetros específicos de temperatura y humedad que deben mantenerse de manera constante para asegurar la calidad del medicamento. Sin embargo, el monitoreo mediante supervisión manual presenta limitaciones, ya

que no permite un control constante ni la posibilidad de generar alertas inmediatas en caso de fallas o cambios inesperados. Estas deficiencias representan riesgos elevados y costos adicionales en la gestión de calidad de los productos almacenados.

Es en este contexto que la implementación de mecanismos de supervisión automatizados cobra relevancia, pues permiten el monitoreo en tiempo real de las variables críticas en espacios de almacenamiento farmacéutico. La tecnología de Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) ofrece soluciones efectivas mediante sensores especializados, capaces de registrar temperatura y humedad de forma continua y, a través de sistemas de comunicación en red, enviar notificaciones automáticas cuando se detectan desviaciones críticas. Este enfoque permite a las empresas farmacéuticas asegurar la integridad de los medicamentos y reducir el riesgo de incidentes derivados de fluctuaciones ambientales.

La utilización de IoT en el monitoreo ambiental del sector farmacéutico tiene ventajas considerables sobre los sistemas tradicionales, ya que facilita el cumplimiento de normativas de manera eficiente y reduce el margen de error humano. Gracias a su capacidad para integrar múltiples sensores y almacenar datos históricos, un sistema de monitoreo basado en IoT no solo permite la supervisión en tiempo real, sino que también posibilita el análisis de tendencias a largo plazo, lo cual es fundamental para mejorar la eficiencia operativa en la gestión de productos farmacéuticos. Asimismo, el uso de algoritmos de procesamiento de datos y de herramientas de inteligencia artificial se está explorando como una forma de optimizar aún más este tipo de sistemas, ofreciendo predicciones sobre posibles fallas o desviaciones y mejorando la capacidad de respuesta ante cualquier eventualidad.

El presente proyecto se centra en el diseño de un sistema de monitoreo remoto que utiliza tecnologías avanzadas basadas en el IoT. El objetivo principal es desarrollar una plataforma que

permita a los usuarios visualizar y controlar en tiempo real las condiciones ambientales en los espacios de conservación de medicamentos. De esta forma, se garantiza la eficacia y seguridad de los productos farmacéuticos para los consumidores, al mismo tiempo que se reducen los riesgos de pérdida y deterioro de los productos. La propuesta del sistema IoT incluye sensores de alta precisión para medir de manera continua la temperatura y la humedad, así como la capacidad de enviar notificaciones automáticas al personal encargado cuando se detectan valores fuera de los rangos establecidos.

A través de una investigación exhaustiva de las alternativas tecnológicas disponibles, se seleccionaron componentes y tecnologías de última generación, como el sensor AHT10 y el microcontrolador ESP32, para implementar un sistema robusto y de alta precisión. Estos sensores se destacan por su capacidad para recolectar datos de forma confiable, lo cual es crucial en entornos en los que incluso pequeñas variaciones en las condiciones ambientales pueden comprometer la integridad de los productos almacenados. Este tipo de tecnología aporta una ventaja significativa en comparación con los sistemas tradicionales, ya que elimina el margen de error humano y reduce el riesgo de pérdidas materiales, resultando en un control de calidad más efectivo y riguroso.

El sistema propuesto también incluye una interfaz de usuario intuitiva, diseñada para que el personal de farmacia o almacén pueda revisar y ajustar los parámetros de manera fácil y rápida. Esto no solo facilita la gestión de los medicamentos en tiempo real, sino que también permite almacenar datos históricos para su análisis posterior. Esta capacidad de almacenamiento y análisis de datos ofrece información valiosa para prever posibles problemas, identificar patrones de variación y optimizar el almacenamiento futuro, lo que se traduce en mejoras significativas en la calidad del servicio y la seguridad de los productos farmacéuticos.

Además de las ventajas operativas, la implementación de un sistema de monitoreo automatizado de esta naturaleza permite al sector farmacéutico alinearse con los estándares de calidad internacionales, cumpliendo con requisitos cada vez más estrictos. La conservación adecuada de productos es esencial para asegurar que cada medicamento mantenga su integridad y eficacia desde su producción hasta su consumo. En este sentido, el presente proyecto contribuye al desarrollo de un sistema que no solo optimiza el proceso de almacenamiento, sino que también eleva los estándares de calidad, consolidando una base tecnológica sólida para futuras innovaciones en el área.

Con la construcción de un prototipo funcional y la realización de pruebas experimentales, se espera demostrar que el sistema de monitoreo remoto puede ser una herramienta efectiva en el monitoreo de las condiciones ambientales de conservación de medicamentos. Este proyecto, por lo tanto, no solo apunta a proteger la salud pública mediante la mejora de la seguridad en el manejo de medicamentos, sino que también busca aumentar la eficiencia operativa en el sector farmacéutico, garantizando la calidad y durabilidad de los productos que dependen de condiciones ambientales precisas.

2. Planteamiento del problema

De acuerdo con el Decreto 2200 de 2005, el propósito principal de esta normativa es regular las actividades y procesos propios del servicio farmacéutico, estableciendo disposiciones específicas que deben ser cumplidas por las instituciones del sector, Objetivo Principal es regular las actividades y procesos propios del servicio farmacéutico, garantizando el cumplimiento de los reglamentos relacionados con esta área. La farmacovigilancia Incluye todas las actividades relacionadas con la evaluación, prevención y detección de eventos adversos o cualquier problema relacionado con los medicamentos. Esto implica un monitoreo continuo y adecuado

para asegurar la seguridad y eficacia de los medicamentos utilizados. La resolución 1403 de termina el modelo de plan de gestión del servicio farmacéutico. se adopta el manual de condiciones esenciales y procedimientos y otras disposiciones. criterios administrativos y técnicos generales. Condiciones de las áreas de almacenamiento Condiciones de temperatura y humedad, Contar con mecanismos que garanticen las condiciones de temperatura y humedad relativa recomendadas por el fabricante. Temperatura ambiente controlada: 15 a 30°C - Sin indicación: Máximo 25°C

Mantener estos parámetros dentro de rangos aceptables es esencial para cumplir con la normativa de calidad, y las metodologías tradicionales de supervisión manual no siempre logran cubrir este propósito de forma eficaz. La supervisión manual, aunque común, es altamente vulnerable a errores humanos y a limitaciones logísticas, lo que impide la detección oportuna de variaciones que puedan comprometer la eficacia y seguridad de los medicamentos. De esta manera, el sector farmacéutico se encuentra ante la necesidad de adoptar soluciones más avanzadas, como un sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad, que permita realizar una supervisión constante y en tiempo real, brindando alertas automáticas en caso de desviaciones críticas (Soto et al., 2019).

La importancia de un manejo adecuado del almacenamiento en el sector farmacéutico radica en que es una medida fundamental para asegurar la calidad y conservación de los medicamentos. Según Sued (2020), un sistema de control adecuado debe incluir políticas, actividades y recursos que permitan garantizar la calidad y el cuidado de los productos farmacéuticos, y el cumplimiento de estos requisitos es un estándar legal en muchos países. Al implementar un sistema de monitoreo remoto, se busca fortalecer este marco de control, ya que los sistemas basados en IoT permiten no solo la medición continua, sino también la capacidad de

respuesta inmediata a cualquier irregularidad, lo cual es indispensable en contextos en los que un fallo en el almacenamiento puede tener implicaciones directas en la salud pública.

El desarrollo de un sistema de monitoreo remoto, entonces, responde a una necesidad crítica de modernización en la gestión de almacenes farmacéuticos, garantizando que los medicamentos permanezcan en condiciones óptimas hasta el momento de su distribución. Este proyecto no solo se alinea con las exigencias legales y de calidad del sector, sino que también representa una mejora significativa en la eficiencia y seguridad de las operaciones farmacéuticas. Implementar una solución de monitoreo que ofrezca datos en tiempo real y alertas automáticas representa un avance sobre los métodos convencionales y aporta una herramienta tecnológica robusta para la gestión de riesgos, brindando así una mayor garantía de seguridad en el suministro de medicamentos (Quiñones-Cuenca et al., 2017).

El buen manejo de Almacenamiento, construyen en un mecanismo dentro de toda institución encargada al manejo de productos farmacéuticos, con políticas, actividades y recursos con el objeto de mantener y garantizar la calidad, conservación y el cuidado de los productos farmacéuticos reconocidos por ley del país, para una buena prestación de servicios de salud en la sociedad (Sued, 2020).

Los medicamentos tienen una de las tecnologías sanitarias importantes que han marcado el progreso del bienestar humano por parte de su salud y el impacto se manifiesta en diversos aspectos, incluyendo la prevención, el tratamiento y la rehabilitación de enfermedades. Sin embargo, a pesar de su crucial papel en la salud pública, el proceso de manejo de medicamentos puede volverse complejo dependiendo el manejo que tengan ya abarcado, especialmente si no se

presta la debida atención al cuidado y almacenamiento adecuado de los mismos. El almacenamiento correcto de los medicamentos es fundamental para permanecer su eficacia y seguridad a los medicamentos. El Control que se lleva en un Inventario es un manejo eficiente del inventario no solo garantiza la disponibilidad de los medicamentos, sino que también ayuda a prevenir el desperdicio. Esto es especialmente importante en entornos clínicos donde cada dosis puede ser vital para un paciente (Oscanoa, T. J. (2012)).

Un error en la preparación o administración de un medicamento, que puede surgir debido a la adquisición de un producto con etiquetado incorrecto o incompleto, podría considerarse un fallo en el proceso de selección que lleva a la manipulación o aplicación inadecuada del fármaco. Este es un momento crítico y una oportunidad para evaluar los posibles riesgos de errores en la medicación y, si es necesario, implementar prácticas, protocolos de uso o medida.

Ejemplos de estas medidas pueden incluir el uso de formularios estandarizados para las prescripciones, la limitación de la prescripción, el establecimiento de dosis máximas y la creación de guías informativas para asegurar la correcta preparación o administración del medicamento. Además, al decidir la compra de nuevas especialidades farmacéuticas, es fundamental tener en cuenta diversos factores para prevenir errores en la medicación, y especialmente en otros López, M. O., Muñoz, R. M., Ramos, B. S., Latorre, F. P., & Sánchez, O. D. (2003).

Los medicamentos termolábiles deben estar en un refrigerador, manteniéndose entre 2 grados Celsius y 8 Grados Celsius de estos incluyen insulinas, vacunas y algunos antibióticos. Es crucial que, durante todo el proceso, desde su fabricación hasta la administración al paciente, se mantenga la cadena de frío para asegurar la calidad y eficacia del medicamento que es lo mas importante para el paciente.

Para garantizar que estos medicamentos se conservan dentro del rango de temperatura adecuado de acuerdo con los medicamentos requeridos, es necesario realizar comprobaciones periódicas de la temperatura del refrigerador. los termómetros que registran las temperaturas máxima y mínima son especialmente útiles, ya que permiten obtener un historial de temperaturas independientemente de la lectura actual donde cada lugar donde lo almacenan debe tener todos estos registros. Plan de Gestión del Servicio Farmacéutico dada institución debe implementar una gestión adecuada del servicio farmacéutico que cumpla con las disposiciones del decreto, asegurando la calidad en el manejo de los medicamentos.

Existen algunas circunstancias en las que los medicamentos pueden verse expuestos a las temperaturas superiores a las recomendadas, ya sea por un fallo en el frigorífico o por cortes en el suministro eléctrico. En tales casos, es aconsejable consultar a un profesional de salud antes de utilizar el medicamento afectado, ya que algunos pueden perder su efectividad si se congelan.

es importante que las condiciones de almacenamiento pueden cambiar una vez que el medicamento, ciertos medicamentos, como jarabes infantiles en forma de suspensión, deben conservarse en la nevera y utilizarse en un período limitado de tiempo tras la mezcla con agua. por eso es importante seguir las recomendaciones específicas de almacenamiento de cada fármaco del medicamento para asegurar su eficacia y seguridad en el tratamiento (casamitjana, s.f.).

¿Cómo puede un sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad mejorar la conservación de productos farmacéuticos, reduciendo los riesgos asociados con la supervisión manual y asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad?

3. **Justificación**

El correcto almacenamiento de productos farmacéuticos es fundamental para asegurar su eficacia y seguridad, ya que la exposición de estos productos a condiciones inadecuadas de temperatura y humedad puede provocar la degradación de sus principios activos. Esta degradación no solo disminuye la efectividad de los medicamentos, sino que también puede presentar riesgos significativos para la salud de los pacientes, quienes dependen de estos productos para sus tratamientos. De acuerdo con estudios en el área, las variaciones en las condiciones ambientales pueden alterar la composición química de los medicamentos, afectando su potencia y estabilidad, lo cual compromete directamente su calidad y su capacidad para ofrecer los efectos terapéuticos deseados (Acarapi Mamani, 2019). Para las instituciones de salud y las empresas farmacéuticas, garantizar un almacenamiento adecuado es, por lo tanto, una prioridad esencial que no solo involucra el cumplimiento de normativas de calidad, sino también la protección de los pacientes y la eficiencia de los procesos de producción y distribución.

La necesidad de un monitoreo constante y preciso de las condiciones ambientales en los espacios de almacenamiento de productos farmacéuticos se ha hecho cada vez más evidente. Estudios recientes han subrayado las pérdidas económicas considerables que enfrentan las instituciones de salud debido a productos deteriorados por condiciones ambientales inestables en las cadenas de suministro, lo cual representa un desafío importante para los sistemas de gestión y control de inventarios (Paredes, 2023; Arratia-Zapata et al., 2024). En este contexto, las organizaciones farmacéuticas están adoptando sistemas de monitoreo remoto que puedan mantener un registro continuo de temperatura y humedad, y que permitan detectar de inmediato cualquier desviación de los valores establecidos como ideales para la conservación de los medicamentos.

Con el avance de las tecnologías de monitoreo remoto, especialmente a través de sistemas basados en el Internet de las Cosas (IoT), ha sido posible demostrar que la implementación de sensores avanzados y sistemas automáticos facilita un control continuo y en tiempo real de las condiciones de temperatura y humedad en los espacios de almacenamiento. Estos sistemas integran sensores que capturan y envían información de manera automática, sin requerir intervención humana constante, lo cual representa una mejora notable en términos de precisión y eficacia. De hecho, los sistemas automáticos de monitoreo remoto no solo permiten la recolección de datos de manera ininterrumpida, sino que también proporcionan alertas en tiempo real cuando las condiciones se desvían de los parámetros ideales, permitiendo una respuesta rápida y oportuna para mitigar el riesgo de deterioro de los productos farmacéuticos (Molina Vargas, 2022; Otero Navarro, 2024).

Uno de los principales beneficios de los sistemas de monitoreo remoto es su capacidad para optimizar la supervisión de los entornos críticos. En el sector farmacéutico, esta tecnología representa una herramienta valiosa, pues permite que el personal encargado reciba alertas de manera inmediata y pueda actuar con prontitud ante cualquier cambio en las condiciones ambientales. Esto, a su vez, mejora la trazabilidad y la gestión de inventarios, ya que el sistema permite documentar de manera precisa y detallada el historial de las condiciones de almacenamiento de los productos, lo cual es especialmente útil para auditar y asegurar el cumplimiento de los estándares de calidad. Según investigaciones recientes, la implementación de estos sistemas automáticos no solo reduce el riesgo de pérdida de productos debido a condiciones ambientales desfavorables, sino que también permite un mayor control sobre el uso de los recursos, lo cual tiene un impacto positivo en la sostenibilidad de las organizaciones de salud (Otero Navarro, 2024).

La integración de tecnologías basadas en sensores avanzados y monitoreo remoto no solo facilita la supervisión continua, sino que también ofrece la capacidad de ajustar las condiciones de almacenamiento de forma proactiva. La capacidad de respuesta y de adaptación de estos sistemas es crucial en el contexto farmacéutico, donde incluso variaciones mínimas en la temperatura o la humedad pueden tener efectos significativos sobre la calidad de los medicamentos almacenados. La investigación científica ha destacado la importancia de contar con un control preciso y en tiempo real de estos parámetros, enfatizando que, en algunos casos, la falta de un monitoreo adecuado ha llevado a incidentes de salud pública por el uso de medicamentos que no mantenían sus propiedades farmacológicas debido a su exposición a condiciones ambientales inestables (Quiñones-Cuenca et al., 2017).

Además de sus implicaciones en la seguridad de los pacientes, la implementación de sistemas de monitoreo remoto responde a las tendencias actuales de automatización y control en el sector farmacéutico. En un entorno donde la tecnología de sensores avanzados y el IoT han revolucionado las prácticas de almacenamiento, el presente proyecto se fundamenta en los principios de ingeniería y tecnología de monitoreo para ofrecer una solución integral a las instituciones de salud. De este modo, la implementación de un sistema de monitoreo automatizado contribuye no solo a proteger la calidad de los productos farmacéuticos, sino también a optimizar los procesos de gestión de entornos críticos. Como beneficio adicional, estos sistemas permiten reducir costos operativos y minimizar el margen de error humano, factores que son altamente valorados por las empresas farmacéuticas que buscan maximizar la eficiencia y la rentabilidad de sus operaciones (Quiñones-Cuenca et al., 2017).

La tecnología de monitoreo remoto en entornos de almacenamiento farmacéutico proporciona una solución robusta para asegurar que las condiciones de temperatura y humedad

se mantengan dentro de los límites establecidos, permitiendo así una preservación adecuada de los medicamentos. Además, estos sistemas contribuyen a una mayor sostenibilidad económica en el sector farmacéutico, ya que la reducción de las pérdidas de productos contribuye a la optimización del uso de recursos. En este sentido, el proyecto aquí planteado tiene un impacto positivo no solo en la protección de la salud pública, sino también en el desarrollo sostenible de la industria farmacéutica, que se enfrenta a una creciente demanda de transparencia y de cumplimiento de regulaciones cada vez más rigurosas (Quiñones-Cuenca et al., 2017).

En conclusión, la implementación de un sistema de monitoreo remoto para el control de las condiciones ambientales de productos farmacéuticos es una necesidad imperante en la industria. No solo permite asegurar la calidad y seguridad de los medicamentos, sino que también apoya los esfuerzos de las instituciones de salud por proteger a los pacientes y optimizar sus recursos. Este proyecto, por lo tanto, está alineado con los principios de ingeniería avanzada y representa un aporte valioso al sector farmacéutico al ofrecer una solución moderna y eficaz que responde a los desafíos actuales de calidad, seguridad y sostenibilidad.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema central de monitoreo remoto que les permita a los usuarios visualizar y controlar la temperatura y humedad en las unidades de conservación de los medicamentos en el área farmacéutico en un rango seguro y confiable en todo momento, garantizando calidad y seguridad a los productos.

4.2. Objetivos Específicos

1. Selección de tecnología para el diseño de monitor remoto de temperatura y humedad para cumplir con los requisitos del servicio farmacéutico.

2. Adquirir los componentes necesarios y montar un prototipo funcional del sistema de monitoreo remoto Integrando el sensor, el hardware de comunicación y visualización.

3. Realizar pruebas experimentales del prototipo para verificar que funcione correctamente y sea en términos de precisión de medición de temperatura y humedad.

5. Marco referencial

A continuación, se hará una descripción del marco referencial, en que se encuentra una base teórica y contextual que sustenta el diseño del sistema y su selección de acuerdo con los objetivos dichos anteriormente del presente proyecto.

5.1. Marco conceptual

- **Temperatura:** magnitud escalar que se define como la cantidad de energía presente en las partículas de una masa gaseosa, líquida o sólida (Leskow, 2024).
- **Humedad:** es la cantidad de vapor de agua contenida en el aire.
- **Medicamentos:** son compuestos químicos que se utilizan para prevenir, ayudar o curar enfermedades.
- **Sistema:** Un sistema es un conjunto organizado de componentes interrelacionados con una estructura y un entorno definidos.
- **Internet:** una red global de computadoras conectadas que permite el intercambio de información por todo el mundo.
- **Humedad Relativa:** el vapor de agua en el aire, en porcentaje del máximo que el aire puede contener a una temperatura.
- **Herramientas:** instrumentos que permiten realizar ciertos trabajos.
- **Conexión:** Unir o entrelazar una o mas cosas con otra.
- **Sensor:** herramienta que detecta y responden una acción externa.

- **Cable:** un conductor de electricidad.
- **Área:** Un espacio que tiene cierto limite.
- **Aplicación:** una herramienta para ejecutar o realizar dentro de ella una función.

5.2.Marco Legal

- **Decreto 2200 de 2005.** Objeto. El presente decreto tiene por objeto regular las actividades y/o procesos propios del servicio farmacéutico. Campo de aplicación. Las disposiciones del presente decreto se aplicarán a los prestadores de servicios de salud, incluyendo a los que operen en cualquiera de los regímenes de excepción contemplados en el artículo 279 de la Ley 100 de 1993, a todo establecimiento farmacéutico donde se almacenen, comercialicen, distribuyan o dispensen medicamentos o dispositivos médicos, en relación con el o los procesos para los que esté autorizado y a toda entidad o persona que realice una o más actividades y/o procesos propios del servicio farmacéutico (funcion publica, 2005).
- **La resolución 3100 de 2019.** La presente resolución tiene por objeto definir los procedimientos y las condiciones de inscripción de los prestadores de servicios de salud y de habilitación de los servicios de salud (minsalud, 2019).
- **La resolución 1403 de 2007.** La presente resolución tiene por objeto determinar los criterios administrativos y técnicos generales del Modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico y adoptar el Manual de condiciones esenciales y procedimientos del Servicio Farmacéutico (sanidadfuerzasmilitares, 2007).

- **Decreto 4725 de 2005.** El presente decreto tiene por objeto, regular el régimen de registros sanitarios, permiso de comercialización y vigilancia sanitaria en lo relacionado con la producción, procesamiento, envase, empaque, almacenamiento, expendio, uso, importación, exportación, comercialización y mantenimiento de los dispositivos médicos para uso humano, los cuales serán de obligatorio cumplimiento por parte de todas las personas naturales o jurídicas que se dediquen a dichas actividades en el territorio nacional (minsalud, 2014).
- **Resolución 4816 de 2008.** El objeto de la presente resolución es reglamentar el Programa Nacional de Tecnovigilancia a fin de fortalecer la protección de la salud y la seguridad de los pacientes, operadores y todas aquellas personas que se vean implicadas directa o indirectamente en la utilización de dispositivos médicos, cuyas disposiciones se aplicarán a:
 1. El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, Invima.
 2. Las Secretarías Departamentales y Distritales de Salud.
 3. Los fabricantes e importadores de dispositivos médicos de uso en humanos.
 4. Los Prestadores de Servicios de Salud y profesionales independientes en los términos del Decreto 1011 de 2006 o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.
 5. Los usuarios de dispositivos médicos en general (saludcapital, 2010).
- **Decreto 677 de 1995:** Las disposiciones contenidas en el presente Decreto regulan parcialmente el régimen de registros y licencias, control de calidad y vigilancia sanitaria de los medicamentos cosméticos, preparaciones farmacéuticas a base de recursos naturales, productos de aseo, higiene y limpieza y otros

productos de uso doméstico en lo referente a la producción, procesamiento, envase, expendio, importación, exportación y comercialización (funcion publica, 1995).

- **Ley 100 de 1993:** La Seguridad Social Integral es el conjunto de instituciones, normas y procedimientos, de que disponen la persona y la comunidad para gozar de una calidad de vida, mediante el cumplimiento progresivo de los planes y programas que el Estado y la sociedad desarrollen para proporcionar la cobertura integral de las contingencias, especialmente las que menoscaban la salud y la capacidad económica, de los habitantes del territorio nacional, con el fin de lograr el bienestar individual y la integración de la comunidad (funcion publica, 1993).
- **Ley 1751 De 2015:** La presente ley tiene por objeto garantizar el derecho fundamental a la salud, regularlo y establecer sus mecanismos de protección (minsalud, 2015).

5.3.Marco teórico

5.3.1 Estado del arte: En el mercado actual, existen diversos dispositivos que comparten características similares con el presente proyecto. Entre ellos, se encuentra los monitores humedad de temperatura con conectividad Wi-Fi, los cuales permiten la visualización de datos ambientales en tiempo real. Estos dispositivos transmiten la información directamente a aplicaciones móviles o plataformas en línea, facilitando el acceso remoto y el monitoreo constante de las condiciones ambientales en cualquier área.

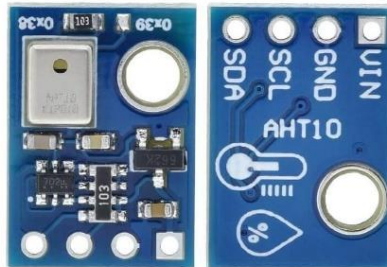
- 5.3.2 La temperatura:** nos indica la cantidad de energía térmica presente en un objeto. Las partículas que componen dicho objeto se mueven a cierta velocidad, lo que les otorga una cantidad específica de energía cinética una magnitud escalar que mide la cantidad de energía térmica que tiene un cuerpo. La temperatura está asociada a la percepción que sentimos al entrar en contacto con ciertos objetos categorizarlos como objetos fríos o calientes, Utilizamos los termómetros para medir la temperatura. Existen tres escalas para medir la temperatura: Celsius, Fahrenheit, Kelvin (Fernández, s.f.).
- 5.3.3 La escala Celsius:** es una de las más utilizadas en el mundo, el punto de congelamiento del agua se fijó en 0°C y el punto de ebullición del agua en 100°C (martha marie Day, 2003).
- 5.3.4 La humedad relativa:** indica el grado de saturación de qué tan lleno de vapor de agua está el aire, comparando la cantidad de vapor de agua presente en el aire con la cantidad máxima de vapor que podría contener a esa misma temperatura. La ideal temperatura normal del interior del espacio ubicado se sitúa entre el 45% a 50% de humedad con porcentajes recomendables 40% a 60% HR (inBiot, 2021).
- 5.3.5 El control preciso de variables ambientales:** como la temperatura y la humedad es fundamental en el almacenamiento de productos farmacéuticos. Fluctuaciones en estas variables pueden provocar cambios en las propiedades químicas de los medicamentos, comprometiendo su eficacia y seguridad. Por ejemplo, un aumento de

temperatura acelerado está directamente relacionado con el deterioro de los productos, mientras que temperaturas demasiado bajas pueden favorecer la formación de cristales o gránulos en algunas vacunas, lo que afecta su efectividad. (Acarapi Mamani, H. 2019).

5.3.6 Sensor AHT10: El sensor AHT10 es un dispositivo digital altamente preciso que mide tanto la temperatura como la humedad relativa. Basado en la tecnología de capacitancia, este sensor ofrece una excelente estabilidad a largo plazo y es ideal para aplicaciones en las que se requiere un monitoreo continuo y preciso. Su pequeño tamaño y bajo consumo de energía lo hacen adecuado para su integración en sistemas IoT. (Hanes, N. M., Wahab, W., & Setyaningsih, E. 2024).

Figura 1

Sensor de Temperatura y Humedad AHT10

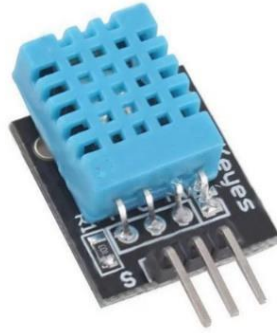


Nota. Diseño del sensor de temperatura y humedad AHT10. Tomado de (unit electronics., s.f.),

- 5.3.7 Principios de funcionamiento El AHT10:** opera mediante la detección de cambios en la capacitancia, que varía en función de la humedad relativa. Para la temperatura, utiliza un termistor de alta precisión. El sensor convierte estas variaciones en señales digitales, que pueden ser procesadas por un microcontrolador como la ESP32 para su análisis y transmisión. (Hanes, N. M., Wahab, W., & Setyaningsih, E. 2024).
- 5.3.8 Aplicaciones y ventajas del AHT10:** es ampliamente utilizado en sistemas de control climático, monitorización ambiental, y dispositivos portátiles. Su principal ventaja es su alta precisión y fiabilidad, lo que lo hace ideal para aplicaciones críticas como el monitoreo en entornos farmacéuticos. (Hanes, N. M., Wahab, W., & Setyaningsih, E. 2024).
- 5.3.9 El DHT11:** El sensor DHT11 es un dispositivo ampliamente utilizado para medir la humedad y temperatura en diferentes entornos. Su principal ventaja es que ofrece una señal digital calibrada, lo que garantiza alta calidad y fiabilidad en sus mediciones a largo plazo. Internamente, está equipado con un convertidor A/D de 16 bits, que convierte las mediciones de manera precisa. Este sensor combina dos elementos resistivos: uno para la temperatura y otro para la humedad, Gracias a su diseño sencillo y económico, el DHT11 es ideal para aplicaciones básicas de monitoreo ambiental en proyectos electrónicos y de automatización (DHT11, s.f.).

Figura 2

Sensor de Temperatura y Humedad DHT11



Nota. Diseño del sensor de temperatura y humedad DHT11. Tomado de (dremc, s.f.).

5.3.10 El DHT22: es un sensor digital que mide tanto la temperatura como la humedad relativa, similar al AHT10. Este sensor es popular en proyectos de bajo costo debido a su simplicidad de uso y precio accesible. Sin embargo, el DHT22 tiene algunas limitaciones, como una menor precisión en comparación con el AHT10 y una velocidad de respuesta más lenta. Estas características lo hacen menos adecuado para aplicaciones que requieren monitoreo en tiempo real con alta precisión, como es el caso en el ámbito farmacéutico. (Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. 2020).

Figura 3

Sensor de Temperatura y Humedad DHT22



Nota. Diseño del sensor de temperatura y humedad DHT22. Tomado de (oscar, 2019)

5.3.11 El sensor BME280: es una opción avanzada que mide temperatura, humedad y presión barométrica. Este sensor se distingue por su alta precisión y bajo consumo de energía, lo que lo convierte en una opción popular para proyectos de IoT. Sin embargo, su costo más elevado y la complejidad de su implementación pueden no ser justificados en aplicaciones donde la presión barométrica no es un factor relevante, como en el control ambiental en el servicio farmacéutico (Kusuma, H. A., Suhendra, T., Devendra, D., & Setyono, D. E. D. 2023).

5.3.12 La ESP32: es una placa de desarrollo que integra un microcontrolador con capacidades de Wi-Fi y Bluetooth, diseñada para aplicaciones de IoT. Es conocida por su alta versatilidad, bajo consumo de energía, y capacidad para manejar múltiples tareas simultáneamente. (Eras, A. P. P., Bueno, J. I. R., Gavilanes, M. D. G., & Núñez, E. F. H. 2024).

5.3.13 Capacidades de conectividad y procesamiento La ESP32: cuenta con un potente procesador de 32 bits, así como con módulos de conectividad inalámbrica, lo que la hace ideal para la recopilación y transmisión de datos en tiempo real. Su capacidad para ejecutar protocolos de comunicación como MQTT facilita la integración en redes IoT.(Eras, A. P. P., Bueno, J. I. R., Gavilanes, M. D. G., & Núñez, E. F. H. 2024).

5.3.14 Integración de la ESP32 en sistemas IoT La ESP32: es ampliamente utilizada en proyectos de IoT debido a su compatibilidad con diversos sensores y su facilidad de programación. Su capacidad para operar de manera autónoma o como parte de un sistema más grande la hace indispensable en el diseño de soluciones de monitoreo remoto. (Eras, A. P. P., Bueno, J. I. R., Gavilanes, M. D. G., & Núñez, E. F. H. 2024).

5.3.15 La ESP8266: es una placa de desarrollo de bajo costo que puede integrar varios interfaces y conectividad Wifi. lo que la hace ideal para la creación de prototipos en proyectos de electrónica, Funciona con una fuente de alimentación de 3,3 V y, además, incorpora un regulador de voltaje y un convertidor USB a serial en un solo módulo compacto. Gracias a su capacidad de conectarse a redes WiFi, la ESP8266 es ampliamente utilizada en aplicaciones IoT, permitiendo a los desarrolladores diseñar sistemas de monitoreo, control remoto y automatización con acceso a internet (Kodali, R. K., & Soratkal, S. 2016).

5.3.16 Arduino Nano33 IoT: Es una placa que se conecta de manera óptima con Arduino IoT Cloud ofreciendo un entorno seguro mediante la implementación completa del protocolo respaldado por el chip criptográfico. Este chip guarda las claves criptográficas directamente en el hardware, proporcionando un alto grado de seguridad para el dispositivo.

La integración con Arduino IoT Cloud facilita la configuración eficiente de programas en línea y continua, reduciendo la necesidad de

configuración y minimizando el esfuerzo requerido, a pesar de mantener el tamaño característico del Arduino Nano, el Nano 33 IoT incorpora un procesador, junto con un WiFi y Bluetooth con el ESP32 (Gonzales, s.f.)

5.3.17 Raspberry Pi Pico W: es una tarjeta de desarrollo económica y versátil, basada en el microcontrolador RP2040, diseñada por el equipo de Raspberry Pi. Esta versión incluye conectividad inalámbrica de 2,4 GHz, ideal para proyectos que requieren comunicación sin cables. Además, el Pico W cuenta con memoria flash integrada, un oscilador de cristal y un puerto USB. La mayoría de los pines del RP2040 son accesibles para entrada y salida, salvo algunos que están reservados para funciones (Raspberry Pi Pico W con conexión WiFi, s.f.).

5.3.18 ¿Qué es la IOT?: El término IoT o Internet de las cosas, se refiere a la red unida de dispositivos conectados y a la tecnología que facilita la comunicación entre los dispositivos y la nube de almacenamiento, así como entre los propios dispositivos. El IoT se destaca por su inteligencia y versatilidad, potenciadas por tres elementos clave: la primera es la Tecnología embebida que consiste en dispositivos con sensores, microprocesadores y memoria, accesibles gracias a la reducción de costos. La segunda es la Conectividad que son las redes y protocolos que permiten la interconexión entre dispositivos, en tecnologías inalámbricas. Y la última por los datos de gestión y análisis

eficiente de la información generada, facilitada por la computación en la nube y el big data (escalante, 2021).

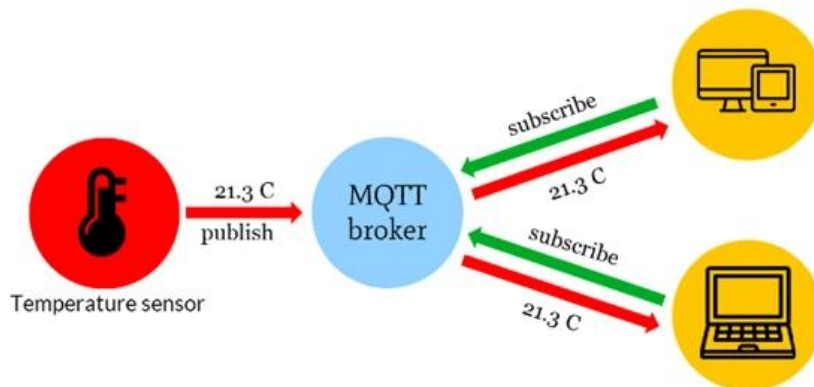
5.3.19 Los medicamentos: son sustancias químicas encargadas para tratar, prevenir o detener enfermedades, aliviar síntomas o facilitar el diagnóstico de ciertas condiciones. Gracias a muchos años de conocimiento actualmente los médicos ahora pueden curar numerosas enfermedades y salvar muchas vidas (Elora Hilmas, 2018).

5.3.20 Protocolo de comunicación: Un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que consiste cómo en los dispositivos y medios de transferencia deben interactuar dentro de una red. Que pueda definir cómo deben transmitirse los mensajes entre ordenadores u otros dispositivos. existen protocolos específicos que facilitan el intercambio de información entre los distintos sistemas (Mendez, 2020).

5.3.21 La MQTT: Es un protocolo de comunicación de código abierto que destaca por su simplicidad y ligereza, lo que lo hace ideal para su uso en microcontroladores pequeños con recursos de hardware limitados. Cuenta eficientemente cuando se dispone de un ancho de banda reducido, lo que lo convierte en una opción perfecta para aplicaciones del Internet de las Cosas (IoT) (¿Qué es MQTT? El protocolo de comunicación para IoT, 2022).

Figura 4

Sistema del MQTT



Nota. Un esquema de cómo se transmite la comunicación de MQTT. Tomado de (¿Qué es MQTT? El protocolo de comunicación para IoT,, 2022)

5.3.22 Redes de sensores: La tecnología inalámbrica es el medio principal a través del cual los objetos inteligentes en la actualidad se conectan entre sí y con Internet. En este contexto, las redes de sensores inalámbricos (WSN) juegan un papel clave, ya que facilitan la información de datos del Internet de las Cosas (IoT) y ofrecen la funcionalidad necesaria para integrarse (Cama-Pinto, 2012).

5.3.23 IOT: El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la interconexión de dispositivos físicos a través de internet, permitiendo la recopilación y el intercambio de datos. Esta tecnología habilita a los objetos cotidianos, como sensores, electrodomésticos y vehículos, a comunicarse entre sí y con sistemas centralizados. IoT tiene aplicaciones en diversas áreas, incluyendo la salud, la agricultura y la manufactura, mejorando la eficiencia operativa y permitiendo el monitoreo en tiempo real. (Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. 2018) .

5.3.24 Protocolos de Comunicación en IoT:

- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): Este protocolo es ideal para entornos de red con recursos limitados. Utiliza un modelo de mensajería de publicación/suscripción, lo que permite una comunicación eficiente y minimiza el consumo de ancho de banda. (Gokhale, Bhat, & Bhat, 2018).
- CoAP (Constrained Application Protocol): Diseñado para dispositivos con capacidades restringidas, permite interacciones RESTful. Su estructura es simple, lo que lo hace eficiente en el uso de recursos y adecuado para aplicaciones IoT. (Gokhale, Bhat, & Bhat, 2018).
- HTTP/HTTPS: Aunque es un protocolo ampliamente utilizado en la web, no es el más eficiente para IoT, ya que consume más recursos. Sin embargo, se utiliza en la comunicación entre dispositivos IoT y servidores cuando se requiere una mayor complejidad. (Gokhale, Bhat, & Bhat, 2018).

5.3.25 Plataformas de IoT:

- AWS IoT: Permite la conexión de dispositivos de forma segura y escalable, ofreciendo servicios como la gestión de dispositivos, análisis de datos en tiempo real y soporte para múltiples protocolos de comunicación. Incluye

herramientas como AWS Greengrass para computación en el borde. (Martinez Jacobso, R. (2017).

- Microsoft Azure IoT: Proporciona una infraestructura robusta para la recopilación y análisis de datos a través de Azure IoT Hub. Permite la integración con servicios de machine learning y analítica avanzada, facilitando la toma de decisiones informadas. . (Martinez Jacobso, R. (2017).
- Google Cloud IoT: Ofrece soluciones para gestionar dispositivos, procesar datos y aplicar analítica en tiempo real. Su infraestructura permite la escalabilidad y el uso de herramientas como BigQuery para análisis de datos masivos. . (Martinez Jacobso, R. (2017).
- Arduino Cloud: Facilita la creación de proyectos IoT mediante una interfaz fácil de usar. Permite la programación y gestión de dispositivos Arduino de forma remota, integrando herramientas para el análisis de datos y el monitoreo. (Martinez Jacobso, R. (2017).

5.3.26 Aplicaciones de iot en sectores:

- Salud: Sistemas de monitoreo de pacientes que utilizan dispositivos conectados para recopilar datos de salud en tiempo real, facilitando la atención médica remota y el análisis predictivo. (Bonilla-Fabela et al., 2016).

- Agricultura: Implementación de sensores para monitorear condiciones ambientales y del suelo, permitiendo la automatización del riego y optimizando el uso de recursos. (Bonilla-Fabela et al., 2016).
- Manufactura: Integración de IoT para el monitoreo de maquinaria y procesos de producción, lo que ayuda en la implementación de mantenimiento predictivo y mejora la eficiencia operativa. (Bonilla-Fabela et al., 2016).

5.3.27 Protocolo de Comunicación en Sensores: Las redes de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Networks, WSN) son sistemas que permiten el monitoreo de condiciones físicas mediante la interconexión de dispositivos distribuidos a través de un área geográfica. Uno de los protocolos más comunes en estas redes es Zigbee, que se basa en el estándar IEEE 802.15.4. Este protocolo es especialmente valorado por su bajo consumo de energía, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde la duración de la batería es crítica. Zigbee permite conectar un gran número de nodos (motes) en una red, facilitando la creación de sistemas escalables y flexibles para la recopilación de datos. Sin embargo, en aplicaciones donde la velocidad de transmisión y la cobertura de red son más importantes que la autonomía de los sensores, Wi-Fi (IEEE 802.11) también se utiliza con frecuencia. Los nodos de sensores, conocidos como motes, recolectan datos de su entorno y los transmiten a una estación base, donde se procesan y almacenan. La

elección del protocolo de comunicación depende de diversos factores, incluidos la distancia entre nodos, el consumo energético, los costos de implementación y los requisitos específicos de la aplicación, siendo Zigbee y Wi-Fi opciones comunes en el diseño de sistemas de monitoreo. (Mazzeo, H. H., Rapallini, J. A., Rodríguez, O. E., & Zabaljauregui, M. 2018)

5.3.28 Conexiones WiFi y Bluetooth: Los protocolos de comunicación son fundamentales en la transmisión de datos dentro de redes de sensores inalámbricos. Wi-Fi es particularmente adecuado para aplicaciones que requieren un mayor ancho de banda y una cobertura extensa. Permite la transferencia rápida de grandes volúmenes de datos, lo que es esencial en aplicaciones donde la velocidad de respuesta es crítica. Sin embargo, el uso de Wi-Fi implica un mayor consumo de energía, lo que puede ser un inconveniente en dispositivos que dependen de baterías. Por otro lado, Bluetooth es una opción popular para conexiones de corto alcance, caracterizándose por su bajo consumo energético. Es ideal para aplicaciones donde la cantidad de datos a transmitir es limitada y la distancia entre nodos es corta, como en dispositivos portátiles o en entornos donde se requiere comunicación entre dispositivos cercanos. La selección del protocolo de comunicación más adecuado dependerá de factores como la distancia entre nodos, la cantidad de datos a transmitir, y las necesidades energéticas de los dispositivos,

permitiendo así que se optimice el rendimiento del sistema en función de las características específicas de la aplicación (Lee, J. S., Su, Y. W., & Shen, C. C. (2007, November).

5.3.29 Servidores: Los servidores son componentes críticos en la arquitectura de redes, diseñados para proporcionar recursos, datos y servicios a otros dispositivos conectados. Actúan como intermediarios en el procesamiento de solicitudes de los clientes, gestionando la comunicación y el almacenamiento de información de manera eficiente. Existen varios tipos de servidores, cada uno con funciones específicas que se adaptan a diversas necesidades. Por ejemplo, los servidores de aplicaciones son responsables de ejecutar la lógica de negocio y procesar las operaciones solicitadas por los usuarios. Los servidores de bases de datos almacenan, gestionan y permiten el acceso a grandes volúmenes de datos, garantizando que la información esté disponible y sea fácilmente recuperable. Por su parte, los servidores web permiten que los usuarios accedan a aplicaciones y contenido a través de navegadores, gestionando la entrega de páginas web y otros recursos multimedia. Además, los servidores pueden clasificarse en físicos, que son hardware dedicado que se aloja en centros de datos, o virtuales, que se ejecutan en entornos de nube y ofrecen escalabilidad y flexibilidad. En todos los casos, los servidores son esenciales para el funcionamiento eficiente de los sistemas informáticos, facilitando el acceso y análisis de

información en tiempo real, y garantizando que las aplicaciones y servicios se ejecuten de manera óptima Dave, V. (2017).

5.3.30 Thinger.io: una plataforma que ofrece librerías de códigos que permite gestionar una variedad de dispositivos muy utilizados actualmente en proyectos de sistema como: ESP8266, un Arduino, Raspberry Pi y muchas más, esto se hace a través de la red del internet. Esta plataforma responde al concepto de Internet de las cosas. que es el concepto hace la interconexión digital de objetos cotidianos con Internet. Esta aplicación nos permite: Almacenar y visualizar información recibida desde sensores: Podemos almacenar o graficar los datos para poder interpretarlos de una manera más sencilla. en la aplicación también nos permite enviar información o ciertas instrucciones a dispositivos, Podemos configurar nuestros dispositivos a través de Internet "establecer una temperatura a la que se deba encender un almacenamiento u o directamente cualquier sistema que se abra o cierre cuando lo deseemos. El número de parámetros a medir por los sensores que tenga conectados (más allá de su propia capacidad) o el número de parámetros a enviar a los dispositivos desde la plataforma. Actualmente, los datos están disponibles sin restricciones en cuanto al tiempo o la cantidad de información. Los valores de los sensores pueden mostrarse en un máximo de 10 paneles de gráficas de visualización de datos Dashboards (No, 2016) .

5.3.31 Fuentes de alimentación: Una fuente de alimentación es el sistema encargado de transmitir electricidad a dispositivos eléctricos y electrónicos en los diferentes entornos y tiene como objetivo proporcionar la energía adecuada para el funcionamiento de todos los componentes electrónicos. Los dispositivos electrónicos se conectan a la red eléctrica con una tensión específica, generalmente de 230V en corriente alterna eso es ya dependiendo de que componente estas utilizando. Sin embargo, estos dispositivos requieren corriente continua para operar. Por esta razón, las fuentes de alimentación son fundamentales, ya que convierten la corriente alterna en continua, asegurando el funcionamiento adecuado.

Existen diferencias claras entre ambos tipos de corriente. La mayoría de las redes eléctricas actuales operan en corriente alterna, donde el flujo de electricidad se alterna en ambos sentidos. En cambio, dispositivos como pilas, baterías y dinamos generan corriente continua, en la que el flujo de electricidad circula en una sola dirección (EGASEN, 2022).

5.3.32 Fritzing: es un programa de diseño electrónico orientado a la automatización, que se ofrece de forma gratuita pero normalmente es pago y está diseñado para apoyar a diseñadores y artistas en el paso de prototipos (usando, por ejemplo, placas de prueba) a productos finales. Fritzing se desarrolló inspirándose en los principios de Processing y Arduino, permitiendo a diseñadores, artistas, investigadores y aficionados documentar sus prototipos basados en Arduino y crear

diagramas de circuitos impresos para su producción. Además, cuenta con un sitio web complementario que facilita compartir y discutir bocetos y experiencias, además de reducir los costos de fabricación y también puedes encontrar por otros sitios web componentes que tal vez necesites y no los encuentras (perera, 2021).

5.3.33 ThingSpeak: es una API y una aplicación de código abierto para el Internet de las Cosas (IoT) que facilita el almacenamiento y la recopilación de datos de dispositivos conectados mediante el protocolo HTTP es un conjunto de reglas que permite la comunicación entre un navegador y un servidor web, ya sea a través de Internet o de una red local. Con ThingSpeak, los usuarios pueden desarrollar aplicaciones para registrar datos de sensores, realizar seguimiento de ubicación y establecer una red social para dispositivos conectados, permitiendo actualizaciones de estado en tiempo real y de forma segura (Redacción, s.f.).

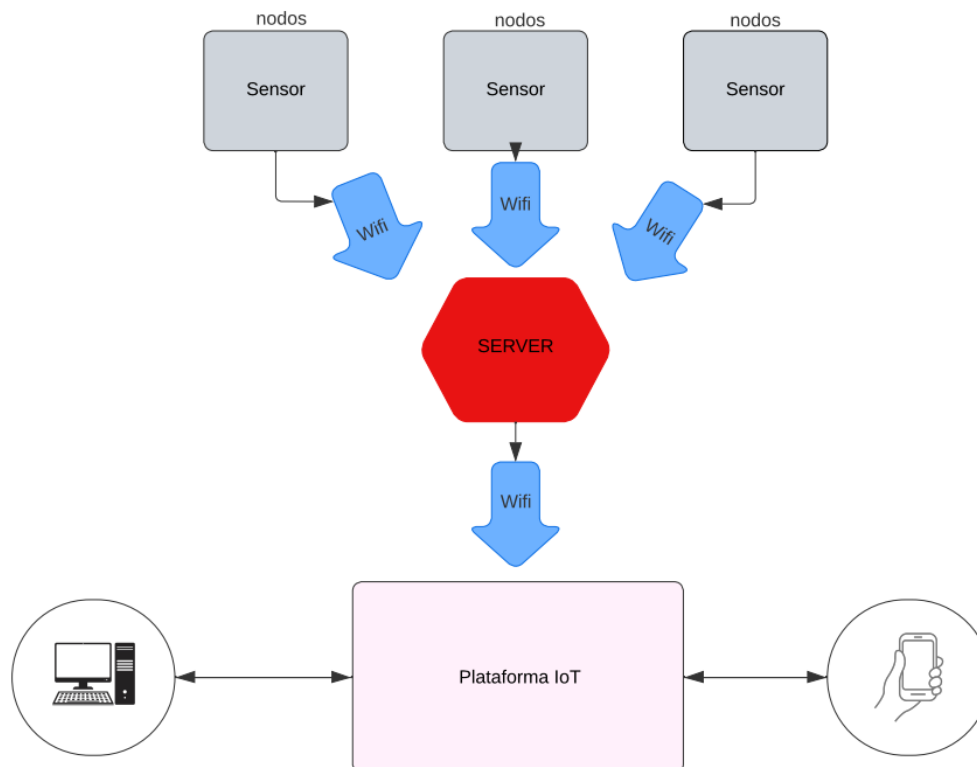
6. Metodología

La implementación del diseño del sistema se tuvo que asignar unas diferentes etapas importantes, con el fin de asegurar un desarrollo que sea eficaz. se llevaron a cabo las siguientes etapas para asegurar su correcta implementación, En la primera etapa “Diseño” se realizó una comparación de los distintos componentes o materiales disponibles en el mercado para así ser evaluados de acuerdo con las necesidades del sistema. Posteriormente, en la segunda etapa “materiales y métodos” se seleccionaron los componentes y materiales más adecuados, teniendo

en cuenta aspectos como la compatibilidad, la eficiencia y el costo. Finalmente, en la tercera etapa “procedimientos” se llevó a cabo el diseño y las pruebas de evidencia del sistema.

Figura 5

Esquema del sistema del Proyecto monitoreo remoto de temperatura y humedad.



Nota. Esquema que muestra la integración de todos los componentes del sistema.

Elaboración propia (2024).

6.1. Diseño.

El desarrollo de este proyecto se abarca en la metodología de investigación aplicada, su propósito es desarrollar una solución tecnológica concreta para un problema en el sector

farmacéutico de la necesidad de monitoreo preciso de las condiciones ambientales de temperatura y humedad en el almacenamiento de medicamentos.

El enfoque metodológico es cuantitativo, ya que se recopilan datos medibles sobre las condiciones ambientales. Estos datos son obtenidos mediante sensores avanzados, procesados y transmitidos para su análisis remoto. Además, la implementación del sistema de monitoreo incluye pruebas experimentales para verificar la precisión de los datos y la eficiencia del sistema en un entorno controlado.

La Tabla 1 ofrece un análisis detallado de las especificaciones técnicas y las definiciones de los diferentes tipos de sensores empleados en la medición de temperatura y humedad.

especificaciones de los sensores de humedad y temperatura.

Tabla 1

especificaciones de los sensores de humedad y temperatura.

Sensores	AHT10	DHT11	DHT22	BME280
Resolución.	H: 0.024 %RH	H: 1% RH	<i>H: 0.1%RH</i>	H: 0.008 % HR.
	T: típica 0.01 °C	T: 0.1°C	<i>T: 0.1°C</i>	T: 0.1 °C.
Precisión.	H: típica± 2 %RH	H: 5% RH.	<i>H: 2% RH</i>	H: ± 3 % HR.
	T: típica ± 0.3 °C	T: ±2.0 °C	<i>T: <±0.5 °C</i>	T: ± 1 °C.
Tiempo de respuesta.	H: típica ±1 s	<i>H: 6 a 10 s.</i>	<i>H:2 a 5 s.</i>	H:1 s.
	T: 5 a 30 S.	<i>T: 1 a 2 s.</i>	<i>T:0. 5a 2 s.</i>	T:0.5 s.
Rango de funcionamiento.	T: -40°C a 85°C	T:0 a 50 °C	T: -40 a 80°C	T: -40 a 85 °C.
			H: 0 a 99.9%RH	H: 0 a 100%HR.

	H: 0% a 100% ± 2	H: 20% a 90%		
	%RH	RH		
Fuente de alimentación.	3.3V – 5V	3.5 - 5.5V	3.3 a 5.5V	1.71 V a 3.6 V.
Precio Mercado	\$16.000	\$8.500	\$22.000	\$25.000

Nota: especificaciones de cada uno de los sensores con los valores actuales en el mercado 2024. Elaboración propia (2024).

En la Tabla 2 se proporciona un análisis detallado sobre las características técnicas y las descripciones de los diversos tipos de microcontroladores.

Tabla 2

especificaciones de los microcontroladores.

Microcontrolador	ESP32	ESP8266	Arduino nano 33 IoT	Raspberry Pi Pico W
Arquitectura.	Xtensa LX6 (Dual Core)	Xtensa L106 (Single Core)	ARM Cortex- M0+	ARM Cortex- M0+
Velocidad de CPU	240 MHz	80 MHz	48 MHz	133 MHz
Memoria RAM	520 KB	160 KB	32 KB	264 KB
Almacenamiento Flash.	4 MB	4 MB	256 KB	2 MB
Conectividad	Wifi, Bluetooth	WiFi	WiFi, Bluetooth BLE	WiFi

Voltaje de Operación	3.3V	3.3V	3.3V	3.3V
GPIOs Disponibles	34	17	14	26
Precio mercado	\$15.000	\$10.000	\$20.000	\$10.000

nota: se muestran las diferentes especificaciones de los microcontroladores y valores que se encuentran actualmente en el mercado 2024. Elaboración propia(2024).

La Tabla 3 presenta un análisis detallado de las características técnicas y las definiciones de las distintas plataformas IoT utilizadas en la gestión de datos de dispositivos de monitor.

Tabla 3

Especificaciones de las páginas IoT.

Plataforma IoT	Arduino IoT Cloud	ThingSpeak	Google Cloud IoT	Microsoft Azure IoT Hub
Tipo de plataforma.	Basada en la nube	Basada en la nube	Basada en la nube	Basada en la nube
Protocolos Soportados	MQTT, HTTP, WebSockets	MQTT, HTTPS, WebSockets	MQTT, HTTP, greco	MQTT, HTTPS
Integración con Hardware	Alta	Alta	Alta	Alta
Escalabilidad	Moderada	Alta	Alta	Alta

Facilidad de uso	Alta	Moderada	Moderada	Moderada
Seguridad	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Pago o Gratuito	Gratuito hasta cierto límite	Gratuito hasta cierto limite	Pago por uso	Gratuito hasta cierto límite

nota: se muestran las diferentes plataformas IoT sus especificaciones y si son pagos o gratuitos. Elaboración propia (2024).

6.2. Materiales y métodos.

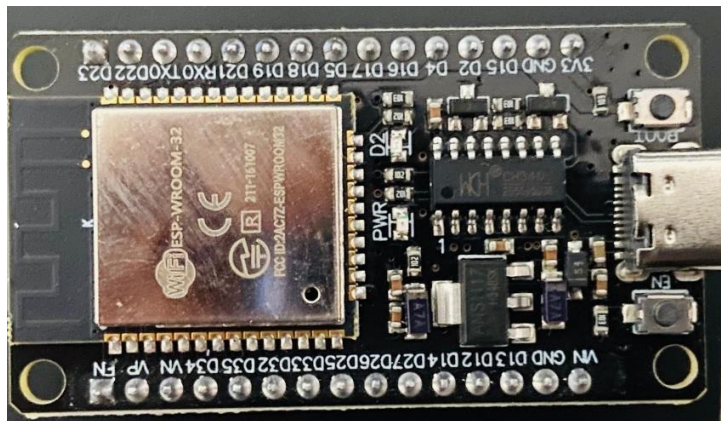
Se realizó una descripción técnica de los materiales como sus funciones y especificando cómo funcionan y como serán incorporados para la creación del sistema. Además, se empleó la recolección de datos cuantitativos y cualitativos para garantizar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos.

En la siguiente imagen se muestra el microcontrolador ESP32 que actuará como el servidor del sistema, será responsable de recibir y procesar la información de los sensores de temperatura y humedad. Por medio de conectividad Wi-Fi, permitirá la transmisión de datos en tiempo real. Este microcontrolador fue seleccionado gracias a su versatilidad y capacidades avanzadas por tener conectividad Wi-Fi y Bluetooth integradas, permite la transmisión de datos en tiempo real sin requerir módulos adicionales. Además, su bajo consumo de energía y compatibilidad con diversos sensores lo convierten en una opción ideal para aplicaciones de monitoreo continuo, especialmente en este proyecto. y por parte en términos de costo, el ESP32 brinda una excelente relación calidad y precio, destacándose como uno de los más económicos

actualmente en el mercado colombiano en el 2024. También fue una elección favorable debido a la complejidad y disponibilidad limitada de otros componentes en el mercado.

Figura 6

Microcontrolador ESP32



Nota: Se muestra la placa que se utilizó que funciona como servidor del sistema de monitoreo. Elaboración propia (2024).

En la siguiente imagen es el sensor AHT10 este se encargará de medir y registrar con precisión las condiciones ambientales en las que se almacenan los medicamentos. proporcionará datos en tiempo real, La información recopilada por el AHT10 se envía al ESP32, que actuará con el servidor del sistema, permitiendo la supervisión continua.

Este sensor de temperatura y humedad es muy preciso, compacto y asequible, lo que se adapta perfectamente a las necesidades del proyecto. El AHT10 es conocido por su exactitud en la medición de humedad ($\pm 2\%$ HR) y temperatura ($\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$), y su rápido tiempo de respuesta lo convierte en la opción ideal para monitorear las condiciones de almacenamiento de medicamentos, ya que cumple con los rangos establecidos por las normativas. Además, su

integración con el ESP32 es fácil y confiable, permitiendo un sistema sin la necesidad de componentes adicionales.

Figura 7

Sensor de temperatura y humedad AHT10.



Nota: el sensor de temperatura y humedad que se utilizó para la implementación del sistema de monitoreo. Elaboración propia (2024).

En la siguiente imagen se presenta la plataforma IoT seleccionada que fue ThingSpeak, para la visualización de los datos de temperatura y humedad. Esta plataforma mostrará la información de forma continua y secuencial en un panel de control (widget) que incluirá gráficos, imágenes y la ubicación precisa del lugar donde se están monitoreando la central condiciones ambientales que vendría siendo el sensor el cual está enviando al servidor que por medio el wifi se envía a la plataforma.

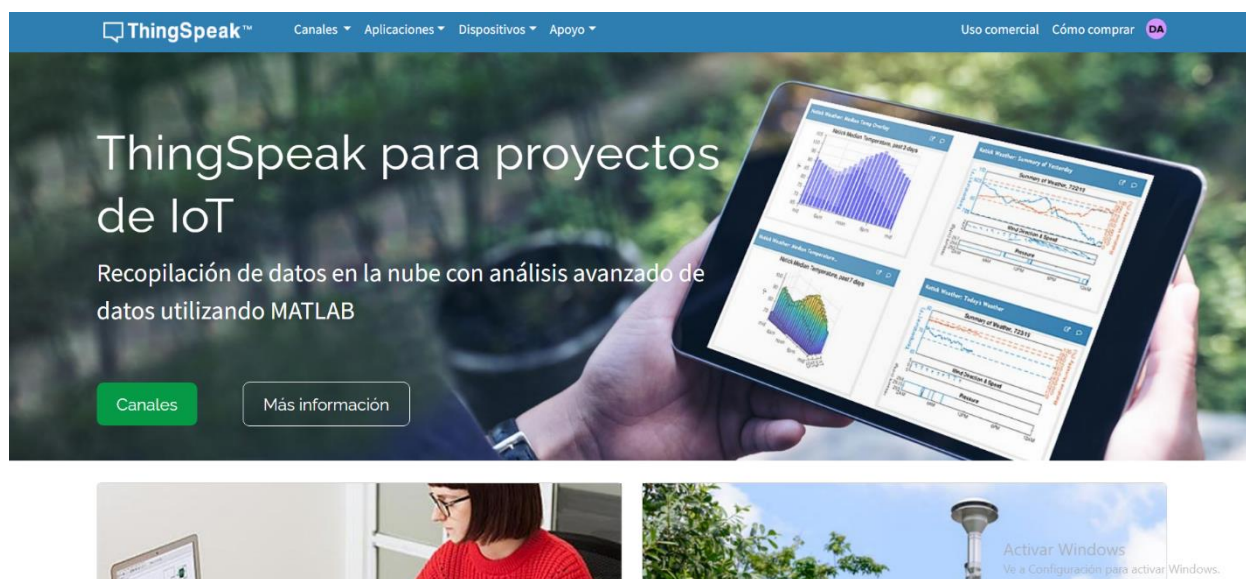
Se escogió la plataforma IoT ThingSpeak porque ofrece una suscripción gratuita que satisface los requisitos esenciales definidos en los objetivos del proyecto. permite una visualización clara y continua de los datos de temperatura y humedad, lo cual es fundamental para el monitoreo en tiempo real que necesitamos implementar. Además, su interfaz intuitiva y

las opciones de personalización permiten crear paneles de control visualmente efectivos y adaptados a nuestras necesidades, facilitando así el seguimiento y análisis de las condiciones.

visualiza todos tus datos de la forma que se encuentran en los paneles de control prediseñados. También Almacenamiento en la nube que almacena todos los datos que necesitamos en la nube, accede a ellos desde cualquier lugar y es muy estable.

Figura 8

Página de la plataforma ThingSpeak.



Nota. Imagen de la página web de la plataforma ThingSpeak (thingspeak, s.f.).

6.3.Procedimientos.

El sistema de monitoreo se encarga de supervisar las condiciones Ambientales generales del servicio farmacéutico, enfocándose en el control ambiental de los medicamentos almacenados en vitrinas u otros espacios destinados a productos que requieren temperatura

ambiente controlada, dentro de un rango de temperatura 15°C a 25°C, y humedad relativa inferior de los 65%, conforme a los requisitos establecidos en la normativa vigente.

Es obligatorio llevar registros continuos y precisos de estas variables para garantizar el cumplimiento de las condiciones estipuladas de acuerdo a un formato establecido por el establecimiento de la farmacia.

Se considerarán el procedimiento verificación que son los registros de referencia fundamentales de los criterios y parámetros requeridos para cumplir el margen máximo de error que es aceptable al certificar el sensor de temperatura y humedad que son:

- Temperatura 1°C
- Humedad relativa 5%
- Presión 1.50%
- Masa 0.20%

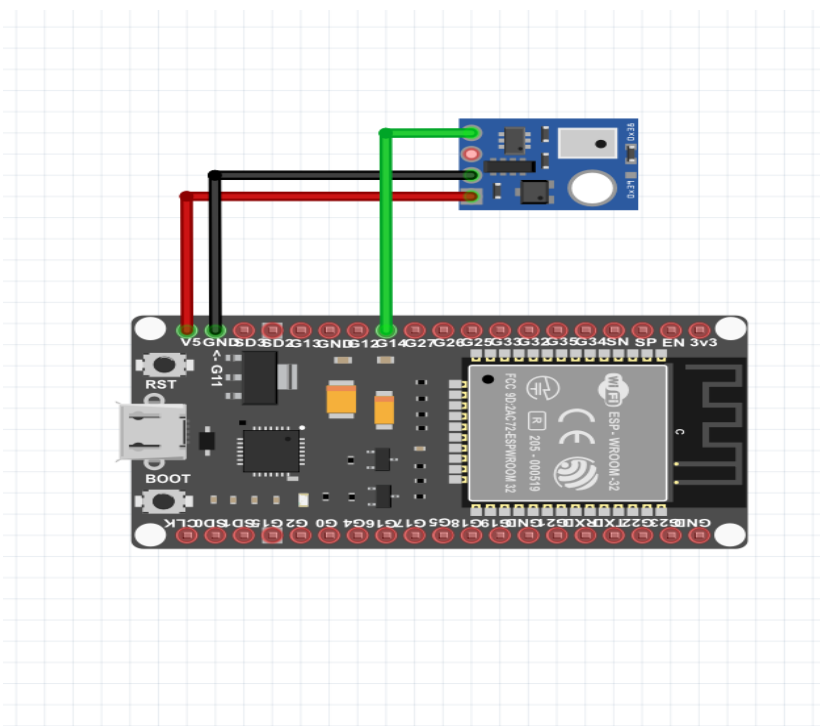
De acuerdo con lo anterior se adaptaron y detallaron los pasos necesarios para el diseño e implementación del sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad, los cuales se describen a continuación.

Selección de componentes: Se seleccionaron los componentes más adecuados y convenientes para el sistema, incluyendo el microcontrolador ESP32 y el sensor de temperatura y humedad AHT10, asegurando la compatibilidad y precisión necesarias de acuerdo con las normativas.

Configuración del hardware: Se estableció la conexión física y digital entre el ESP32 y el sensor AHT10, asegurando la estabilidad de la integración de los componentes junto con cables y conectores adecuados con fuentes de voltaje para la alimentación del ESP32.

Figura 9

Esquema del montaje de los componentes



Nota. Esquema elaborado en fritzing del sistema del montaje de los componentes donde se replicaron 4 de ellos el funcionamiento de los diferentes nodos. Elaboración propia (2024).

Desarrollo de la plataforma IoT: Se configuró la plataforma ThingSpeak como interfaz de monitoreo, donde se programaron dashboards para la visualización de datos en tiempo real. Los datos de temperatura y humedad recogidos por el sensor AHT10, y transmitidos por el ESP32, se presentan en tiempo real en esta página, permitiendo a los usuarios autorizados acceder a la información de monitoreo donde se pueden ver directamente por web de un computador o por un celular de la misma aplicación de la página.

Figura 10

Imagen de la Conexión de los componentes con la proforma ThingSpeak.

```

File Edit Sketch Tools Help
LOLIN(WeMos) D1 R1
programa_proyecto_AHT10.ino
25
26 // Inicializa el sensor AHT10
27 if (!aht.begin()) {
28   Serial.println("No se encontró un sensor AHT10. Verifique la conexión.");
29   while (1);
30 }
Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'LOLIN(WeMos) D1 R1' on 'COM4') No Line Ending 115200 baud
88
Datos enviados a ThingSpeak
Temperatura: 30.03°C Humedad: 77.24%
HTTP/1.1 200 OK
Date: Sat, 02 Nov 2024 04:05:06 GMT
Content-Type: text/plain; charset=utf-8
Content-Length: 2
Connection: close
Status: 200 OK
Cache-Control: max-age=0, private, must-revalidate
Access-Control-Allow-Origin: *
Access-Control-Max-Age: 1800
X-Request-Id: 7804e904-e767-40db-a8e5-4cfff1b4e941
Access-Control-Allow-Headers: origin, content-type, X-Requested-With
Access-Control-Allow-Methods: GET, POST, PUT, OPTIONS, DELETE, PATCH
ETag: W/"cd70bea023f752a0564abb6ed08d42c1"
X-Frame-Options: SAMEORIGIN
89
Datos enviados a ThingSpeak
Temperatura: 30.01°C Humedad: 77.38%

```

Nota. Información que muestra el funcionamiento del módulo ya conectado y enviando los datos ya al servidor web. Elaboración Propia (2024).

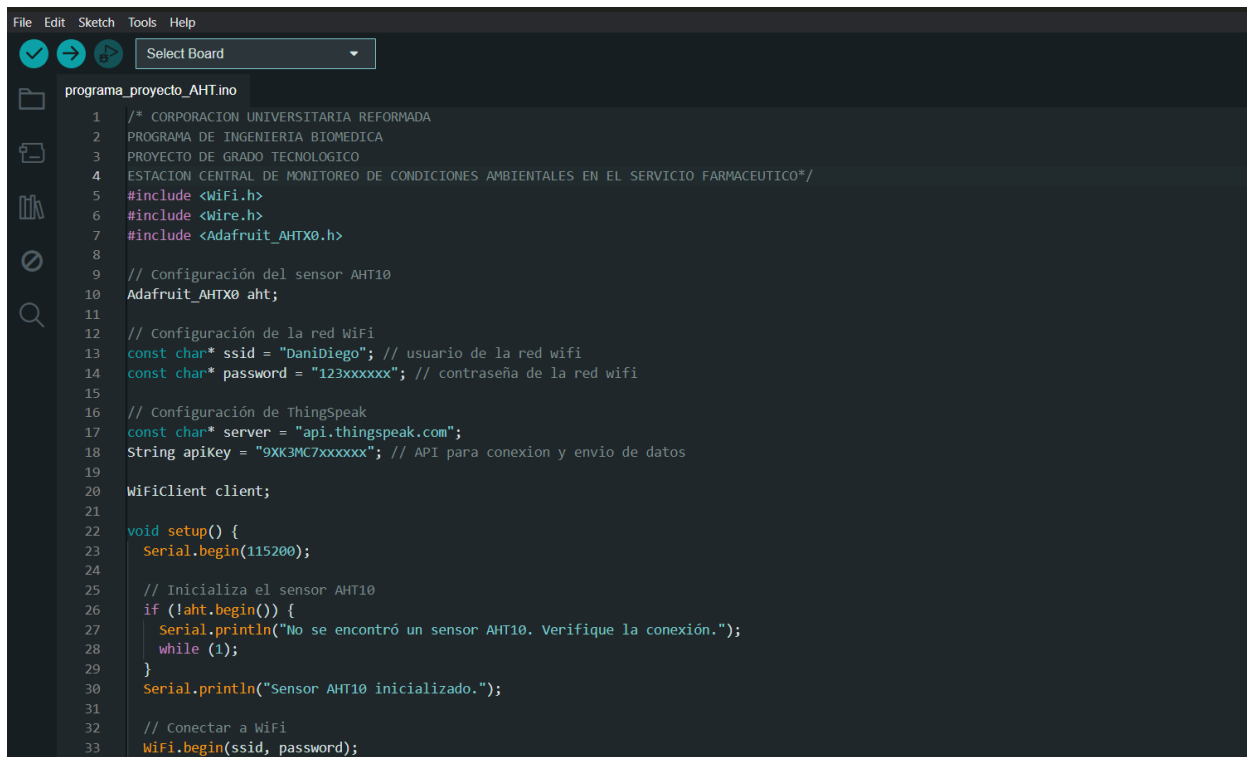
Instalación y pruebas: Se instalaron los sensores en puntos como tipo de simulación, y se realizaron pruebas de transmisión y visualización de datos en la plataforma IoT para garantizar la correcta sincronización. Las pruebas verificaron que los datos se reflejen de manera precisa y continua, facilitando la supervisión remota de las condiciones ambientales por parte de los usuarios.

La siguiente imagen muestra el código de programación que dirige el funcionamiento y la conexión del sensor AHT10 y el Esp32 con la plataforma IoT ThingSpeak. Este código realiza funciones y bibliotecas específicas para manejar hardware, como sensores y módulos de comunicación. Entre las librerías utilizadas se encuentran WiFi.h, Wire.h y Adafruit_AHTX0.h, que permiten conectar el dispositivo a una red Wifi, comunicarse con el sensor AHT10 y enviar

los datos a ThingSpeak y el código contiene funciones específicas que aseguran la repetición continua de las tareas, lo que permite enviar datos periódicamente a la plataforma.

Figura 11

Código de Programación Del sistema.



```

File Edit Sketch Tools Help
Select Board
programa_proyecto_AHT10.ino
1  /* CORPORACION UNIVERSITARIA REFORMADA
2  PROGRAMA DE INGENIERIA BIOMEDICA
3  PROYECTO DE GRADO TECNOLOGICO
4  ESTACION CENTRAL DE MONITOREO DE CONDICIONES AMBIENTALES EN EL SERVICIO FARMACEUTICO*/
5  #include <WiFi.h>
6  #include <Wire.h>
7  #include <Adafruit_AHTX0.h>
8
9  // Configuración del sensor AHT10
10 Adafruit_AHTX0 aht;
11
12 // Configuración de la red WiFi
13 const char* ssid = "DaniDiego"; // usuario de la red wifi
14 const char* password = "123xxxxxx"; // contraseña de la red wifi
15
16 // Configuración de ThingSpeak
17 const char* server = "api.thingspeak.com";
18 String apiKey = "9XK3MC7xxxxxx"; // API para conexión y envío de datos
19
20 WiFiClient client;
21
22 void setup() {
23   Serial.begin(115200);
24
25   // Inicializa el sensor AHT10
26   if (!aht.begin()) {
27     Serial.println("No se encontró un sensor AHT10. Verifique la conexión.");
28     while (1);
29   }
30   Serial.println("Sensor AHT10 inicializado.");
31
32   // Conectar a WiFi
33   WiFi.begin(ssid, password);

```

Nota. Se muestra una parte del código de programación para el funcionamiento de los componentes con el servidor y enviarlos a la plataforma, que se realizó en Arduino IDE. Elaboración propia, (2024).

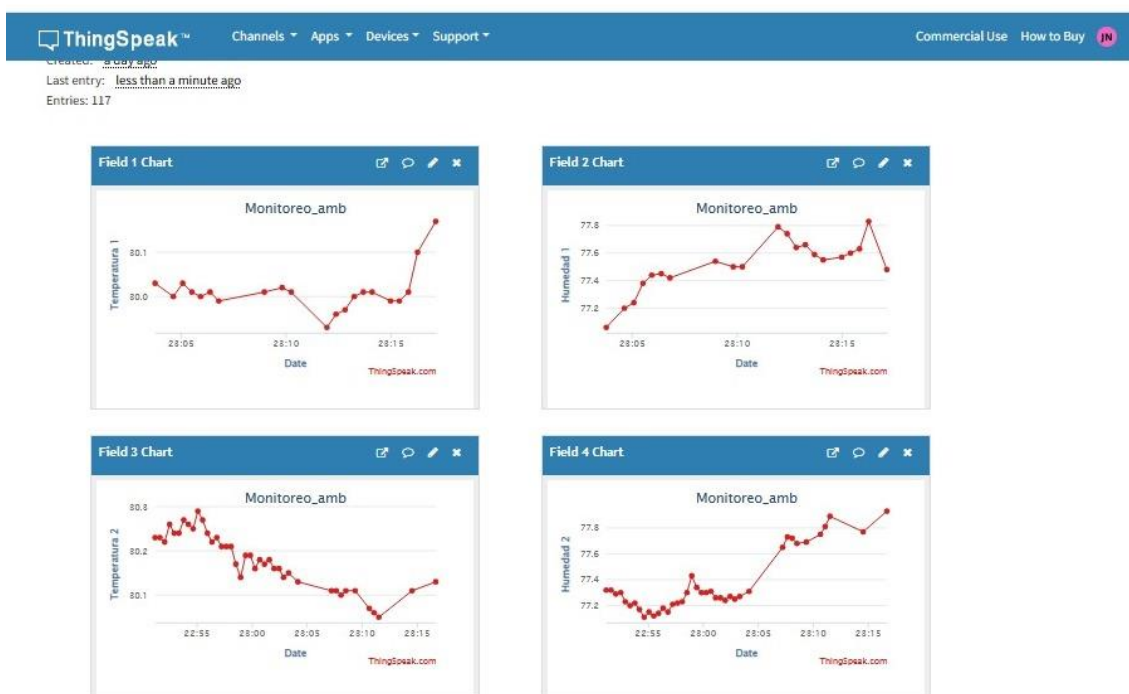
7. Resultados y discusión

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de los objetivos y procedimientos implementados para desarrollar un sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad, dirigido a optimizar el servicio farmacéutico.

La siguiente imagen muestra los datos registrados por los sensores de temperatura y humedad en la plataforma ThingSpeak, representados mediante una gráfica lineal. Además, en esta misma plataforma se dispone de un almacenamiento en la nube que recopila todos los datos obtenidos en el periodo establecido, permitiendo su consulta y descarga de forma sencilla.

Figura 12

los datos registrados por los sensores.



Nota. Se puede evidenciar los datos obtenidos por los sensores que se reflejan en la plataforma. Elaboración propia (2024).

La siguiente imagen muestra una tabla con las mediciones realizadas al módulo durante una hora, utilizando como referencia un termohigrómetro comercial. Las mediciones se tomaron cada 6 minutos y se registraron en la tabla. Se calculó el error de cada módulo en relación con el

termohigrómetro de referencia y, además, se determinó la desviación de cada equipo durante el periodo de prueba.

A partir de estos datos, se concluyó que los equipos muestran estabilidad en las mediciones y son más precisos y confiables que los equipos comerciales.

Figura 13

Registro de control de mediciones ambientales.

REGISTRO DE CONTROL DE MEDICIONES AMBIENTALES														
ITEMS	TERMOHIGROMETRO REFERENCIA		MODULO 1				MODULO 2				MODULO 3			
	TEMP °C	HUM %RH	TEMP °C	HUM %RH	ERROR TEM	ERROR HUM	TEMP °C	HUM %RH	ERROR TEM	ERROR HUM	TEMP °C	HUM %RH	ERROR TEM	ERROR HUM
1	23,5	66	23,7	65	-0,2	1	23,8	66	-0,3	0	23,8	65	-0,3	1
2	23,4	66	23,6	65	-0,2	1	23,5	67	-0,1	-1	23,6	65	-0,2	1
3	23,5	67	23,4	66	0,1	1	23,9	67	-0,4	0	23,4	66	0,1	1
4	23,6	66	23,5	66	0,1	0	23,4	66	0,2	0	23,5	68	0,1	-2
5	23,5	66	23,5	66	0	0	23,5	65	0	1	23,5	65	0	1
6	23,8	65	23,6	67	0,2	-2	23,4	66	0,4	-1	23,6	66	0,2	-1
7	23,8	65	23,6	66	0,2	-1	23,4	65	0,4	0	23,4	65	0,4	0
8	23,6	66	23,5	66	0,1	0	23,4	67	0,2	-1	23,2	65	0,4	1
9	23,5	66	23,4	65	0,1	1	23,7	67	-0,2	-1	23,3	66	0,2	0
10	23,4	66	23,6	66	-0,2	0	24	68	-0,6	-2	23,4	66	0	0
DESVIACION DE LA MEDICION	0,1430	0,5676	0,0966	0,6325			0,2309	0,9661			0,1703	0,9487		

Nota. Se muestran los datos obtenidos durante el periodo de tiempo y con la desviación de la medición, la tabla fue elaborada en Excel. Elaboración propia (2024).

8. Conclusión.

El desarrollo del sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad para el sector farmacéutico representa un avance significativo en la gestión ambiental de productos sensibles. Este sistema, basado en la tecnología IoT y soportado por la plataforma ThingSpeak, permite una supervisión continua y en tiempo real de las condiciones ambientales, cumpliendo con los

estándares de conservación y reduciendo los riesgos asociados al deterioro de productos farmacéuticos.

Uno de los logros de este proyecto es la capacidad de monitoreo sin intervención física constante. La automatización en la recolección de datos, combinada con la capacidad de alerta en tiempo real, brinda a los operadores una herramienta confiable para detectar y reaccionar ante cualquier desviación en los parámetros de temperatura y humedad donde están almacenados los medicamentos. Esto no solo optimiza la seguridad de los productos, sino que también incrementa la eficiencia operativa, permitiendo al personal concentrarse en otras tareas mientras el sistema realiza el monitoreo.

la implementación del sensor AHT10 y el microcontrolador ESP32 destaca la precisión y fiabilidad de este sistema farmacéuticos. Estos componentes han sido seleccionados y configurados para operar de manera óptima dentro de los rangos de temperatura y humedad, lo cual es fundamental en la preservación de productos que requieren condiciones estrictas de almacenamiento, como por ejemplos las cadenas de frío Y también la utilización de ThingSpeak como plataforma de gestión IoT asegura la visualización centralizada de los datos y la generación de alertas de manera eficiente eso dependiendo de la configuración que uno le quiera colocar. La elección de esta plataforma se fundamenta en sus funcionalidades, como su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos en tiempo real, factores cruciales para un sistema de monitoreo confiable y escalable.

En términos de contribución al sector farmacéutico, este proyecto tiene un impacto en la mejora de los procesos de almacenamiento y conservación. La introducción de un sistema de monitoreo minimiza la probabilidad de pérdidas económicas por deterioro de productos y

fortalece la seguridad de los consumidores finales al asegurar la calidad de los productos hasta su entrega.

Finalmente, Este proyecto establece una base para futuras mejoras y expansiones en el monitoreo ambiental, aprovechando tecnologías IoT avanzadas y gratuitas. Se sugiere que investigaciones futuras consideren la incorporación de sensores adicionales para medir otros parámetros ambientales y la exploración de protocolos de comunicación que optimicen la conectividad en entornos con limitaciones de red.

9. Referencias

- Arratia-Zapata, J. R., Nuño-Maganda, M. A., Hernández-Mier, Y., & Polanco-Martagón, S. Sistema de monitoreo remoto de temperatura y humedad utilizando dispositivos móviles e IOT.
- Soto, A. B. B., Coral, D. S. B., Parra, P. A. A., Charry, O. J. P., Muñoz, H. A. B., Torres, D. A. Q., & Rojas, J. S. S. (2019, September). Sistema basado en internet de las cosas (iot) para la monitorización en tiempo real de variables de temperatura y humedad en un equipo de refrigeración del área de farmacia de un hospital de cuarto nivel. In Proceedings of the 2nd Congreso Latinoamericano de Ingeniería, Cartagena de Indias, Colombia (pp. 10-13).
- Molina Vargas, J. D. (2022). Desarrollo de un sistema de visualización y monitoreo de entornos de refrigeración basado en tecnologías iot para la empresa VHM ingeniería.

- Otero Navarro, C. A. (2024). Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control en la cadena de frío de un laboratorio clínico en la localidad de Lima.
- Sued Santos, R. D., & Cordero Rodríguez, O. M. (2021). Estudio comparativo sobre el cumplimiento de la declaración de temperatura y humedad relativa en las etiquetas de los envases primarios y secundarios de productos farmacéuticos en farmacias comunitarias privadas del Ensanche Naco, Distrito Nacional y el Sector La Toronja, Santo Domingo Este. Período junio 2019-enero 2020 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña).
- Acarapi Mamani, H. Diseño y construcción de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa en tiempo real a través de Internet (Doctoral dissertation).
- Arroyo Paredes, M. G. (2023). Sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, bajo plataforma IoT (Master's thesis, Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Israel).
- Quiñones-Cuenca, M., González-Jaramillo, V., Torres, R., & Jumbo, M. (2017). Sistema de monitoreo de variables medioambientales usando una red de sensores inalámbricos y plataformas de Internet de las Cosas. *Enfoque UTE*, 8, 329-343.
- *¿Qué es MQTT? El protocolo de comunicación para IoT.* (01 de 04 de 2022). Recuperado el 11 de 10 de 2024, de solectro: https://solectroshop.com/es/blog/que-es-mqtt-el-protocolo-de-comunicacion-para-iot-n117?srsId=AfmBOor8Ku_f9dmXtUSA3Ot-BPNoege6ajKit08XhoiGICEItJePVE3P
- *¿Qué es MQTT? El protocolo de comunicación para IoT.* (01 de 04 de 2022). Recuperado el 11 de 10 de 2024, de solectro: <https://solectroshop.com/es/blog/que-es->

mqtt-el-protocolo-de-comunicacion-para-iot-

n117?srsId=AfmBOor8Ku_f9dmXtUSA3Ot-BPNoege6ajKit08XhoiGICEItJePVE3P

- Cama-Pinto, A. D.-L.-H.-F.-P. (31 de 10 de 2012). las redes de sensores inalámbricos y el internet de las cosas. (C. U. Costa, Ed.) Recuperado el 11 de 10 de 2023, de <https://repositorio.cuc.edu.co/entities/publication/a4ad3da4-6a83-4d23-9c92-b4b6dcf01b2b>
- casamitjana, N. (s.f.). *farmaceuticonline*. Recuperado el 30 de octubre de 2024, de ¿Como debemos conservar los medicamentos?: <https://www.farmaceuticonline.com/es/medicamentos-como-conservarlos/>
- *DHT11*. (s.f.). Recuperado el 15 de septiembre de 2024, de Sigma electronica: <https://www.sigmaelectronica.net/producto/dht11/>
- *dremc*. (s.f.). Recuperado el 27 de octubre de 2024, de DHT11 Temperature and Relative Humidity Sensor Module: <https://store.dremc.com.au/products/dht11-temperature-and-relative-humidity-sensor-module>
- *EGASEN*. (8 de 08 de 2022). Recuperado el 27 de 10 de 2024, de fuentes de alimentacion: esenciales para el funcionamiento de la industria: <https://www.egasen.com/es/blog/noticias/fuentes-de-alimentacion-esenciales-para-el-funcionamiento-de-la-industria->
- Elora Hilmas, P. B. (octubre de 2018). *Medicamentos: qué son y para qué sirven*. Recuperado el 27 de 09 de 2024, de TeensHealth: <https://kidshealth.org/es/teens/meds.html>

- escalante, J. (29 de noviembre de 2021). *El IoT se destaca por su inteligencia y versatilidad, potenciadas por tres elementos clave:*. Recuperado el 26 de 09 de 2024, de openwebinars: <https://openwebinars.net/blog/iot-que-es-para-que-sirve-y-como-funciona/>
- Fernández, j. L. (s.f.). *temperatura*. Recuperado el 01 de 09 de 2024, de fisicalab: <https://www.fisicalab.com/apartado/temperatura>
- *funcion publica*. (23 de diciembre de 1993). Recuperado el 31 de 10 de 2024, de Ley 100 de 1993: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5248>
- *funcion publica*. (28 de Abril de 1995). Recuperado el 31 de 10 de 2024, de Decreto 677 de 1995: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9751>
- *funcion publica*. (29 de junio de 2005). *funcionpublica*. Recuperado el 31 de octubre de 2024, de Decreto 2200 de 2005: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=16944>
- Gonzales, O. (s.f.). *Guia de modelos arduino y sus características*. Recuperado el 18 de octubre de 2024, de Bricogeek: <https://lab.bricogeek.com/tutorial/guia-de-modelos-arduino-y-sus-caracteristicas/arduino-nano-33-iot>
- inBiot. (agosto de 2021). *Humedad relativa*. Recuperado el 1 de 09 de 2024, de inBiot: <https://www.inbiot.es/wikinbiot/relative-humidity>
- Leskow, E. C. (2 de septiembre de 2024). *temperatura*. Recuperado el 4 de septiembre de 2024, de concepto: <https://concepto.de/temperatura/>
- martha marie Day, e. A. (2003). *temperatura: escalas y conversiones*. Recuperado el 1 de 09 de 2024, de visionlearning: <https://www.visionlearning.com/es/library/ciencias-generales/3/temperatura/48>

- Mendez, M. G. (23 de septiembre de 2020). *proasw*. Recuperado el 11 de 10 de 2024, de Protocolos de Comunicación y Monitoreo:
<https://proasw.wordpress.com/2020/09/23/protocolos-de-comunicacion-y-monitoreo/>
- *minsalud*. (29 de 08 de 2014). Recuperado el 31 de octubre de 2024, de decreto-4725-de-2005: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/decreto-4725-de-2005.pdf>
- *minsalud*. (17 de febrero de 2015). Recuperado el 31 de octubre de 2024, de Ley 1751 de 2015:
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Ley%201751%20de%202015.pdf
- *minsalud*. (26 de noviembre de 2019). Recuperado el 31 de octubre de 2024, de resolución no. 3100 de 2019:
https://www.minsalud.gov.co/normatividad_nuevo/resoluci%C3%B3n%20no.%203100%20de%202019.pdf
- No, D. (27 de Diciembre de 2016). *PRÁCTICA 7: THINGER.IO – Configuración, almacenamiento y monitorización de datos (PRIMERA PARTE)*. Recuperado el 25 de 10 de 2024, de exploradores: <https://www.exploradores.com/thinger-io-configuracion-almacenamiento-y-monitorizacion-de-datos-primera-parte/>
- oscar. (20 de octubre de 2019). *codigo electronica*. Recuperado el 27 de octubre de 2024, de DHT22 DATASHEET: <http://codigoelectronica.com/blog/dht22-datasheet>
- perera, A. (20 de 02 de 2021). *automatismosmundo*. Recuperado el 27 de 10 de 2024, de software Fritzing, que es?: <https://automatismosmundo.com/que-es-el-software-fritzing/>
- *Raspberry Pi Pico W con conexión WiFi*. (s.f.). Recuperado el 18 de octubre de 2024, de raspberrypi: <https://raspberrypi.cl/>

- Redacción. (s.f.). *descubre arduino*. Recuperado el 1 de noviembre de 2024, de ThingSpeak, plataforma gratuita para la Internet de las Cosas:
<https://descubrearduino.com/thingspeak/>
- *saludcapital*. (23 de 09 de 2010). Recuperado el 31 de octubre de 2024, de Resolución 4816 de 2008:
<https://www.saludcapital.gov.co/DSP/Tecnovigilancia/Resoluci%C3%B3n%204816%20de%202008.pdf>
- *sanidadfuerzasmilitares*. (9 de enero de 2007). Recuperado el 31 de octubre de 2024, de Resolución 1403 de 2007 Por el cual se determina el modelo de Gestión del Servicio Farmacéutico, se adopta el manual de Condiciones Esenciales Procedimientos y se dictan otras disposiciones: <https://www.sanidadfuerzasmilitares.mil.co/transparencia-acceso-informacion-publica/2-normatividad/2-2-busqueda-normas/2-2-2-sistema-busquedas-normas-propio-1/normograma-digsa/subdireccion-salud-digsa/grupo-aseguramiento-salud-proas/normas-externas-aplica>
- Sued, R. (13 de 02 de 2020). *repositorio*. Recuperado el 18 de 08 de 2024, de Estudio Comparativo Sobre el Cumplimiento de la Declaración de Temperatura:
<https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/3430/Estudio%20Comparativo%20Sobre%20el%20Cumplimiento%20de%20la%20Declaraci%C3%B3n%20de%20Temperatura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- thingspeak. (s.f.). *thingspeak*. Recuperado el 1 de noviembre de 2024, de ThingSpeak para proyectos de IoT: <https://thingspeak.mathworks.com/>

- *unit electronics*. (s.f.). Recuperado el 27 de octubre de 2024, de AHT10 Sensor de temperatura y humedad I2c: <https://uelectronics.com/producto/aht10-sensor-de-temperatura-y-humedad-i2c/>
- Hanes, N. M., Wahab, W., & Setyaningsih, E. (2024). Analisis Perbandingan Sensor Suhu dan Kelembaban DHT-11 DAN AHT-10 Dengan Perangkat Lutron AM4205A. *INTRO: Journal Informatika dan Teknik Elektro*, 3(1), 41-48.
- Eras, A. P. P., Bueno, J. I. R., Gavilanes, M. D. G., & Núñez, E. F. H. (2024). Manual de Iniciación en el Uso y Aplicaciones Básicas de la Tarjeta ESP32.: Introduction Manual for the Use and Basic Applications of the ESP32 Card. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 5(2), ág-15.
- Satya, T. P., Oktiawati, U. Y., Fahrurrozi, I., & Prisyanti, H. (2020). Analisis akurasi sistem sensor DHT22 berbasis arduino terhadap thermohygrometer standar. *Jurnal Fisika dan aplikasinya*, 16(1), 40-45.
- Kusuma, H. A., Suhendra, T., Devendra, D., & Setyono, D. E. D. (2023). Evaluating the Accuracy of BMP280 and BME280 Sensors for Sea Level in a Coastal Environment: A Field Study at Tanjung Siambang Pier. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 28(2).
- Acarapi Mamani, H. Diseño y construcción de un sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa en tiempo real a traves de Internet (Doctoral dissertation).

- ortega, c. (s.f.). investigacion aplicada: definicion, tipos y ejemplos. Recuperado el 17 de 08 de 2024, de questionpro: <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-aplicada/>
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 41-44.
- Martinez Jacobso, R. (2017). *Comparativa y estudio de plataformas IoT* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Bonilla-Fabela, I., Tavizon-Salazar, A., Morales-Escobar, M., Guajardo-Muñoz, L. T., & Laines-Alamina, C. I. (2016). IoT, el internet de las cosas y la innovación de sus aplicaciones. *Vinculatégica efan*, 2(1), 2313-2340.
- Kodali, R. K., & Soratkal, S. (2016, December). MQTT based home automation system using ESP8266. In *2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)* (pp. 1-5). IEEE.
- Lee, J. S., Su, Y. W., & Shen, C. C. (2007, November). A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi. In *IECON 2007-33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 46-51). Ieee.
- Mazzeo, H. H., Rapallini, J. A., Rodríguez, O. E., & Zabaljauregui, M. (2018). Sistema de comunicación para la implementación de redes inalámbricas de sensores. In *XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste)*.

- Dave, V. (2017). A review paper on server. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 5(23).
- Oscanoa, T. J. (2012). Acceso y usabilidad de medicamentos: propuesta para una definición operacional. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 29, 119-126.
- López, M. O., Muñoz, R. M., Ramos, B. S., Latorre, F. P., & Sánchez, O. D. (2003). SEGURIDAD DE MEDICAMENTOS Importancia del proceso de selección de medicamentos en la prevención de los errores de medicación. *Farmacia Hospitalaria*, 2003(27/4), 264.

10. Anexos.

