



Título

**Desarrollo de un Sistema Integrado de Sensores para el Monitoreo de Temperatura y
Funcionamiento de Equipos de Refrigeración en Servicios de Banco de Sangre,
Laboratorio y Farmacia, con Interfaz Web para Visualización de Datos**

Autores:

Carlos José Pérez Amaranto y Gladis Lucia Padilla Ortega

Trabajo de grado como prerrequisito para la obtención de grado de

Ingeniero Biomédico

Director(a):

Daniel Barrios

Javier Burgos Vergara

d.barrios@unireformada.edu.co

j.burgosc@unireformada.edu.co

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

2024



Título

Desarrollo de un Sistema Integrado de Sensores para el Monitoreo de Temperatura y Funcionamiento de Equipos de Refrigeración en Servicios de Banco de Sangre, Laboratorio y Farmacia, con Interfaz Web para Visualización de Datos.

Autores:

Carlos José Pérez Amaranto y Gladis Lucía Padilla Ortega

Director(a):

Daniel Barrios

Javier Burgos Vergara

d.barrios@unireformada.edu.co

j.burgosc@unireformada.edu.co

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Biomédica

Barranquilla

20224

Dedicatoria

Al Todopoderoso Dios, gracias por permitirme cumplir mi sueño y por acompañarme en esta larga travesía. A mi padre, que me dio la vida, y a mi querida madre, a quien adoro y amo con todo mi ser, ya que ella ha sido el pilar fundamental de mi existencia. Con tanto esfuerzo y sacrificio, me acompañó y me apoyó en este logro. A mis hermanas, gracias por creer en mí.

Además, quiero expresar mi infinita gratitud a mi compañera Gladis Padilla. Más que ser una compañera de universidad, fue como una hermana, una madre y mi mejor amiga. Te llevaré siempre en mi mente y en mi corazón. Sé que no estás físicamente en este mundo, pero sé que me acompañas en cada paso que doy en mi vida. Recordaré con cariño cada momento que vivimos juntas y los recuerdos que compartimos. Te quiero mucho, y este proyecto también es tuyo, madre querida.

ÍNDICE

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCION	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
OBJETIVOS	16
JUSTIFICACION	17
MARCOS DE REFERENCIA.....	19
MARCO TEORICO.....	21
¿Qué es Temperatura?.....	21
Cadena de frio de medicamentos y hemo componentes	22
Transferencia de Calor	24
Tipos de conexiones de redes de sensores	25
2. Tecnologías y sistemas	26
MARCO CONCEPTUAL	34
Monitoreo.....	35
Monitoreo a tiempo real.....	35
Monitorización	35
Sistema.....	36
Sistema a tiempo real	36
Sensores	36
Tecnologías en la salud.....	37
METODOLOGIA.....	37
Diseño	37
Materiales y métodos	38
Procedimiento	39
RESULTADOS.....	45
DISCUSION (ANALISIS DE RESULTADOS).....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48

REFERENCIAS.....	49
ANEXOS-----	57

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo de sensores de temperatura.

Tabla 2. Equipos a monitorear mediante el esp32 por conexión wifi

LISTADO DE FIGURAS

1. Figura 1. Representación de medición de temperatura.
2. Figura 2. Ejemplo de cadena de frio y posición.
3. Figura 3. Cadena de frio hemo componentes y plasma.
4. Figura 4. Proceso de intercambio de calor en proceso de refrigeración.
5. Figura 5. Conexión inalámbrica: wifi.
6. *Figura 6. Conexión inalámbrica: Bluetooth.*
7. Figura 7. Microcontrolador ESP32.
8. Figura 8. Sensor de temperatura DS18B20.
9. Figura 9. Sensor de Movimiento efecto Hall.
10. Figura 10. Diagrama de funcionalidad del proyecto.
11. Figura 11. Visualización de Servidor web del ESP 32.
12. Figura 12. Modelado de la interfaz del aplicativo web.
13. Figura 13. Circuito diseñado para la recolección de datos.
14. Figura 14. Esquemático del nodo del sensor.
15. Figura 15. Visualización de funcionamiento de la recolección de datos
16. Figura 16: Visualización de correcto envío de datos

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema que permita y ayude en el monitoreo de temperatura de lo que conforma lo que es la red fría de un instituto médico que son los congeladores y refrigeradores donde se almacenan medicamentos, reactivos, biológicos (vacunas), controladores y calibradores, muestras, entre muchos más.

Este sistema de monitoreo, basado en una red de sensores, permitirá realizar un seguimiento y control en tiempo real de las temperaturas dentro de los refrigeradores y congeladores ubicados en áreas clave como farmacia, banco de sangre y laboratorio de una institución medica. De esta manera, se podrá garantizar una trazabilidad precisa del funcionamiento de los equipos de refrigeración, facilitando la identificación de cualquier irregularidad y asegurando que se mantengan las condiciones óptimas para el almacenamiento de estos productos. Además, el sistema proporcionará un diagnóstico detallado y oportuno sobre el estado de los equipos, lo que contribuirá a la mejora continua de los procesos de conservación y garantizará la seguridad y eficacia de los productos almacenados.

Palabras claves: red de sensores, sistema, monitoreo, instituto médico

ABSTRACT

The purpose of this project is to develop a system that allows and helps in monitoring the temperature of what makes up the cold network of a medical institute, which are the freezers and refrigerators where medications, reagents, biologicals (vaccines) are stored. controllers and calibrators, samples, among many more.

This system seeks, through the network of sensors, to monitor and control in real time the temperatures of the refrigerators and freezers of the pharmacy, blood bank and laboratory services, allowing traceability of functionality through the behavior of the refrigeration system. as carrying out a functioning control and giving a precise and concise diagnosis.

Keywords: sensor network, system, monitoring, medical institute.

INTRODUCCION

En entornos clínicos, la correcta gestión de las condiciones de almacenamiento es esencial para preservar la seguridad, eficacia y calidad de medicamentos, vacunas, hemoderivados y otros componentes biológicos críticos. La exposición a temperaturas fuera del rango recomendado puede comprometer la estabilidad de estos productos, afectando directamente su efectividad y, en última instancia, la seguridad de los pacientes.

Según Vaisala, empresa líder en innovación y monitoreo de datos climáticos, "Los ambientes hospitalarios requieren una supervisión continua, las 24 horas del día, los 7 días de la semana, para garantizar que los fármacos, las vacunas, la sangre, los tejidos y otros dispositivos médicos importantes se mantengan dentro de los límites de tolerancia de humedad y temperatura establecidos". Además, la empresa subraya que "el monitoreo de los controles ambientales, especialmente de temperatura y humedad, es clave para conservar la seguridad, pureza y eficacia de los fármacos. La medición de la humedad es particularmente desafiante y crucial en salas de procedimientos, áreas de neonatología y espacios dedicados a la elaboración de fármacos" (Vaisala, s.f.).

En este contexto, los refrigeradores y congeladores desempeñan un papel fundamental, actuando como barreras que protegen estos materiales sensibles de las fluctuaciones térmicas. Sin embargo, garantizar un monitoreo confiable y constante de la temperatura en instalaciones

con múltiples unidades de almacenamiento presenta desafíos significativos, tales como la heterogeneidad de los dispositivos y la necesidad de cobertura en áreas amplias (CSS, 2020).

La implementación del Internet de las Cosas (IoT) ha experimentado un auge en las últimas décadas, particularmente en el ámbito hospitalario, donde ha mejorado significativamente los procesos, diagnósticos y la recolección de datos. Según la consultora británica Juniper Research, especializada en mercados fintech, telecomunicaciones e IoT, se espera que los hospitales inteligentes implementen más de 7 mil millones de dispositivos IoT para 2026, con un crecimiento exponencial en el mercado global, que pasará de \$41 billones en 2023 a \$166 billones en 2028 (Gonzalez, 2024). Este aumento refleja cómo la tecnología y el IoT están transformando el sector salud, mejorando la calidad de la atención y acelerando los procesos.

La implementación de IoT para monitorear y controlar variables clave en el entorno hospitalario es una solución cada vez más adoptada, permitiendo una supervisión más detallada y una respuesta más rápida ante cualquier anomalía.

En este sentido, la implementación de sistemas avanzados para la supervisión de temperatura y humedad se ha convertido en una prioridad para las instituciones de salud, con el objetivo de cumplir con los estándares regulatorios y de calidad. Este proyecto propone el diseño e integración de una red de sensores de temperatura que operen de forma sincronizada con una plataforma web. Este sistema no solo permite monitorear en tiempo real las condiciones térmicas de refrigeradores y congeladores, sino que también genera alertas automáticas ante desviaciones

críticas, facilitando respuestas inmediatas y reduciendo el riesgo de pérdidas materiales. Además, optimiza la gestión de recursos al centralizar la información y proporcionar reportes detallados que respaldan la toma de decisiones estratégicas.

Con esta innovación, se busca mejorar significativamente la seguridad de los pacientes y garantizar el cumplimiento de las estrictas normativas internacionales en el manejo de medicamentos y materiales clínicos, consolidando la cadena de frío como un elemento esencial en el sector salud.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los equipos de refrigeración en una institución médica son fundamental permitiendo que se pueda habilitar servicios importantes que permitan una mejor y rápida atención médica. El punto en esto es que son equipos muy delicados desde cierto punto de vista, ya que al no tener un conocimiento continuo de su comportamiento puede implicar grandes pérdidas de medicamentos reactivos, etc. Llevando a que muchas de los exámenes o tratamientos se vean afectados y no se brinde de la mejor forma posible.

Un equipo al cual la temperatura tiene varia constante y se ve afectada por muchos factores durante el lapso de periodo que corresponde a su próximo mantenimiento y el personal no informe que presenta fallas y no tenga conocimientos del su comportamiento genera un problema, ya que no se detecta la falla que puede ir creciendo a medida que pasa el tiempo, también un problema para aquellos medicamentos que no deben estar fuera de la cadena de frío por dar uno como referencia es el área de banco de sangre donde los hemo componentes como el plasma nunca pueden estar en temperaturas menores a -18°C , o la sangre que debe estar en un ambiente de 1°C a 6°C , los reactivos en laboratorio no pueden estar fuera de cadena de frío porque se estropean y los controladores no se pueden descongelar por al utilizarlos es una gran probabilidad que no hagan la reacción correcta.

Por eso esto nos lleva a preguntarnos sería ideal en una institución un sistema de sensores que me permita conocer el comportamiento del equipo mediante sensores de temperatura, de movimiento, que me permitan reconocer posibles fallas y accidentes mediante alarmas que se envíen cuando se encuentren parámetros anormales. Así evitando daños en los insumos. *¿Qué*

beneficios traía la de red de sensores en las áreas asistencias de farmacia, laboratorio y banco de sangre? ¿Reduciría incidentes al utilizarse?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de sensores que permita monitorear las temperaturas y el funcionamiento de los equipos de refrigeración en los servicios de banco de sangre, laboratorio y farmacia, y visualizándose el monitoreo de temperaturas en un aplicativo web.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diseñar y seleccionar los componentes electrónicos para la construcción de la red de sensores de recepción y emisión que permitan la adquisición de los datos de temperatura.
2. Desarrollar el aplicativo web o software que permita la adquisición de los datos recibidos de los componentes electrónico y monitoreo en tiempo real.
3. Validar la funcionalidad del sistema electrónico y la adquisición de datos mediante el aplicativo a tiempo real.

JUSTIFICACION

En el ámbito hospitalario, los servicios de banco de sangre, farmacia, laboratorio y vacunación son esenciales para el correcto funcionamiento de diversas áreas, tales como hospitalización, urgencias, unidades de cuidados intensivos (UCI) y cirugía. Estos servicios no solo son fundamentales para el tratamiento y cuidado de los pacientes, sino que también garantizan que los insumos necesarios estén siempre disponibles en el momento adecuado, evitando imprevistos que puedan afectar el bienestar de los pacientes.

Una de las principales preocupaciones en estos servicios es el adecuado almacenamiento de los productos que requieren condiciones específicas, como la temperatura, para conservar su efectividad y seguridad. Por ejemplo, en el banco de sangre, las pintas de sangre deben mantenerse a una temperatura de entre 2 y 8 grados Celsius para asegurar su viabilidad. Además, los hemoderivados, como los plasmas, deben estar congelados para preservar sus propiedades. En el laboratorio, los reactivos y controladores también requieren almacenamiento a temperaturas controladas para mantener su estabilidad y precisión en los resultados.

Esta necesidad de control y monitoreo constante de las condiciones de almacenamiento ha dado lugar a la implementación de sistemas avanzados que permitan supervisar de manera continua la temperatura, el funcionamiento de los equipos y otros parámetros críticos. Contar con un sistema de monitoreo automatizado no solo mejora la eficiencia en la gestión de estos insumos, sino que también permite al personal encargado detectar posibles fallos o desviaciones a tiempo, minimizando el riesgo de pérdida de material valioso o la exposición a condiciones que puedan comprometer la seguridad de los pacientes.

En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar e implementar una red de sensores de temperatura conectados a una plataforma de monitoreo en tiempo real. Este

sistema permitirá no solo la medición continua de las temperaturas de los equipos de refrigeración y congelación, sino también el seguimiento de su funcionamiento general.

Además, el sistema enviará alertas automáticas en caso de que las temperaturas superen los rangos establecidos o si se detectan anomalías en el funcionamiento de los equipos, lo que facilitará una intervención rápida por parte del personal y evitará el daño de los insumos refrigerados o congelados.

La implementación de un sistema de este tipo no solo mejora la seguridad y calidad de los insumos médicos, sino que también garantiza el cumplimiento de las normativas sanitarias y de calidad que exigen una gestión adecuada de los recursos en el ámbito hospitalario. Con esta solución, se contribuye de manera significativa a la eficiencia operativa y a la reducción de riesgos, asegurando la correcta conservación de los productos críticos y, en última instancia, el bienestar de los pacientes.

MARCOS DE REFERENCIA

En el marco referencial se podrá encontrar los trabajos que se toman como una referencia para el proyecto presente analizando diferentes enfoques que se utilizan en monitoreo de temperatura mediante una red de sensores de temperatura para monitorear, conocer el funcionamiento y llevar un conocimiento más preciso del comportamiento del que se quiere llevarle el seguimiento.

1. para la obtención del título de Ingeniero Industrial “RED DE SENSORES INALÁMBRICOS PARA EL MONITOREO DE VARIABLES MICROCLIMÁTICAS EN EL RELICTO VEGETAL CEDRO ROSADO” “Este trabajo de grado tiene como finalidad que la red está compuesta por tres nodos sensores que recopilan datos sobre variables como temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, radiación solar, humedad del suelo, velocidad y dirección del viento, y precipitación. Estos datos se procesan y se envían a un Gateway a través de una red inalámbrica con protocolo DigiMesh en la banda libre de 900 MHz. El Gateway recibe la información y está conectado a una computadora para su posterior análisis en una plataforma tecnológica.” (Barragán et al., 2018)
2. Como requisito para el título de ingeniero electrónico “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIÓN BAROMÉTRICA” El objetivo general de este proyecto de grado es el diseño y la implementación física de una red inalámbrica de sensores que tenga la capacidad de medir la temperatura y la presión barométrica de una cierta región

escogida. Inicialmente el objetivo era el de realizar mediciones de monóxido de carbono, pero por motivos de disponibilidad del gas y los sensores se escogió cambiar las variables por sugerencia del asesor. (Felipe, 2012)

3. Artículo científico con título “Monitoreo de Temperatura Mediante Red de Sensores para Mejorar el Uso del Agua en la Agricultura” Estas notas de investigación son la primera parte de un proyecto para desarrollar dispositivos electrónicos de costo accesible, capaces de medir las variables climáticas tales como temperatura, humedad relativa y luminosidad, entre otras. Con los datos obtenidos, se podrá calcular el coeficiente de evapotranspiración para estimar la cantidad de agua necesaria en cada zona del cultivo. (Aguilar-González et al., 2023)

MARCO TEORICO

En este capítulo se realizó una recolección de datos obtenidos de diferentes fuentes bibliográficas que alimente la información y que sustente teóricamente el proyecto donde se abarcan v los temas de funcionamiento de un sistema de refrigeración, los diferentes tipos de conexiones, y los materiales que se utilizaran en este proyecto de grado.

¿Qué es Temperatura?

La temperatura es una medida que indica el nivel de calor o frío en un objeto. Por ejemplo, en el caso del aire, cuando está más caliente, las moléculas se mueven más rápido y tienen más energía. Esta energía se transfiere de las moléculas más calientes a las más frías cuando chocan entre sí, permitiendo que el calor se distribuya.



Figura 1. Representación de medición de temperatura. ¹

¹ Obtenido de: <https://www.froztec.com/es-mx/como-funciona-un-intercambiador-de-calor-en-un-sistema-de-refrigeracion>

Cadena de frío de medicamentos y hemo componentes

Los medicamentos que son sensibles a la temperatura necesitan ser almacenados en la nevera, manteniéndolos entre 2°C y 8°C. Ejemplos de estos medicamentos incluyen insulinas, vacunas, ciertos colirios y algunos antibióticos. Es esencial mantener la cadena de frío desde la fabricación hasta su uso en el paciente para asegurar su calidad. Para asegurar que los medicamentos permanezcan dentro de este rango de temperatura, es necesario verificar regularmente la temperatura de la nevera utilizando termómetros que registren tanto la temperatura máxima como la mínima.

En situaciones donde la temperatura pueda verse afectada, como por fallos en el frigorífico o cortes de energía, es recomendable buscar asesoramiento antes de usar el medicamento, ya que algunos podrían perder su efectividad si se congelan. Además, después de la reconstitución, las condiciones de almacenamiento de ciertos medicamentos, como los jarabes infantiles en forma de suspensión, pueden cambiar, requiriendo refrigeración y un uso dentro de un tiempo limitado desde la mezcla con agua.

. Organización de un refrigerador para mantener una temperatura estable

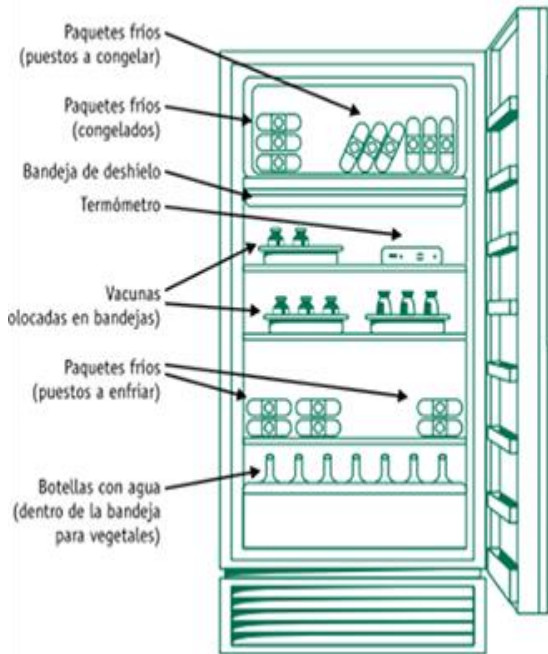


Figura 2. Ejemplo de cadena de frío y posición. ²

Los medicamentos requieren diferentes rangos de temperatura para su transporte y almacenamiento, desde $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ (utilizando nitrógeno líquido) hasta temperatura ambiente (alrededor de los 20°C). Entre estos rangos se encuentran $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (con nieve carbónica), $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (conocida como temperatura de congelación), y entre 2 y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (refrigeración), siendo esta última la más común. La refrigeración de medicamentos suele ser sencilla, ya que la temperatura de conservación más frecuente es la de refrigeración (entre 2 y $8\text{ }^{\circ}\text{C}$), y muchos otros pueden almacenarse a temperatura ambiente (20 a $23\text{ }^{\circ}\text{C}$) en instalaciones de frío normales. Sin embargo, las etapas finales de la cadena (almacenamiento, distribución y conservación por parte del

² <https://mireceta.com.do/es/blog/item/cadena-de-frio-de-medicamentos>

consumidor) son críticas, ya que la duración del producto depende en gran medida de la temperatura durante estas fases.



Figura 3. Cadena de frío hemo componentes y plasma.³

Transferencia de Calor

Un sistema de refrigeración basado en el intercambio de calor se refiere a un equipo que transfiere calor entre dos fluidos distintos. Durante este proceso, mientras uno de los líquidos absorbe calor, el otro lo cede.

Estos fluidos pueden ser de diversas naturalezas, como gases refrigerantes, agua o productos químicos especializados, y pueden estar en contacto directo o mantenerse separados.

³ Obtenido de: <https://at-biotech.com/blog/el-control-de-la-cadena-de-frio-por-los-centros-de-transfusion-para-la-mejora-de-la-calidad-y-la-seguridad-transfusional/>

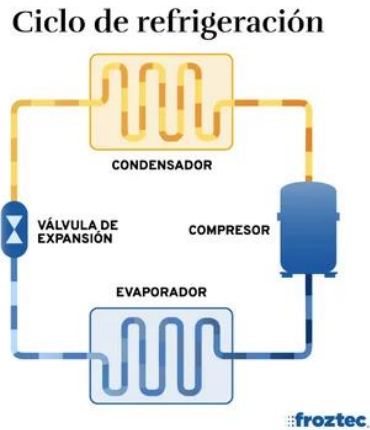


Figura 4. Proceso de intercambio de calor en proceso de refrigeración.⁴

Tipos de conexiones de redes de sensores

Las redes permiten la conexión entre dispositivos para compartir información y recursos. Estos dispositivos utilizan protocolos de comunicación como TCP/IP, UDP, FTP, HTTP, SMTP, entre otros, son conjuntos de reglas para la transmisión de datos en redes, ya sean inalámbricas o cableadas.

La red sensores inalámbricos, también denominada WSN, consiste en una agrupación de sensores especializados distribuidos en diferentes ubicaciones dentro de estructuras específicas. Su propósito es recolectar y supervisar una variedad de parámetros ambientales físicos, y luego centralizar los datos obtenidos en un lugar designado. Estos parámetros abarcan aspectos como la temperatura, la presión atmosférica, la velocidad del viento y la humedad, entre otros.

⁴ Obtenido de: <https://www.froztec.com/es-mx/como-funciona-un-intercambiador-de-calor-en-un-sistema-de-refrigeracion>

2. Tecnologías y sistemas

La tecnología ha avanzado y evolucionado con el pasar de los tiempos como una respuesta a las necesidades del ser humano, ya que los sistemas y tecnologías van cambiando a satisfacer al personal que lo usa para poder brindar una mayor confianza y seguridad, aportando la realización de procesos de maneras más fáciles y eficaz, reuniendo y compartiendo información en plataformas de una manera más fácil de hacer es uno de los aportes más significativos de las tecnologías y sistemas.

Surgiendo dispositivos que han permitiendo más fácil la comunicación, como un ejemplo enviar un correo, antes pasaba por diferentes filtros, para poder llegar al destinatario, pero ahora con un solo clic en enviar el correo llega de manera automática y en segundos, todo esto fue posible al internet, puesto que fue diseñado y creado para fines investigativos, en la era del siglo XXI es un pilar fundamental en la comunicación y en cada sector de cada sector de industrias, desde economía hasta la medicina.

La comunicación funciona cuando existen dos elementos que la componen que son emisor (es el que envía la información) y receptor (recibí la información). Con dichos elementos es como se da la comunicación ya que la información se envía y se recibe de forma fácil y eficaz. Este se puede transmitir en forma de onda radial, cables coaxiales, y de pared, fibra óptica entre muchos más, el receptor interpreta la señal enviada en forma de código.

Los sistemas de control consisten de diferentes elementos que los caracteriza. Este permite la influencia en cualquier sistema y poder controlarlo. Este es posible gracias que el dispositivo reciben una acción externa que se les conoce como las variables de entrada y las internas son

las de salida, y la funcionalidad de este tipo de sistema es poder controlar mediante las variables de entrada las variables de salidas dándole o llevándolas hasta el valor señal que se requiera.

2.1 Sistema de conexión inalámbrica

Los sistemas inalámbricos de comunicación son los más utilizados en la actualidad ya que este abarca un sinnúmero de medios de comunicación desde una radio hasta un teléfono móvil. Este consta igual que una comunicación normal de un emisor y receptor, pero no se encuentran unidos físicamente, para establecer su conexión esta debe enviar una señal y que el otro dispositivo la capte creando una onda de información unión al transmisor y el receptor, ya que esto se da por medio frecuencias de diferentes ondas electromagnéticas a través del espacio. En la comunicación inalámbrica un dispositivo puede ser el transmisor de diferentes dispositivos a la misma vez sin ninguna complicación.

Una de las ventajas de este tipo de comunicación:

- su conexión es de manera rápida y sencilla, se puede conectar los dispositivos a cualquiera hora y sin necesidad de usar tantos cables para poder recibir la información o enviarla.
- La forma de recibir información de transmitirla se ha vuelto mucho más sencillo, con este tipo de comunicación.
- Ha permitido un avance en la medicina moderna, en ingeniería, psicología, y otras profesiones.

Y una de sus desventajas es:

- La seguridad no es la mejor y su vulnerabilidad es muy alta.

Existen dos tipos de comunicación inalámbrica;

A largar distancia que están compuesta por las ondas reflejadas por los satélites, las ondas superficiales y las ondas directas, podemos catalogar a los televisores y radios en esta categoría.

A corta distancia que está compuesta por wifi, bluetooth y radiación infrarroja.

Wifi

Este es el más utilizada en la actualidad por todo tipo de usuarios de bajo costo. Este compuesto por rúter inalámbrico que envía ondas de radiofrecuencia que los dispositivos que estén a la distancia programada puedan recibir su señal. Su aplicación se utiliza para redes inalámbricas locales, como un ejemplo en la casa, en la empresa, en los transportes públicos, etc.

Este tipo de comunicación puede llevar una transmisión de 100Mbps. Se compone igual que las demás comunicaciones un emisor y receptores. Este tipo de comunicación permite la conexión a internet para los dispositivos



Figura 5. Conexión inalámbrica: wifi. ⁵

Bluetooth

⁵ Obtenido de: <https://es.slideshare.net/Koldoparra/tecnologas-y-sistemas-de-comunicacion-57315855>

Es un módulo de comunicación inalámbrico que permite el envío de multimedia, señales, etc. Aun dispositivo que este en su perímetro de radio. Las ondas de radios que este operan son una frecuencia de GHz de 2,4. El bluetooth se puede comportar cuando los dispositivos tengan el módulo que les permita su vinculación, a diferencia del wifi ese solo se puede conectar dispositivo a dispositivo, su conexión no genera un consumo alto, ya que la transferencia de datos es bastante rápida.

La forma en que se comporta el bluetooth es sencillo los dispositivos que se quieran enviar información deben vincularse mediante un chip o modulo previamente configurado, al vincularse cada dispositivo puede tomar dos posiciones esclavo o dominante, con el esclavo. Este recibe toda la información, pero cuando es dominante es el que envía la información, permitiendo un balance entre los dos. El bluetooth se puede conectar a computadores de mesa, los portátiles, los teléfonos móviles, dispositivos de audio y video, deportivos, etc.



Figura 6. Conexión inalámbrica: Bluetooth. ⁶

⁶ Obtenido de *Comunicaciones Inalámbricas - Tecnologías de la comunicación (google.com)*

3. aplicativo web

Las aplicaciones web son programas que operan en navegadores como Google Chrome o Firefox. A diferencia de otras aplicaciones, no requieren instalación en los dispositivos, ya que funcionan en un servidor y se transmiten a través de Internet al navegador.

Entre las aplicaciones web más populares se encuentran Gmail, Google Maps y YouTube. Estas herramientas son útiles porque permiten el acceso desde cualquier lugar y en cualquier momento, siempre que haya conexión a Internet.

Estas aplicaciones han cambiado la forma en que realizamos actividades diarias, permitiendo ejecutar funciones complejas que antes necesitaban software específico. También facilitan la colaboración en tiempo real y proporcionan actualizaciones automáticas, asegurando que los usuarios siempre tengan la versión más reciente y mejoras sin esfuerzo alguno.

El desarrollo de aplicaciones web sigue un proceso cíclico, compuesto por una serie de etapas que se mantienen constantes para lograr diseñar y programar aplicaciones web confiables, eficientes y seguras. A continuación, se detallan las fases clave del proceso:

1. Análisis.

La documentación e investigación son fundamentales en cualquier proyecto. Es esencial comprender todos los requisitos iniciales y aspectos importantes, como conocer bien la empresa, identificar el público objetivo y los productos ofrecidos. Esto orientará el desarrollo de los siguientes pasos.

2. Especificaciones técnicas.

En esta etapa, se evalúa todos los aspectos técnicos del proyecto. Se considera el diseño, cómo se puede optimizar la navegación y las dinámicas de la aplicación. También se definirán los plazos y costos involucrados.

3. Diseño.

Con base en los análisis previos, es momento de ser creativos. Se busca que la aplicación cumpla con todos los requisitos de navegación de manera estética y funcional. Debe ser interactiva y adaptarse a las necesidades del usuario final. En esta fase, se elabora un prototipo o boceto inicial que servirá para pruebas y asegurar la calidad del producto.

4. Contenidos.

Los textos son esenciales en la aplicación y deben estar redactados con claridad. Es importante cuidar la gramática, ortografía y las expresiones utilizadas.

5. Codificación.

Una vez que el diseño y los textos están aprobados, los desarrolladores comienzan a implementar el código, asegurándose de no afectar la apariencia del diseño. Esta etapa se realiza en estrecha colaboración con el diseñador para optimizar el resultado final.

6. Pruebas finales.

Con todas las etapas completadas, se realizan pruebas exhaustivas para garantizar que todo funcione correctamente. Se deben verificar diferentes aspectos, como la compatibilidad, resolución, rendimiento, y escalabilidad, para asegurar una navegación fluida.

Microcontrolador ESP-32

La Placa de desarrollo Nodemcu ESP32 WiFi + Bluetooth ESP WROOM 32 38 Pines integra el microcontrolador ESP32-WROOM-32 SMD de Espressif. Esta placa permite controlar todo tipo de sensores, módulos y actuadores mediante WIFI y BLUETOOTH, para proyectos de +Internet de las cosas “IoT” de forma eficiente y económica. Cuenta con micro USB de tipo B para ser alimentado y para programar el ESP32 he igual integra el controlador USB a UART CP2102.



Figura 7. Microcontrolador ESP 32. ⁷

Sensor de temperatura

Sensor de temperatura de sonda DS18B20 de Cable 18b20	Sensor de temperatura DHT11	Sensor de temperatura MLX90614ESF
--	------------------------------------	--

⁷ Obtenido de <https://www.dynamoelectronics.com/tienda/esp32-board-con-wifi-bluetooth-esp-wroom-32/>

<p>La transmisión de la lectura de temperatura se hace en protocolo one-wire no hay pérdida de señal o inclusión de ruido, incluso en largas distancias, este se puede utilizar con 3.0V a 5.5V de alimentación / datos $\pm 0,5^\circ\text{C}$ Precisión de -10°C a $+85^\circ\text{C}$, rango de temperatura: -55 a 125°C (-67°F a 257°F) con resolución seleccionable 9 a 12 bits, Utiliza interfaz 1-Wire requiere sólo un pin digital para la comunicación con múltiples sensores pueden compartir el mismo pin del microprocesador y un tiempo de respuesta inferior a 750 ms</p>	<p>Sensor digital con medición de humedad incluida, rango de temperatura de 0 a 50°C, internamente realiza las conversiones a grados Celsius, pero el tiempo de lectura es cada 2 segundos. Con capacidad de 3 a $5,5\text{V}$, precisión de 2°C y una resolución de $0,5\text{s}$.</p>	<p>Cuenta con luz infrarroja que mide sin necesidad de estar en contacto con un cuerpo. Precisión de $0,002^\circ\text{C}$, y resolución de 10 bit, se puede comunicar mediante I2C y un pin PWM. Puede medir intervalos de temperatura desde -20 a 120°C, con un peso de 24 g.</p>
--	---	--

Tabla 1. Cuadro comparativo de sensores de temperatura.

¿Cuál de los sensores se escogió? ¿Por qué se escogió?

Se escogió un sensor que permita la medición de temperatura a larga distancia y su tiempo de respuesta sea rápido y eficaz, permitiendo así su toma de manera eficaz y sencilla. Este tipo de sensor se adapta a lo buscado y propuesto.



Figura 8. Sensor de Temperatura DS18B20. ⁸

⁸ Obtenido de <https://solucionesmecatronicas.co/producto/sensor-a-prueba-de-agua-ds18b20/>

Sensor de Movimiento efecto hall

Este sensor va a permitir conocer mediante una precisión magnética la señal de cuando se abra la puerta o este medio cerrada esto permitiendo detectar la descompensación de frio si es por malas prácticas o por mal funcionamiento.



Figura 9. Sensor de movimiento efecto hall. ⁹

MARCO CONCEPTUAL

⁹ Obtenido de

<https://www.electronicathido.com/detallesProducto.php?id=TEIbzhMVB6aGpDNjdRV1ZxMFVvdz09>

En el presente marco conceptual se presentan conceptos claves acerca del proyecto desde que es monitoreo hasta que vine siendo una tecnología en salud, esto con el fin de brindar una solides mayor y anunciar los puntos clave que abarca el presente proyecto.

Monitoreo

No es más que un proceso sistemático que buscas la recolección de información continua, para un análisis. Ya con la información recolectada se busca hacer un seguimiento para el cumplimiento de los objetivos. Dirigidos a los procesos de cómo, donde, y cuando de las actividades de un programa o de una persona. Organización mundial de la mujer (ONU mujer, 2010)

Monitoreo a tiempo real

El monitoreo a tiempo real es el proceso por el cual un sistema o administrado puede evaluar, revisar, recolección de datos a tiempo real mediante modificaciones de un software. Este permite revisar y visualizar información al mismo tiempo que se está recolectando, ya sea gráficos, base de datos, imágenes, video, etc. (techopedia, 2022)

Monitorización

La monitorización es un proceso de supervisión, análisis, seguimiento y control del estado de algo. Esta consiste en indicadores que van a permitir indagar y llevar un control planificado de antemano, permitiendo conocer cuando se da una irregularidad para poder intervenir. (Tilio, 2022)

Sistema

Un sistema es el conjunto de varios componentes con un mismo común entre sí, que permite abarcar diferentes disciplinas desde la informática hasta la biología. De igual manera un sistema informativo está compuesto de varios componentes que va a permitir la recolección y comunicación de diferentes datos, mediante un software que también es un sistema ya que este permite realizar, controlar y administrar ya sea en un ordenador o en cualquier aparato electrónico que cuente con este. (Equipo editorial, 2022)

Sistema a tiempo real

Existe un sistema a tiempo real de digitalización que va a interactuar en un ambiente dinámico en relación con entradas y salidas de información para poder dar un correcto funcionamiento de acuerdo a ciertos conceptos. De igual manera un sistema de tiempo real se puede realizar de manera cotidiana puesto que la germinación de una semilla es un proceso de sistema de tiempo real por la evolución que esta transcurre, dicho esto el concepto no es más que un sistema informático que tiene la facilidad de poder interactuar con un entorno físico, puede ejecutar y supervisar tareas, para poder realizar un control para un buen funcionamiento de manera inmediata sobre una tarea o varias actividades al mismo tiempo. (universidad tecnológica de hondura, 2010)

Sensores

Dispositivo con capacidad de detectar diferentes materiales con un solo objetivo que es el mandar señales y permitir que se efectúe un proceso o la detección de algún cambio en un sistema. Son capaces de poder medir las magnitudes físicas o químicas de algo, y de transfórmalas en magnitudes eléctricas (señales). Los sensores poseen unas características que

son estáticos y dinámicos lo cual les permite transformar las magnitudes con diferentes limitantes y funciones, los sensores pueden ser analógicos y digital, y existen variedades de sensores para diferentes modalidades, como de temperatura, presión, ECG, etc. (Mecanifex, 2021)

Tecnologías en la salud

Las tecnologías de la salud abarcan varios aspectos desde los equipos utilizados para análisis, hasta el de apoyo de vida, al igual que cualquier intervención que se utiliza para promover la salud, diagnósticas, o tratar enfermedades o de cuidados ya sean a corto o largo plazo, incluyendo cualquier procedimiento médico y quirúrgico que se usa para la atención, de igual manera los productos farmacéuticos. Red Internacional de Agencias de Evaluación de Tecnologías de la Salud (INAHTA, ley 4107 de 2011)

METODOLOGIA

Diseño

Se realizó un enfoque metodológico tanto cuantitativa, cualitativa y aplicada, dando una metodología mixta. Puesto que se recolectó información de distintas fuentes dándole una solidez al proyecto, su enfoque cuantitativo, con las mediciones de los parámetros de temperatura que se podrán visualizar y permitirá monitorear de manera remota mediante un aplicativo web.



Figura 10. Diagrama de funcionamiento del sistema. ¹⁰

Enfoque Cualitativo

Se tuvieron en cuenta la recolección de información de diferentes bases de datos, sitios web, tesis, artículos científicos, etc. Para la elaboración de la presente propuesta. El estudio de temperatura, como realizar una red de sensores, el funcionamiento de cada componente del sistema y del como diseñar un aplicativo web para poder verificar su monitoreo.

Enfoque Aplicado

El proyecto también cuenta con un enfoque aplicado, puesto que se busca diseñar un sistema de censo de temperaturas de equipos de refrigeración y congelación, para institución hospital, dando como una solución para el monitoreo de temperaturas y funcionamiento de estos.

Materiales y métodos

Se describirán las herramientas y métodos que se utilizan para poder adquirir la información para el diseño al prototipo. Para la recolección de información acerca del diseño se realizó

¹⁰ Autoría Propia

investigaciones en diferentes sitios web, desde artículos académicos hasta proyecto de tesis o grados ya publicados.

MATERIALES	CANTIDAD
Microcontrolador ESP 32	3
Sensor de temperatura DS18B20 Sumergible	3
Sensor de Movimiento efecto Hall	3
Resistencia de 4k7	6

Procedimiento

Se realiza el paso a paso de procedimiento para el desarrollo del código, diseño de la página y entre otros.

Conexión para envío de datos.

Fundamental para la realización del envío de datos para un largo alcance para poder realizar un monitoreo desde un rango bastante amplio

Preliminarmente se planeó el proyecto utilizara el Módulo LoRa para poder hacer la conexión wifi para un rango mayor de 8 km, este módulo servía como una antena y repetidor de señal para poder enviar datos y recibirlos a larga distancia, el problema con el LoRa es la transmisión de datos en un entorno urbano, puesto que existen muchos obstáculos para la expansión de la señal, ya que este dispositivo necesita espacio libre para transportar la señal sin interferencia, pero en un entorno como una clínica no enviaría la información de manera óptima causando retraso y mala conexión.

La opción más viable que se contemplo fue que se conectara al servidor Público de la clínica o que un ESP32 actuara como punto de conexión wifi, y a este se conectarán todos los esclavos para poder comenzar el censo de temperatura, creando un servidor solo para recibir y enviar los

datos que se han recolectados. Estas dos opciones facilitan al cliente ya que una se puede programar para conexión con su IP y la otra sirve como un propio punto wifi, por lo que solo se conectara los ESP 32 que recopilen la información.

Códigos para el servidor y los esclavos

El ESP 32 es un microcontrolador que integra modulo wifi y bluetooth teniendo una conexión bastante estable y siendo bastante asequible económicamente, de igual permite conectar varios esclavos para recibir información simultáneamente.

Se define preliminarmente los equipos que se le va hacer el monitoreo de temperatura y se escoge un servicio ya sea banco de sangre laboratorio, etc. Para realizar las pruebas

EQUIPO A MONITOREAR	AREA	PARAMETROS A MONITOREAR
Refrigerador	Unidad transfusional	Temperatura entre 2°C a 8°C
Congelador	Unidad transfusional	Temperatura entre -18°C a -30°C

Tabla 2. Equipos a monitorear mediante el esp32 por conexión wifi

El servidor funcionara como punto de wifi para la conexión de los esclavos, esto creando una independencia para la conexión a la red pública de la institución. Permitiendo una conexión y envío de datos sin interrupciones, solo se conectarán los esclavos (los sensores) se define los rangos de temperaturas que se monitorearán delimitando para cuando haya una anomalía este alarme y poder actuar.

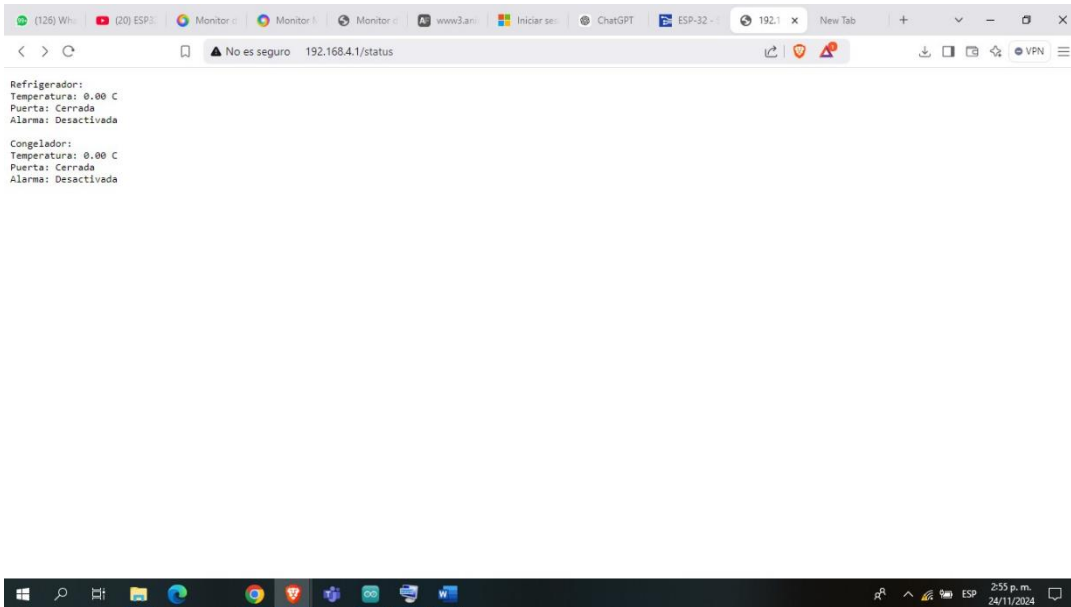


Figura 11. Visualización de Servidor web del ESP 32.

Diseño de aplicativo web

Seguidamente se realiza una investigación de como realizar el diseño del aplicativo web, ya que esta es una parte importante en el proyecto, de igual forma se puede enlazar con home assistant. Teniendo esa opción se realiza un aplicativo web mediante el uso de un IA que permitió modelar la interfaz gráfica del aplicativo web, conectándose al wifi del servidor. Aquí se presento un pequeño inconveniente la aplicación web no recolectaba los datos, sino que los simulaba, no mostrando los datos reales.

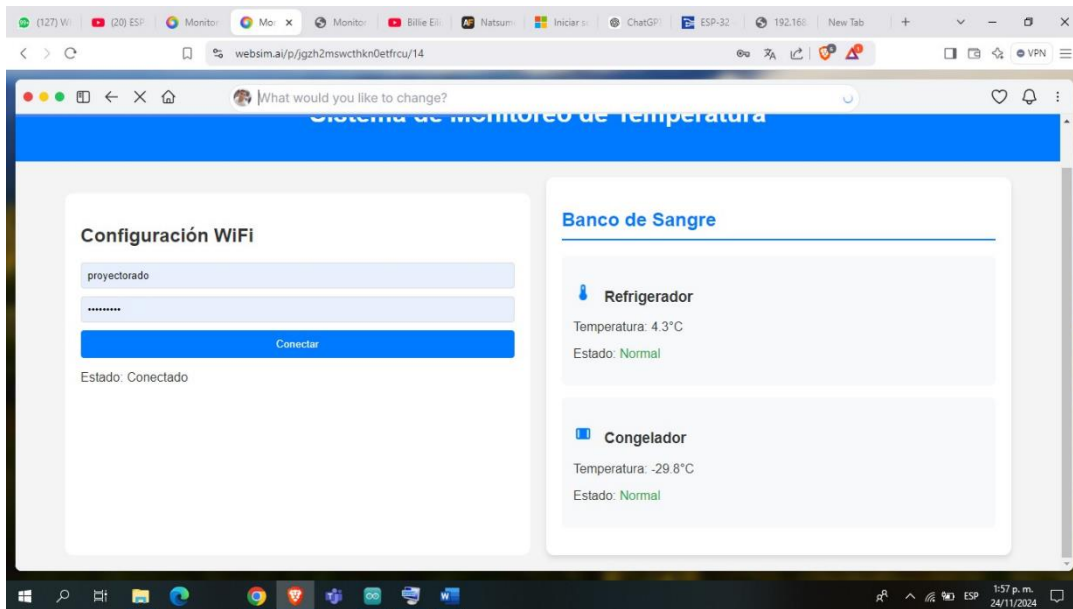


Figura 12. Modelado de la interfaz del aplicativo web

El desarrollo del aplicativo web no se pudo completar debido a varios problemas técnicos. En primer lugar, el tiempo necesario para desarrollar un software web es considerable, ya que requiere tanto experiencia en programación de páginas web como en la configuración del servidor web. En cuanto al proyecto específico, hubo dificultades técnicas con la conexión de los módulos ESP32. Aunque los dispositivos se conectaban correctamente al Wi-Fi y comenzaban a medir la temperatura, no lograban enviar los datos al servidor. Al intentar conectarse al servidor, los datos se mantenían en cero, lo que indicaba un error de conexión, pero tras revisar el circuito y el código, no se encontraron fallos evidentes.

Dado este contratiempo, se optó por utilizar una plataforma web ya existente llamada ThingSpeak. Esta plataforma permite conectar los dispositivos ESP32 de manera más estable, visualizar los datos recolectados a través de diferentes representaciones gráficas (como barras, líneas o gráficos) y exportar los datos censados a lo largo del tiempo. ThingSpeak también

facilita la conexión de múltiples dispositivos ESP32 a un solo canal, lo que permite gestionar varios sensores a través de una única página.

Además, la plataforma permite al usuario crear diferentes canales para diversos propósitos y almacenar los datos recolectados. De este modo, el cliente puede acceder a la página, visualizar los datos en tiempo real y conocer información clave como la temperatura actual, así como los valores máximos y mínimos registrados.

Circuito electrónico y diseño del esquemático

Teniendo los materiales de realiza el diseño y conexión del circuito eléctrico del nodo de sensor.

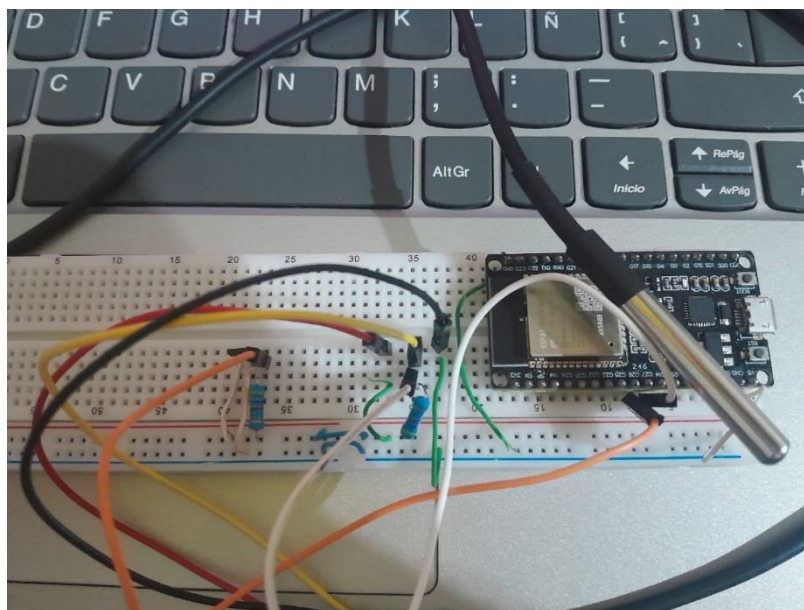


Figura 13. Circuito diseñado para la recolección de datos.

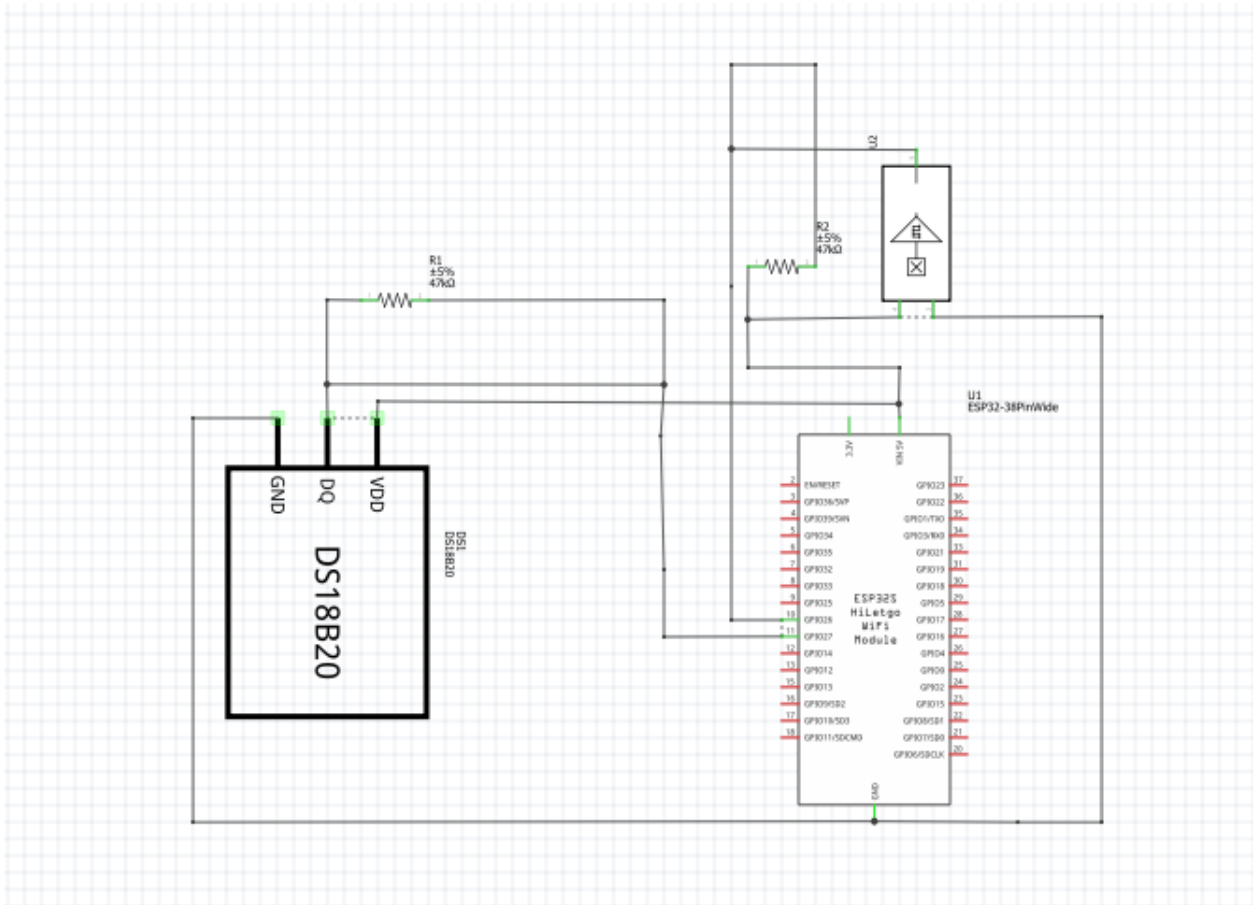


Figura 14. Esquemático del nodo del sensor.

RESULTADOS

Datos Obtenidos por el integrado del sensor 1 Banco de Sangre

En la Figura 15, se Puede Visualizar los datos obtenidos del comportamiento de la temperatura del refrigerador de banco de sangre.

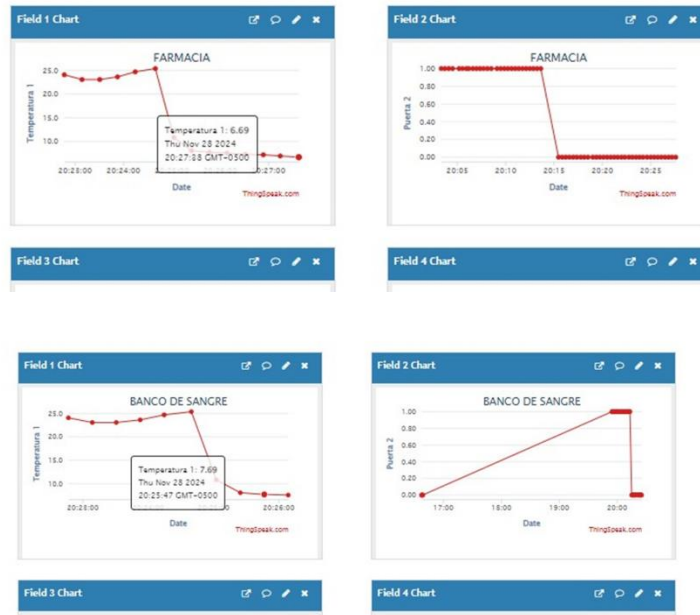


Figura 15. Visualización de funcionamiento de la recolección de datos

En la siguiente figura 16 se puede visualizar el funcionamiento del código para la Lectura de los datos y su Recopilación para luego ser enviada al servidor y visualizarse en ThingSpick

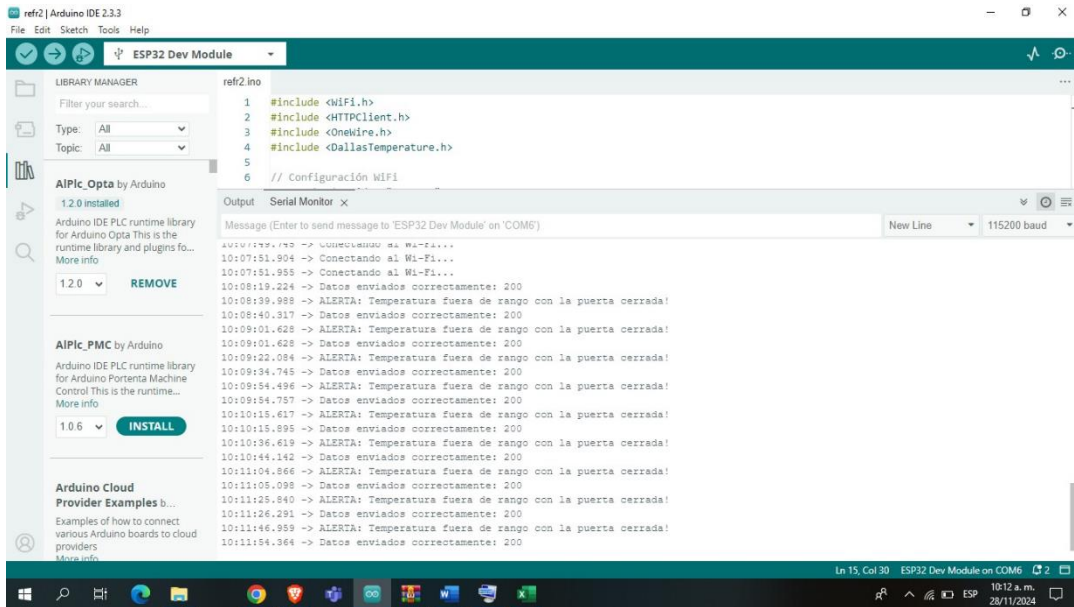


Figura 16: Visualización de correcto envío de datos

DISCUSION (ANALISIS DE RESULTADOS)

Al concluir las pruebas de monitoreo de temperatura, se verificó que los datos obtenidos fueran correctos mediante una serie de pruebas de funcionamiento de los sensores. Se comprobó que la temperatura se enviaba correctamente a la interfaz y que la condición de la puerta (abierta o cerrada) se reflejaba adecuadamente en el sistema. Además, se administraron y visualizaron los datos suministrados en la plataforma web, lo que permitió evaluar el comportamiento de los sensores a lo largo de un período determinado. Estos resultados evidencian que la recolección, transmisión y procesamiento de los datos se realiza de manera clara y precisa.

El monitoreo en tiempo real permitió observar cómo variaba la temperatura dentro de los equipos, demostrando la efectividad del sistema en el registro continuo de los datos. Estos datos estarán siempre disponibles en la plataforma siempre que haya una conexión Wi-Fi estable.

Gracias a la flexibilidad del sistema, no se presentaron limitaciones en cuanto a la distancia de

conexión, ya que el dispositivo puede conectarse a cualquier red Wi-Fi del establecimiento, siempre que esta sea estable.

Durante el proceso de verificación, se presentaron algunos errores, entre los que se incluyen problemas de conectividad, errores humanos, errores sistemáticos y aleatorios. Este tipo de fallos es común en cualquier sistema de medición, especialmente al trabajar con parámetros variables. En las primeras conexiones al servidor generado por el ESP32, el dispositivo funcionaba correctamente para visualizar los datos; sin embargo, los sensores esclavos no enviaban los datos al servidor de forma consistente, lo que dificultaba el monitoreo adecuado. Aunque es posible establecer la conexión de esta manera, las limitaciones de tiempo para ejecutar, revisar y optimizar el proceso impidieron su completa implementación.

La conexión Wi-Fi es crucial para el correcto envío de los datos al aplicativo web y para su posterior visualización. Si la conexión no es estable, esto puede afectar significativamente la calidad del monitoreo y la fiabilidad de los datos, lo que resalta la importancia de una infraestructura de red robusta en estos sistemas de monitoreo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un sistema de monitoreo de temperatura para equipos de cadena de frío es esencial para preservar la calidad de los productos y garantizar que la administración de estos al paciente no se vea comprometida debido al desconocimiento del comportamiento de los equipos de almacenamiento. Este tipo de sistema subraya la importancia de implementar un control y seguimiento continuo para evitar incidentes que puedan afectar la eficacia del tratamiento y la seguridad del paciente. Además, ofrece una valiosa herramienta para el personal asistencial y de mantenimiento, al permitirles conocer el estado de los equipos y tomar decisiones informadas para emitir diagnósticos certeros y seguros.

El dispositivo propuesto facilita la recolección de datos de manera eficiente y puede implementarse de forma sencilla, lo que permite un monitoreo constante sin mayores complicaciones. Sin embargo, debido a las limitaciones de tiempo durante el desarrollo, se sugieren mejoras para futuros proyectos, como el uso de sensores de temperatura con cables más delgados para adaptarse mejor a los espacios reducidos en las puertas de los equipos. También es fundamental considerar la integración de nuevas tecnologías emergentes para minimizar errores y mejorar la conectividad, ampliando las capacidades del sistema.

En resumen, este tipo de sistemas de monitoreo permite un seguimiento en tiempo real de los equipos de almacenamiento, garantizando que, ante cualquier falla, el personal clínico pueda conocer rápidamente y con precisión el estado de los equipos. Esto no solo optimiza la labor del personal médico, sino que también asegura que los medicamentos, hemoderivados, reactivos y otros productos críticos que requieren cadena de frío sean gestionados de manera adecuada, preservando su calidad y eficacia.

REFERENCIAS

- Abad García, S. (2016, abril 22). *Pulseras inteligentes, funcionalidad y moda*. OBS Business School. <https://www.obsbusiness.school/blog/pulseras-inteligentes-funcionalidad-y-moda>
- Equipo editorial. (2021, octubre 22). *Sistema*. Concepto.de. <https://concepto.de/sistema/>
- Elvir Ortiz, D. O. (2010, septiembre 27). *Sistema de tiempo real*. Universidad Tecnológica de Honduras. <https://docs.google.com/document/edit?id=1QWdZfVdJ9WndrUfces9AqVAvZTtZOHpVUegPeql3SRQ&hl=en#>
- Tilio, A. (2022). *Monitorización*. Designificados. <https://designificados.com/monitorizacion/>
- Comunicaciones Inalámbricas - Tecnologías de la comunicación. (s.f.). Google.com. Recuperado el 9 de noviembre de 2022, de <https://sites.google.com/site/tecnologiascomunicacionutiel/home/comunicaciones-inalambricase>
- Parra, K. (s.f.). *Tecnologías y sistemas de comunicación*. Slideshare. Recuperado el 9 de noviembre de 2022, de <https://es.slideshare.net/Koldoparra/tecnologas-y-sistemas-de-comunicacion-57315855>
- *¿Qué es el Bluetooth y para qué sirve?* (s.f.). SoftwareLab. Recuperado el 9 de noviembre de 2022, de <https://softwarelab.org/es/bluetooth/>
- Estrategia Magazine. (s.f.). *Sistemas de Información y Tecnología de la Información*. Recuperado el 9 de noviembre de 2022, de <https://www.estrategiamagazine.com/tecnologia/sistemas-de-informacion-tecnologia-de-la-informacion/>
- Farmacèutica, N. C. (2023, mayo 15). *¿Cómo debemos conservar los medicamentos?* Farmaceuticonline; Col·legi Farmaceutics de Barcelona. <https://www.farmaceuticonline.com/es/medicamentos-como-conservarlos/>
- *¿Qué es la temperatura?* (s.f.). Swegon. Recuperado el 24 de mayo de 2024, de <https://www.swegon.com/es/guias/La-guia-del-clima-interior/Factores-que-afectan-al-clima-interior-y-al-ser-humano/temperatura/que-es-temperatura/>
- Cofrico. (s.f.). *Refrigeración de medicamentos y cadena de frío en la industria farmacéutica*. <https://www.cofrico.com/procesos-industriales/refrigeracion-de-medicamentos-y-cadena-de-frio-en-la-industria-farmaceutica/>
- Shethi, S. (2023, junio 6). *Las redes inalámbricas de sensores (WSN) explicadas en 5 minutos o menos*. Geekflare Spain. <https://geekflare.com/es/wireless-sensor-networks-explained/>

- Romero Amondaray, L., Artigas Fuentes, F. J., & Calderón, C. A. (2020). Redes de sensores inalámbricos definidas por software: Revisión del estado del arte. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 41(2), 39–50. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282020000200039
- Quezada-Sarmiento, P. A., Chango-Cañaveral, P. M., López-Criollo, J., Pacheco-Viteri, F. A., & Enciso, L. (2017, junio 22). Diseño de una red de sensores inalámbricos de temperatura e iluminación para laboratorios gastronómicos bajo principios de la metodología ágil Scrum. *Revista científica Espacio*.
- Aguilar-González, R., Cárdenas-Juárez, M., Rodríguez-Ortiz, J. C., & Romero-Méndez, M. J. (2023). Monitoreo de temperatura mediante red de sensores para mejorar el uso del agua en la agricultura. <https://www.redalyc.org/journal/573/57375131054/>
- Barragán, S. N. M., Álvarez, A. F. T., & Padilla, J. B. (2018). Red de sensores inalámbricos para el monitoreo de variables microclimáticas en el Relicto Vegetal Cedro Rosado. <https://www.redalyc.org/journal/849/84959055009/html/>
- Felipe, R. J. A. (2012). Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores para medición de temperatura y presión barométrica. *Repositorio Institucional Séneca*. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/6d392da6-69a1-45a6-8262-9dda4fe8027c>
- Vaisala. (s.f.). *Monitoreo de temperatura y humedad conforme para hospitales y centros de salud*. Vaisala. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://www.vaisala.com/es/compliant-temperature-and-humidity-monitoring-hospitals-and-healthcare-facilities>
- Caja de Seguro Social. (2020, 2 de diciembre). *Cadena de frío: Pilar para garantizar y conservar los medicamentos en óptimas condiciones*. Caja de Seguro Social. Recuperado el 25 de noviembre de 2024, de <https://prensa.css.gob.pa/2020/12/02/cadena-de-frio-pilar-para-garantizar-y-conservar-los-medicamentos-en-optimas-condiciones/>
- Castro Gonzalez, D. (2024, 31 de mayo). La revolucion IoT en salud. Nueva economia medica. <https://www.newmedicaleconomics.es/salud-digital-innovacion/la-revolucion-iot-en-salud>
- Perez, J., Urdaneta, E., & Custodio, A. (2014). METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE SENSORES INALAMBRICOS. *Universidad, ciencia y tecnologia*, 18 (70), 12–22. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212014000100002

ANEXOS

Código para los dispositivos de medición de temperatura

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Configuración WiFi
const char* ssid = "redaconectar";
const char* password = "tucontraseña";

// Configuración de ThingSpeak
const char* server = "http://api.thingspeak.com/update";
const char* apiKey = "E2V5UDUYT7J2BKMN"; // API Key del canal

// Configuración del DS18B20
#define ONE_WIRE_BUS 17 // Lee el GPIO 27 donde está conectado el DS18B20
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

// Configuración del sensor de efecto Hall
#define HALL_SENSOR_PIN 19 // Lee el GPIO 26 Pin del sensor de efecto Hall

// Variables globales
float temperature = 0.0;
bool doorOpen = false;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  // Inicia sensores
  sensors.begin();
  pinMode(HALL_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);

  // Conecta al Wi-Fi
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Conectando al Wi-Fi...");
  }
}
```

```

    Serial.println("Conexión Wi-Fi establecida");
}

void loop() {
    // Lee la temperatura
    sensors.requestTemperatures();
    temperature = sensors.getTempCByIndex(0);

    // Detecta si la puerta está abierta
    doorOpen = digitalRead(HALL_SENSOR_PIN) == LOW; // LOW si el imán se aleja

    // Verifica la temperatura y genera alarma si es necesario
    checkTemperature(temperature, doorOpen);

    // Envía datos a ThingSpeak
    sendDataToThingSpeak(temperature, doorOpen);

    // Pausa antes del próximo envío
    delay(20000); // Enviar datos cada 20 segundos
}

void checkTemperature(float temp, bool doorStatus) {
    if (!doorStatus) { // La puerta está cerrada
        if (temp < 2.0 || temp > 8.0) {
            Serial.println("ALERTA: Temperatura fuera de rango con la puerta
cerrada!");
            // alarma implimida en el serial print
        } else {
            Serial.println("Temperatura dentro del rango esperado.");
        }
    } else {
        Serial.println("Puerta abierta, no se verifica el rango de temperatura.");
    }
}

void sendDataToThingSpeak(float temp, bool doorStatus) {
    if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
        HTTPClient http;

        String url = String(server) + "?api_key=" + apiKey +
            "&field1=" + String(temp) +
            "&field2=" + String(doorStatus ? 1 : 0);

        http.begin(url);
        int httpResponseCode = http.GET();
    }
}

```

```

if (httpResponseCode > 0) {
    Serial.println("Datos enviados correctamente: " +
String(httpResponseCode));
} else {
    Serial.println("Error al enviar datos: " +
http.errorToString(httpResponseCode));
}

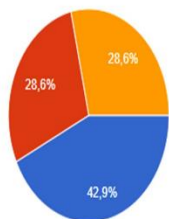
http.end();
} else {
    Serial.println("No conectado a Wi-Fi");
}
}
}

```

Encuestas para conocer la necesidad de un sistema de monitoreo de temperatura en el área clínica.

Servicio que labora

7 respuestas

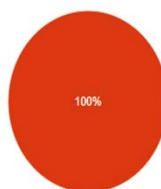


● Unidad Trastfuncional
● Farmacia
● Laboratorio

¿Cómo se realiza actualmente el monitoreo de temperatura de los equipos de refrigeración institución?

7 respuestas

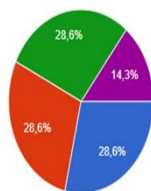
[Copiar gráfico](#)



● Manualmente (termómetros tradicionales)
● Mediante sensores digitales
● No se monitorea regularmente

¿Con qué frecuencia se registra la temperatura de los equipos de refrigeración de los servicios?

7 respuestas



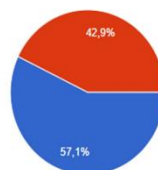
● Cada hora
● Cada 8 hora
● Cada vez que cambie el turno
● Diariamente
● Mañana y tarde

[Copiar gráfico](#)

Se presentan problemas relacionados a la toma de temperatura (como fluctuaciones o fallos de equipos)

7 respuestas

[Copiar gráfico](#)

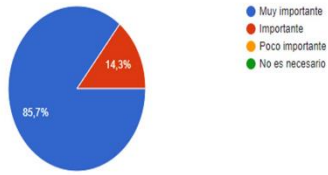


● Si
● No

¿Considera importante contar con un sistema automatizado para el monitoreo de temperatura en los equipos de refrigeración?

[Copiar gráfico](#)

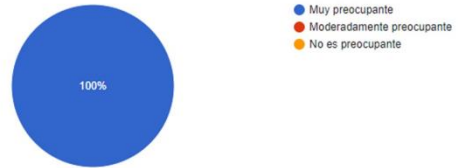
7 respuestas



¿Qué tan preocupante es el impacto de las variaciones de temperatura en la seguridad y eficacia de los medicamentos o equipos?

[Copiar gráfico](#)

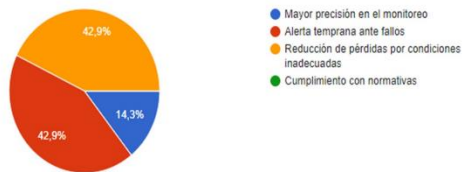
7 respuestas



¿Cuáles considera que serían los principales beneficios de implementar un sistema de monitoreo de temperatura?

[Copiar gráfico](#)

7 respuestas



¿Qué características esperaría de un sistema de monitoreo de temperatura?

[Copiar gráfico](#)

7 respuestas

