

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MONITORIZACION DEL
MEDIO AMBIENTAL Y ELÉCTRICO PARA EQUIPOS DE RAYOS
X ANALÓGICOS UTILIZANDO EL INTERNET DE LAS COSAS
(IOT)”

EXAMEN COMPLEXIVO - COMPONENTE PRÁCTICO

INFORME PROFESIONAL

Previo a la obtención del Título de:

MAGISTER EN INGENIERÍA BIOMÉDICA

DUSTYN JOSUE ZAMORA BAIDAL

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2024

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la empresa OFFICEGOLDEN, que hizo posible el ingreso a la maestría de Ingeniería en Biomedicina, durante todo el transcurso de las materias los integrantes de esta prestigiosa institución brindaron su conocimiento con paciencia y dedicación para fortalecer los conocimientos aprendidos.

Le agradezco a cada uno de los docentes que con mucho esfuerzo y voluntad nos impartieron cada una de las materias, gracias por intentar brindar todo su conocimiento y por aclarar cada una de las dudas que se tenían en medio del aprendizaje.

Dustyn Zamora

DEDICATORIA

Este presente se lo dedico a mis padres y a mi novia que gracias a su constante apoyo y mucho sacrificio durante todo este tiempo logramos alcanzar la meta que tanto anhelábamos.

Es dedicado para cada miembro de mi familia, siempre me apoyaron y brindaron un consejo, todo esto fue una fuente de energía que ayudaba a seguir con la lucha constante para conseguir la meta.

Gracias por su amor, comprensión y apoyo durante todo este tiempo, fueron el pilar fundamental y la principal razón por la que ahora se cumplió con el objetivo.

Con gratitud y cariño.

Dustyn Zamora

COMITÉ DE EVALUACIÓN

PhD. WASHINGTON VELASQUEZ

PhD. EDWIN VALAREZO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Informe Profesional, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Ing. Dustyn Zamora Baidal

RESUMEN

Desarrollar un dispositivo para la monitorización del medio ambiental y eléctrico de equipos de Rayos X analógicos utilizando IOT (Internet of Things), debido al constante desarrollo tecnológico y las ventajas que presentan en cada una de las actualizaciones que se presentan en cada nueva tecnología, es de total importancia tener un registro de los diferentes parámetros en el que se encuentra el equipo de Rayos X.

El circuito es desarrollado mediante la aplicación Kicad, en donde se realizó el diseño esquemático, pcb, y vista del diseño en 3d del circuito, en donde consta con una gran cantidad de librerías compatibles con los componentes a utilizar.

El sistema de monitorización consta de 3 dashboards, en donde se visualiza, la temperatura, la humedad y el voltaje en donde está conectado el equipo de Rayos X, toda esta información es almacenada y respaldada en la nube, en la que se puede observar de manera remota.

Este documento se encuentra estructurado por 6 capítulos, en el capítulo 1 se abordan los problemas, los objetivos a alcanzar, la metodología, y los resultados esperados. En el capítulo 2, se presenta el marco teórico. Aquí se elaboran los conceptos fundamentales que sustentan la investigación. En el capítulo 3 se da a conocer el diseño, la infraestructura y arquitectura del sistema, se presenta el esquema electrónico, pcb y el diseño en 3D. El capítulo 4 está dedicado a los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, en esta sección se detallan las pruebas realizadas del prototipo, describiendo cada una de ellas. Y para finalizar en el capítulo 5 y 6 se detallan las conclusiones y recomendaciones de diferentes problemas que se pueden presentar en la elaboración de un prototipo con similares características.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1.....	10
1. JUSTIFICACIÓN	10
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	11
1.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS	11
1.3 METODOLOGÍA	12
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	13
1.5 ELEMENTOS DIFERENCIADORES O INNOVADORES.....	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 QUE ES IOT.....	14
2.2 SENSORES O DISPOSITIVOS.....	14
2.3 CONECTIVIDAD	14
2.4 ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA IOT	14
2.5 PLATAFORMAS DE MONITORIZACIÓN.....	15
2.6 SISTEMA ELECTRÓNICO.....	15
CAPITULO 3.....	16
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	16
3.1 DEFINICIÓN Y DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA	16
3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO.....	16
3.3 DISEÑO DE PCB (PRINTED CIRCUIT BOARD)	17
3.4 PRUEBA DE PROTOTIPO	18
CAPÍTULO 4.....	19
4. RESULTADOS.....	19
4.1 PRUEBAS DE INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVO.....	19
4.1.1 PRUEBA DE CONTINUIDAD.....	19
4.1.2 VALIDACIÓN VISUAL	20
4.1.3 PRUEBA DE FUNCIONES.....	21

4.2	PRUEBA DE MONITORIZACIÓN	22
5.	CONCLUSIONES.....	23
6.	RECOMENDACIONES	24
7.	BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

El mundo va cambiando drásticamente, anteriormente eran complicadas realizar algunas tareas, hoy todo se hace más fácil con la evolución de la tecnología. Poder obtener y visualizar factores tanto físicos como eléctricos debías hacerlos presencialmente, en la actualidad existen varios dispositivos capaces de obtener datos y almacenarlos, estos dispositivos suelen tener un precio muy elevado y que no cumple con las características o funciones modernas. Estas características son capaces de tener acceso a los datos almacenados mediante internet, lo cual ayuda a proveer un diagnóstico anticipado sobre la posible falla que está presentando el equipo.

La distancia donde se encuentra ubicado un equipo biomédico es un factor muy importante, ya que al momento de que se presenten fallas se deberá acudir al lugar para resolver el inconveniente; Es totalmente inaceptable que un equipo muy importante como por ejemplo: Rayos X, ecógrafos, mamógrafos, no esté en funcionamiento varios días por la distancia que existe entre el representante del equipo y el hospital o la clínica donde se encuentra el mismo, estos lugares son muy remotos y si tienen problemas con sus equipos biomédicos es obligatorio acudir al lugar presencialmente para realizar un diagnóstico de la posible falla o del daño.

Los analizadores que se encuentran en el mercado están disponibles de forma industrial y permiten a través de software realizar un sistema de auditoría energética y eléctrica, y por esta razón su precio es elevado. La desventaja es que para observar estos datos se debe hacer presencialmente. Los Rayos X analógicos no cuentan con un registro de errores, esto hace más largo el periodo de diagnóstico, debido a que hay que realizar varias pruebas con el equipo.

CAPÍTULO 1

En el siguiente capítulo se detalla un problema de los equipos de Rayos X analógicos, en donde su antigüedad en comparación con los modernos tiene una gran ventaja para su fácil diagnóstico en caso de inconvenientes.

1. JUSTIFICACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La monitorización del equipo biomédico es importante porque se pueden llegar a resolver problemas sin necesidad de estar presencialmente, y ayudan a observar los parámetros ambientales y eléctricos en donde se encuentra conectado, y en caso de que algún valor no esté dentro de los recomendados por el fabricante, poder actuar rápidamente y evitar daños mayores sobre el equipo. Con la implementación de un sistema de monitorización se puede obtener parámetros ambientales y eléctricos del área en donde se encuentra instalado el equipo, de esta manera se crea un registro de las actividades que están ocurriendo.

Los equipos de Rayos X digitales tienen integrado en su sistema un registro de eventos los cuales son de total ayuda, implementar algo similar en los equipos de Rayos X analógicos ayuda a potenciarlo para que no sea tan obsoleto y de esta manera poder brindar un mejor servicio de asistencia técnica en caso de errores y problemas comunes que se presentan al momento de utilizar el equipo. Con ayuda de IoT se obtienen varios datos en tiempo real, en esta ocasión se evalúa el medio ambiental como la temperatura y humedad, factores eléctricos como voltaje e intensidad, cada uno se presenta dentro de una pantalla amigable con el representante técnico del equipo para su fácil entendimiento.

Cada equipo cuenta con diseños de implementación totalmente diferente, por esto se debe evaluar en donde implementar el dispositivo que será encargado de evaluar el sistema de alimentación eléctrico del equipo y para los valores de humedad y temperatura deben ser específicamente en zonas de total importancia en donde la temperatura y la humedad tomen un rol importante y deban estar monitoreadas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo de monitorización ambiental y eléctrica utilizando IoT para equipos de Rayos X analógicos.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar los inconvenientes comunes que suele impedir el funcionamiento en los equipos biomédicos.
- Implementar tecnologías que faciliten la monitorización de parámetros ambientales como temperatura y humedad y parámetros eléctricos como el voltaje en tiempo real.
- Desarrollar un sistema de monitorización basado en la arquitectura del IoT para la visualización de los diferentes factores a monitorizar.

1.3 METODOLOGÍA

El método general de investigación que se utiliza es el método científico experimental, el cual consta de 4 etapas:

a) Etapa teórica.

Se recopila una gran cantidad de información para la correcta elaboración de un sistema de monitorización, con las normas y reglas establecidas por las diversas entidades y con los sistemas y protocolos de comunicación establecidos por los mismos.

b) Etapa de diseño.

Se diseña una interfaz para la visualización de los factores estudiados y la elaboración del sistema electrónico.

c) Etapa de implementación.

Se ejecuta la instalación eléctrica y mecánica del dispositivo para la correcta obtención de los valores a medir, y se procede a la conexión entre el dispositivo y la internet.

d) Etapa de evaluación y desempeño.

Se observa el correcto funcionamiento del dispositivo, mediante mediciones con multímetro para el voltaje, termómetro para la temperatura y sensor de humedad para la humedad. Además, la visualización de cada uno de los factores.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

- Obtener un sistema de monitorización accesible en costo, y que sus componentes electrónicos sean comerciales.
- Obtener los datos en una interfaz que sea amigable con el usuario o con el técnico encargado de la unidad.
- Crear un registro de los errores del equipo ocasionados por el área en donde se encuentra instalado.

1.5 ELEMENTOS DIFERENCIADORES O INNOVADORES

- Los analizadores de red eléctrica que se encuentran actualmente en el mercado son muy voluminosos y de un costo muy elevado y no cuentan con un sistema de monitorización en tiempo real.
- La interfaz entre el dispositivo y el usuario es totalmente intuitiva y muy fácil de comprender, ayudando a tener un control más entendible por las personas.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 QUE ES IOT

Es un sistema de dispositivos electrónicos interconectados entre sí que se pueden recopilar y a la vez transferir datos simultáneamente a través de la de la red inalámbrica sin intervención de personas [1].

Engloba mucho más que solamente computadoras portátiles y teléfonos inteligentes, puede ser desde un dispositivo de encendido y apagado hasta brazos robóticos para controlar una cirugía. El sistema se compone de sensores o dispositivos, conectividad, procesamiento de datos y una interfaz de usuario.

2.2 SENSORES O DISPOSITIVOS

Los sensores hacen referencia a un dispositivo que proporciona una respuesta que generalmente es una señal eléctrica en relación con estímulos y señales físicas o químicas [2].

Se pueden clasificar por varias características y éstas pueden ser, por su aporte de energía, señales de salidas, modo de funcionamiento, relación entre sus estradas y salidas, principio físico y según la medida [2].

Los sensores y dispositivos son encargados de recopilar los datos del entorno físico los cuales pueden ser una cámara, un GPS, un acelerómetro, un sensor de temperatura etcétera [1].

2.3 CONECTIVIDAD

La conectividad se efectúa cuando el dispositivo ha recopilado datos deben ser enviados a la nube esto puede ser realizado a través de diferentes formas como por ejemplo mediante conexión wifi, Bluetooth, satélite, redes de baja potencia y área amplia o mediante conexión directa a internet vía ethernet [1].

2.4 ESTANDARIZACIÓN DEL SISTEMA IOT

La tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) es la infraestructura de los componentes que permiten en la actualidad la informática, los estándares cumplen con un rol importante para lograr la interoperabilidad de todo este complejo ecosistema, la

estandarización de la tecnología garantiza el correcto funcionamiento, siendo éstas más eficaces y fiables, además, contribuyen a que los mercados de las TIC permanezcan abiertos y permitan a los consumidores la más amplia gama de productos [1].

La estandarización del sistema IoT consta de varias etapas tales como se muestran en la ilustración.

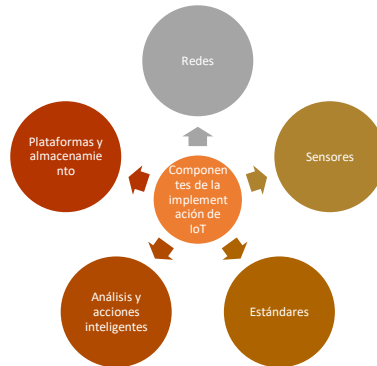


Ilustración 1 Composición de estandarización del sistema IoT [3]

2.5 PLATAFORMAS DE MONITORIZACIÓN

Son herramientas que tienen la capacidad de interactuar con dispositivos conectados al internet de las cosas. Dependiendo del tipo de herramienta, existen algunas que ayudan a la recopilación de información y su futura interpretación de datos mediante la ayuda de la inteligencia artificial.

Las herramientas para monitorización dependerán directamente del tipo de sistema que se quiera monitorizar, algunas de estas herramientas son: PRTG, Domotz, AWS IoT, Tensor, SkySpark, Datadog IoT Monitoring, Azure IoT Hub, IBM Watson, etc [4].

2.6 SISTEMA ELECTRÓNICO

El sistema electrónico está confirmado por un conjunto de circuitos que operan con señales eléctricas e intentan ejecutar una determinada función, están compuestas por una etapa de entrada, en la que se recogen y analizan los datos del exterior, después pasan por una etapa de proceso o control, donde se interpretan, gestionan y elaboran resultados que permiten activar o no los diferentes dispositivos de salida [5].

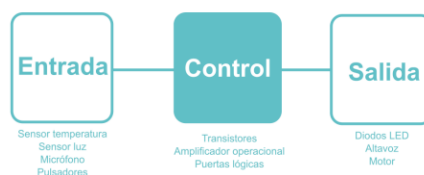


Ilustración 2 Esquema del sistema electrónico [5].

CAPITULO 3

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 DEFINICIÓN Y DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El diseño de la infraestructura consta de varias etapas, empezamos por la parte de adquisición conformada por un sensor de temperatura, sensor de humedad, y sensor de voltaje, esta información es recolectada por el microcontrolador para ser enviada al módulo Wifi ESP8266, el cual estará conectado a la red inalámbrica mediante un Access Point y por último transmitirá la información en tiempo real de los sensores a través de internet.

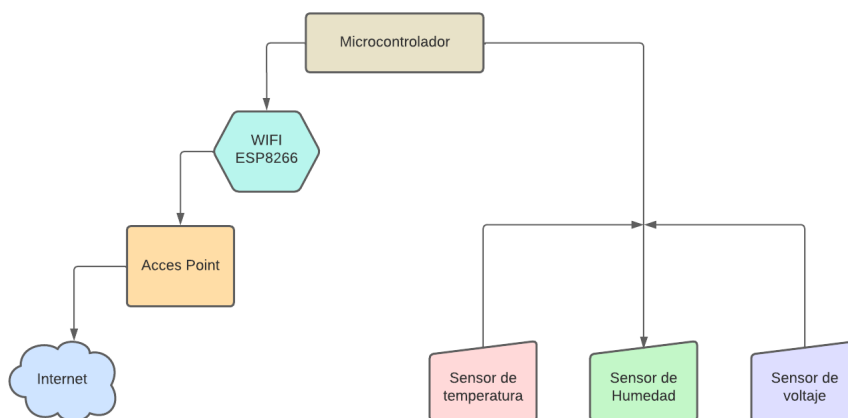


Ilustración 3 Infraestructura y arquitectura del sistema Fuente: Autor

3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO

En el diseño del circuito electrónico se tomaron en cuenta varios factores, como por ejemplo disponibilidad de componentes electrónicos en el mercado, componentes y recursos de bajo costo, el circuito fue desarrollado en la aplicación Kicad, el circuito electrónico consta de varias partes o etapas, éstas son: etapa de comunicación, etapa de adquisición y etapa de alimentación o potencia.

Etapa de comunicación: Está esta conectada a los pines de transmisión y recepción del microcontrolador y del módulo Wifi Esp8266, en donde el microcontrolador es encargado de transmitir todos los calores mediante comunicación UART. El módulo Wifi está

previamente configurado a un Access Point el cual tendrá acceso a internet para la transmisión de datos.

Etapa de adquisición: Será la encargada de adquirir los valores captados por los sensores de voltaje, temperatura y humedad los cuales están conectados a los pines analógicos A7, A6 Y A5 respectivamente.

Etapa de potencia: Se conecta la alimentación del equipo en el conector J1 del esquemático, en donde obtengo un valor analógico que mediante programación se realiza la conversión para obtener el voltaje de entrada el cual está siendo suministrado al dispositivo.

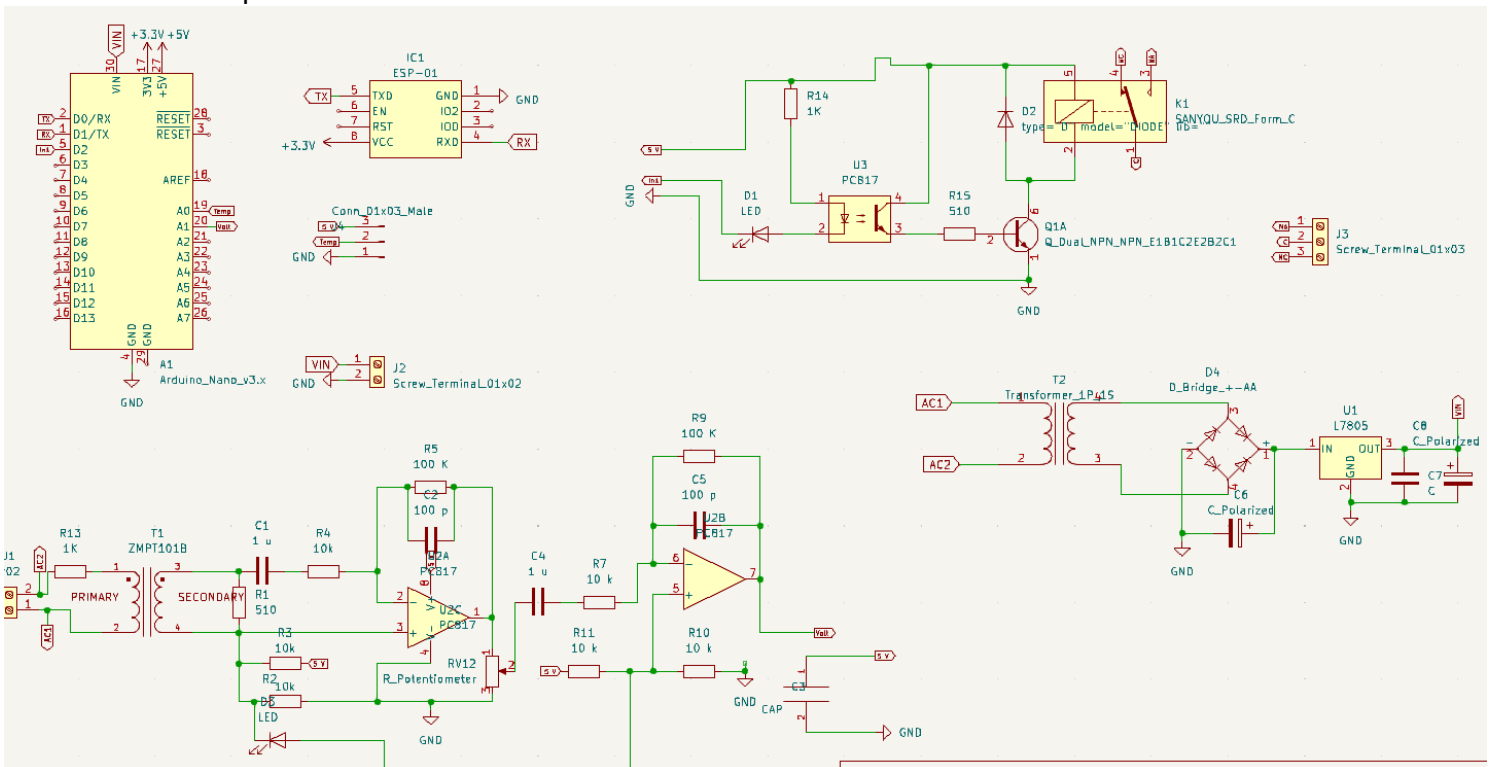


Ilustración 4 Circuito electrónico Fuente: Autor

3.3 DISEÑO DE PCB (PRINTED CIRCUIT BOARD)

En la aplicación Kicad se diseñó la placa de circuito impreso, teniendo en cuenta varias recomendaciones vistas durante la materia. La PCB fue diseñada de ambas capas para un mejor manejo de las conexiones entre componentes.

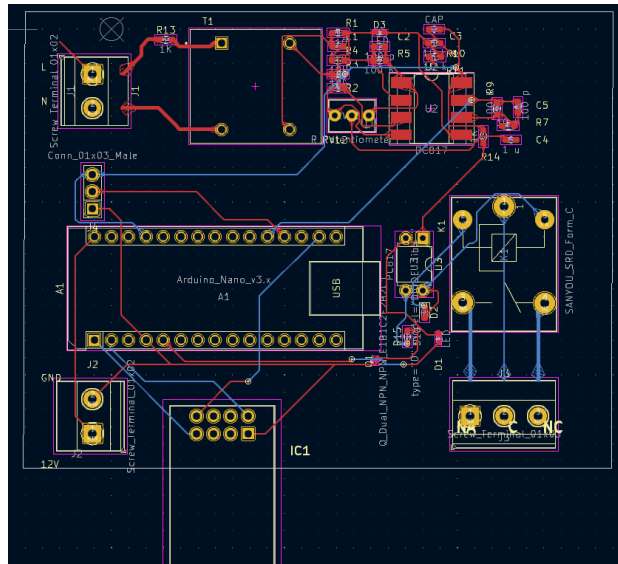


Ilustración 5 Layout de Circuito Fuente: Autor

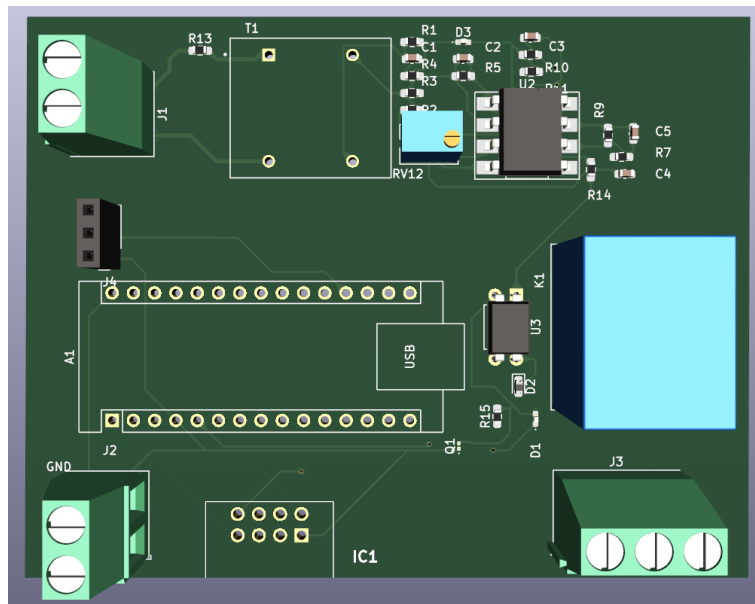


Ilustración 6 Diseño 3D de PCB Fuente: Autor

3.4 PRUEBA DE PROTOTIPO

Se realizaron las pruebas de conexiones con la baquelita, verificando la alimentación del circuito en sus diferentes etapas.

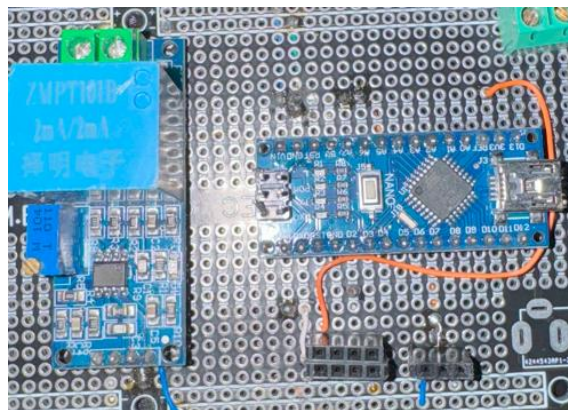


Ilustración 7 Prototipo de Placa PCB Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1 PRUEBAS DE INTEGRACIÓN DE DISPOSITIVO

Para la finalización del dispositivo con las correcciones encontradas durante la etapa de prototipo, posteriormente se realizaron las siguientes pruebas:

4.1.1 PRUEBA DE CONTINUIDAD

Se validó la continuidad entre cada una de las entradas y salidas del microcontrolador, amplificador y sensores, verificando que no exista ningún tipo de error en la lectura de los datos o conexiones erróneas dentro del circuito.

Se utilizó un multímetro para verificar si cada uno de los pines realizados en los diagramas continuaba a través de la pista a su conexión final, en el que se verificó que las entradas y salidas del microcontrolador llegaban a los diferentes sensores y componentes.

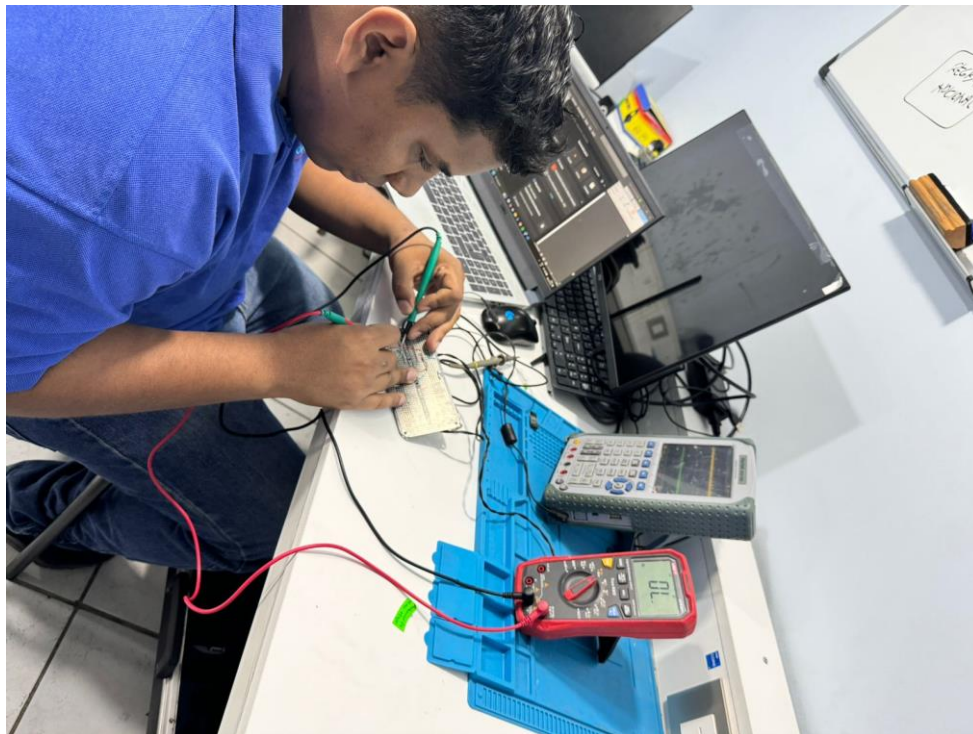


Ilustración 8 Pruebas de continuidad Fuente: Autor

En esta prueba se encontró un cortocircuito en la parte de la alimentación, el cual fue resuelto en la siguiente etapa.

4.1.2 VALIDACIÓN VISUAL

Se verifica que la soldadura de los componentes no dejó ningún tipo de conexiones no deseadas entre los diferentes pines del circuito electrónico, comprobación de estado físico de las pistas y vías, comprobación de acabado.

En esta inspección se detectó un cortocircuito en la alimentación del microcontrolador, no se dañaron los componentes y los mismos funcionaron perfectamente en las siguientes pruebas.

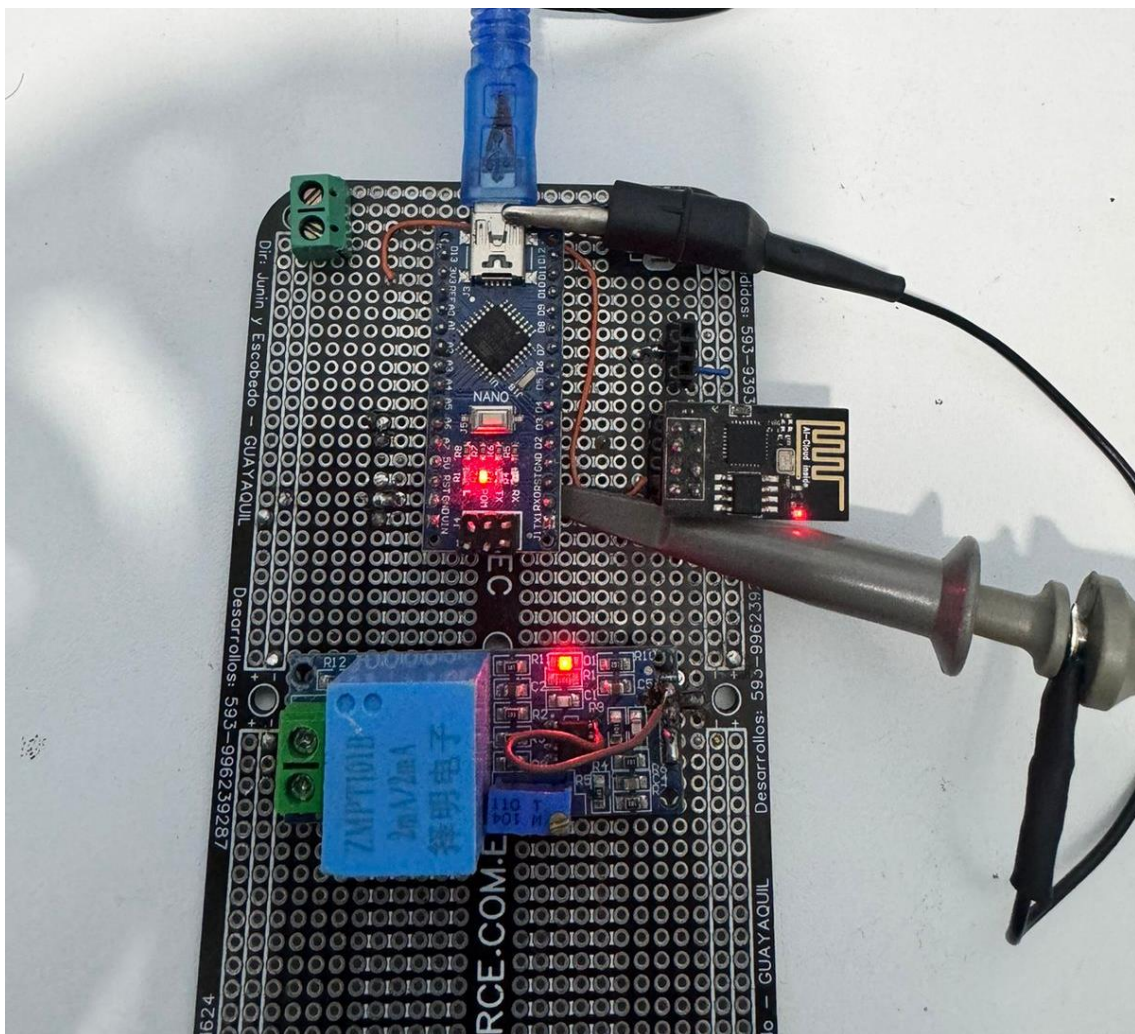


Ilustración 9 Verificación visual Fuente: Autor

4.1.3 PRUEBA DE FUNCIONES

Se procedió a introducir las señales de adquisición en las entradas analógicas del microcontrolador para poder verificar si cada una de estas continuaban por cada una de las etapas del circuito y verificando la amplificación de la señal.

La PCB cumple con cada una de las funciones que se le establecieron y programaron, en donde no se detectaron daños que pueden afectar al circuito o al dispositivo médico, demostrando una alta fiabilidad y confiabilidad en su modo operando.

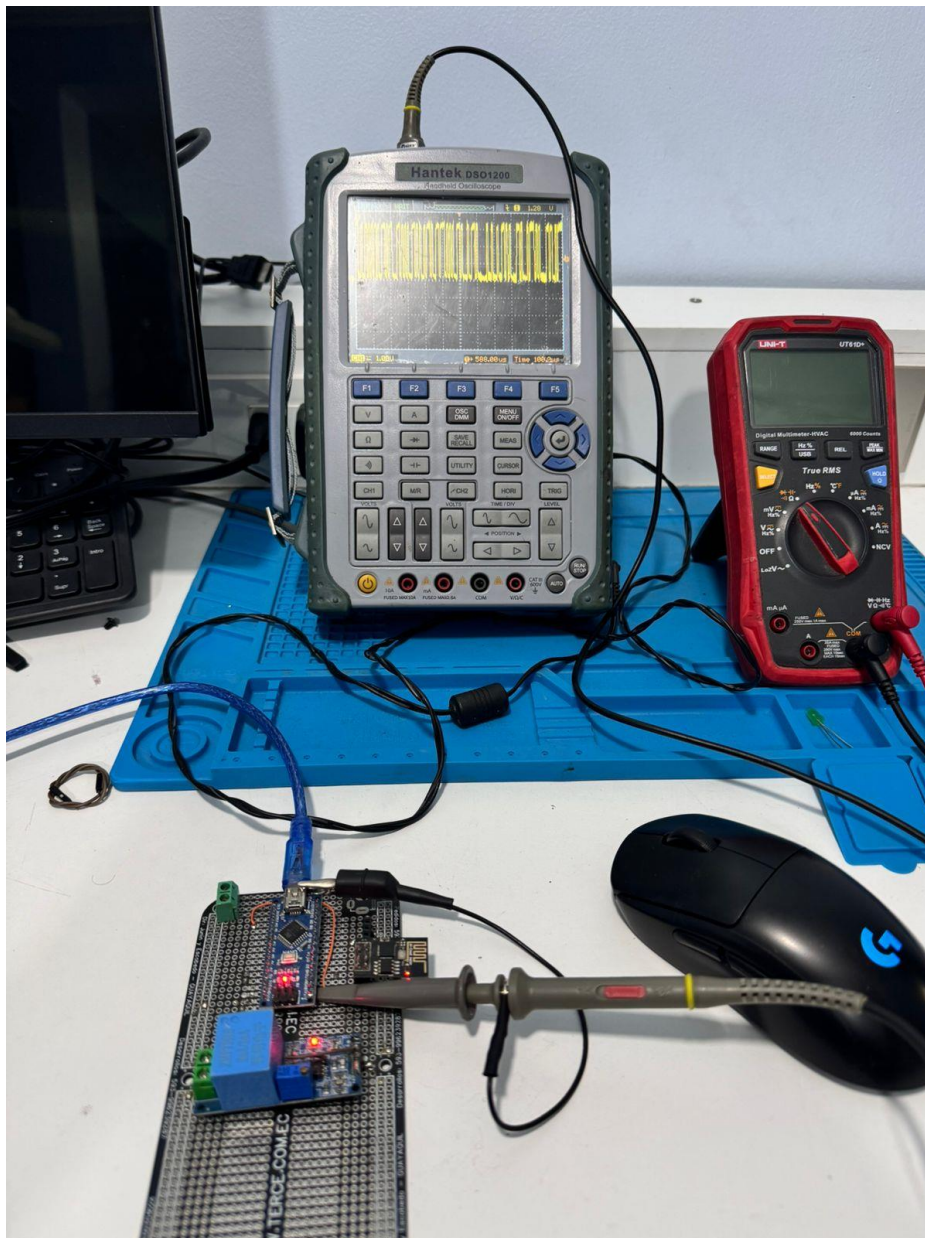


Ilustración 10 Prueba de Funciones Fuente: Autor

4.2 PRUEBA DE MONITORIZACIÓN

Para esta prueba se verificó que cada uno de los valores medidos a través del circuito electrónico, llegue con total claridad a la plataforma de visualización, se comprobó el almacenamiento de cada uno de los valores ingresados.

La adquisición y transmisión de los datos está programada para realizarse cada 10 ms con el fin de tener en constante monitoreo el equipo de Rayos X.



Ilustración 11 Plataforma de monitorización Fuente: Autor

5. CONCLUSIONES

El dispositivo de monitorización adquiere la señal de cada uno de los sensores instalados adquieren señales claras y comprensibles, estos son observados de manera eficiente a través de bloques dedicados que muestran valores medidos en tiempo real.

El diseño circuito eléctrico se elaboró teniendo en cuenta las protecciones, garantizando la seguridad y fiabilidad del dispositivo. La utilización de un software para el diseño del circuito es de total ayuda para poder realizar el prototipo de manera más eficiente y comprensible, ayudando a optimizar recursos.

Cada uno de los componentes electrónicos adquiridos se encuentran localmente y a un precio accesible, esto ayuda a minimizar los tiempos de desarrollo. De tal manera que el proyecto sea técnicamente compatible y fácilmente replicable para su futura comercialización.

El dispositivo de monitorización ha cumplido con los objetivos planteados, pudiendo obtener parámetros ambientales como son la humedad, la temperatura y parámetros eléctricos como el voltaje. Teniendo resultados completamente efectivos y precisos que pueden ser utilizados para la monitorización del medio ambiental en el que se encuentre el dispositivo médico.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda incluir un circuito para medir la corriente del filamento que circula en cada una de las exposiciones realizadas en el equipo, de esta manera se podrá tener más información sobre el estado de los componentes del equipo.

Se recomienda utilizar versiones actualizadas del software para la programación de los microcontroladores, debido a la incompatibilidad con los diferentes componentes.

Comprar las licencias pertinentes para utilizar las plataformas de monitorización para obtener una mayor cantidad de espacio para el almacenamiento de los datos.

Implementar un circuito de alimentación de baterías en caso de que no exista energía debido a apagones se pueda seguir enviando la información, y así tener un registro del voltaje de la red eléctrica.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Campoverde, «Red Hat Documentation,» Red Hat, Inc., 20 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>. [Último acceso: 24 Junio 2024].
- [2] R.G. Areny, «Entrada y salida de sensores,» de *SENSORES: Funcionamiento y características*, España, Marcombo, 2018, p. 33.
- [3] J. Peris, «Service Management Institute,» 25 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://news.itsmf.es/necesidades-de-estandarizacion-en-iot/>. [Último acceso: 16 Junio 2024].
- [4] Newsroom, «Networking,» 19 Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://network-king.net/es/las-10-mejores-herramientas-de-supervision-de-redes/>. [Último acceso: 23 Octubre 2023].
- [5] R. Leira y J. Gomez, «Electrónica Analógica,» 26 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/JeffersonJosARIASHUA/9-electrnica-digital-pdf>. [Último acceso: 10 Junio 2024].