



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables**

Carrera de Ingeniería Electromecánica

**Desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo de variables
eléctricas requeridas en Sistema de Gestión Energética.**

**Trabajo de Titulación, previo a la
obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico.**

AUTOR:

Bryan Roy Castillo Yaguana

DIRECTOR:

Ing. José Fabricio Cuenca Granda, Mg. Sc

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 01 de marzo de 2024

Ing. José Fabricio Cuenca Granda, Mg. Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **DESARROLLO DE UN SISTEMA IOT PARA EL MONITOREO DE VARIABLES ELÉCTRICAS REQUERIDAS EN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA**, de la autoría del estudiante : **Bryan Roy Castillo Yaguana**, con **cédula de identidad Nro. 1106085895** , una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

Ing. José Fabricio Cuenca Granda, Mg. Sc
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Bryan Roy Castillo Yaguana** declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1106085895

Fecha: 01/03/2024

Teléfono: 0969962611

Correo electrónico: brcastilloy@unl.edu.ec

Carta de autorización por parte del autor para la consulta reproducción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo del Trabajo Titulación.

Yo, **Bryan Roy Castillo Yaguana**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación: **Desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo de variables eléctricas requeridas en Sistema de Gestión Energética**, como requisito para optar el título de: **Ingeniero Electromecánico**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para la constancia de esta autorización en la ciudad de Loja, a un día del mes de marzo del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Bryan Roy Castillo Yaguana

Cédula de identidad: 1106085895

Dirección: Ciudad Alegría

Teléfono: 0969962611

Correo electrónico: brcastilloy@unl.edu.ec

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. José Fabricio Cuenca Granda, MSc.

Dedicatoria

A mis padres, que, con amor y sacrificio, supieron motivarme moral y materialmente para culminar mis estudios, obtener un título y asegurarse una vida digna y clara en el futuro; a mis maestros, con gratitud a quienes, con su sabiduría, depositaron en mí, su apostolado.

Bryan Roy Castillo Yaguana

Agradecimiento

El presente trabajo va dirigido con una expresión de gratitud para mis Maestros, que, con nobleza y sacrificio, vertieron en mí todas sus enseñanzas. Gracias a mis padres que significan un ejemplo de superación, estabilidad familiar y la perfecta entrega de amor.

Bryan Roy Castillo Yaguana

Índice de contenidos

Portada.....	i
Autoría.....	iii
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:.....	xi
Índice de anexo:.....	xiv
1. Título	1
2. Resumen.....	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	5
4.1. Introducción a la Gestión Energética y su importancia en la eficiencia energética	5
4.1.1. Eficiencia energética	6
4.1.2. Beneficios de implementar un sistema de gestión energética.....	6
4.1.3. Internet de las cosas (IoT) y su aplicación en el ámbito energético.....	7
4.1.4. Ventajas y desafíos de utilizar IoT en la gestión energética	7
4.2. Conceptos y características principales de la IoT y su arquitectura	8
4.2.1. Introducción	8
4.2.2. Futuro de la IoT.....	9
4.2.3. Retos de la IoT	9
4.2.4. Aplicaciones del IoT en el sector energético	10
4.2.5. Arquitectura de la IoT	10
4.3. Dispositivos utilizados para la medición de la corriente y voltaje en un sistema de gestión energético.....	11
4.3.1. Fundamentos de la medición y monitorización de variables eléctricas	11
4.3.2. Instrumentos y dispositivos de medición utilizados en electricidad	12
4.3.3. Dispositivos para medir el voltaje y la corriente para un sistema IoT	12
4.3.4. Sensor de voltaje ZMPT101B.....	12

4.3.5. Sensores de corriente YHCD SCT-013.....	14
4.3.5. Componentes internos del sensor.....	15
4.3.6. Funcionamiento de un SCT-013	15
4.3.6.7. Técnicas de monitorización en tiempo real	17
4.3.7. Tecnología de comunicación para la IoT en la gestión energética	18
4.4. Protocolos de comunicación utilizados en IoT.....	19
4.4.1. Redes inalámbricas de sensores (WSN) y su aplicación en la gestión energética	19
4.5. Elementos eléctricos y electrónicos.....	20
4.5.1. Módulo ESP32	20
4.5.2. Ventilador	21
4.5.3. Gen 2 Vue.....	22
4.5.4. Medidores de energía SMART HOME ENERGY MONITOR.....	22
4.6. Distribución de corriente en una vivienda.....	23
4.6.1. Acometida eléctrica de baja tensión.....	23
4.6.2. Tablero eléctrico de distribución.....	24
4.6.3. Medición de cargas en el tablero de distribución.....	24
4.6.4. Colocación de un medidor de energía para un sistema de gestión energético	25
5. Metodología.....	26
5.1. Materiales	26
5.1.1. Materiales de oficina	26
5.1.2. Recursos humanos.....	26
5.2. Métodos	26
5.2.1. Búsqueda de información.....	27
5.2.2. Parámetros operativos y de construcción	27
5.2.3. Propuesta del diseño del sistema de monitoreo.....	28
5.2.4. Selección de los componentes para el monitoreo de las variables eléctricas.....	28
5.2.5. Lugares donde se puede realizar el monitoreo	28
5.2.6. Procedimiento y selección de los componentes	28
5.2.7. Selección de tecnología y herramientas	29
6. Resultados	30
6.1. Criterios del diseñador.....	31
6.2. Sistema eléctrico y electrónico	31
6.2.1. Sensor de corriente.....	31
6.2.2. Sensor de voltaje	32

6.2.3. Microcontrolador.....	32
6.2.4. Pantalla LCD	32
6.2.5. Fuente de poder de corriente alterna / corriente continua	33
6.2.6. Placa de montaje	33
6.2.7. Ventilador de corriente DC de 5 V	33
6.2.8. Interfaz de comunicación (Ubidots).....	33
6.2.9. Conectores	34
6.3. Construcción del prototipo	34
6.3.1. Armado de circuito en placa de pruebas	34
6.3.2. Diseño de la carcasa	35
6.3.3. Montaje de los componentes	35
6.4. Calibración del equipo.....	42
6.4.1. Calibración del sensor de voltaje.	42
6.4.2. Calibración sensores de corriente.....	44
6.4.3. Elaboración del código.....	48
6.4.4. Cargar el código	49
6.4.5. Colocación del dispositivo	54
6.4.6. Conexión con la interfaz de usuario.....	57
6.5. Comparación de las medidas del dispositivo.....	63
7. Discusión	73
8. Conclusiones.	74
9. Recomendaciones	75
10. Bibliografía	76
11. Anexos	78

Índice de tablas:

Tabla 1. Futuro de la IoT.....	9
Tabla 2. Instrumentos de mediciones de variables eléctricas.....	12
Tabla 3. Especificaciones técnicas del sensor de voltaje	14
Tabla 4. Especificaciones técnicas del sensor de corriente	17
Tabla 5. Parámetros técnicos del sensor YHDC SCT-013.....	17
Tabla 6. Sensores de corriente.....	31
Tabla 7. Mediciones de corriente.	45
Tabla 8. Tabla de corriente corregida.....	46
Tabla 9. Pruebas del sensor de 50 A con diferentes dispositivos.....	81
Tabla 10. Promedios de pruebas del sensor de 50 A con diferentes dispositivos.	81
Tabla 11. Datos de prueba del dispositivo SENVIOT en acción.	83
Tabla 12. Datos de prueba del sensor de 50 A del dispositivo SENVIOT y Meter en tiempo real, conectados en la entrada del tablero de la casa.	85

Índice de figuras:

Figura 1. Ventajas y desafíos de la IoT en el sector eléctrico.....	8
Figura 2. Concepto de IoT.	9
Figura 3. IoT en el sector energético.....	10
Figura 4. Diagrama de un sistema IoT para hogares.....	11
Figura 5. Sensor de voltaje.....	13
Figura 6. Sensores SCT-013.	14
Figura 7. Estructura electrónica del sensor de corriente	15
Figura 8. Interior de un sensor SCT-013.....	15
Figura 9. Técnica de monitorización.....	18
Figura 10. Placa ESP-32.	20
Figura 11. Ventilador de corriente continua.	22
Figura 12. SMART HOMA ENERGY MONITOR.	23
Figura 13. Esquema de una acometida eléctrica.	23
Figura 14. Tablero eléctrico.	24
Figura 15. Medición de corriente y voltaje a un tablero de distribución	24
Figura 16. Instalación de un equipo de monitoreo.....	25
Figura 17. Flujograma para el desarrollo del presente trabajo.....	27
Figura 18. Diagrama de conexión del sensor YHDC SCT-013.....	32
Figura 19. Diagrama de conexión del sensor ZMPT101B.....	32
Figura 20. Diagrama de conexión de la pantalla LCD.....	33
Figura 21. Armado del circuito en el protoboard.....	35
Figura 22. Carcasa del prototipo.	35
Figura 23. Montaje de la pantalla LCD.....	36
Figura 24. Ventilador de corriente continua de 5V	36
Figura 25. Conector hembra de CA	37
Figura 26. Placa para el montaje de los componentes	37
Figura 27. Sensor de voltaje ZMPT101B	38
Figura 28. Fuente de poder de DC.	38
Figura 29. Conectores Jack mono hembras.....	39
Figura 30. Conexiones del circuito	40
Figura 31. Encendido del prototipo.....	40
Figura 32. Armado del prototipo.....	41

Figura 33. Producto final.....	41
Figura 34. Pruebas de lecturas del sensor de voltaje antes de calibración.....	42
Figura 35. Calibrando sensor de voltaje del SENVIOT.....	43
Figura 36. Valores iniciales de entrada del código para calibración de la ESP32.....	44
Figura 37. Pruebas del sensor de corriente de 50 A, antes de calibración.....	44
Figura 38. Curvas de calibración de corriente del equipo.....	47
Figura 39. Prueba de medición en cafetera con dispositivo SENVIOT ya calibrado.....	47
Figura 40. Código del prototipo.....	49
Figura 41. Configuración de la red wi-fi y contraseña.....	50
Figura 42. Conexión Wifi.....	51
Figura 43: Registro en la página web Ubidots.....	51
Figura 44: Registro y creación de cuenta en la plataforma Ubidots.....	52
Figura 45: Ventana de inicial de usuario Ubidots.....	53
Figura 46: Ventana de verificación de clave y tokens en Ubidots.....	53
Figura 47: Agregar TOKEN en el código.....	53
Figura 48. Ubicación del dispositivo.....	54
Figura 49. Montaje de los cables en los sensores.....	56
Figura 50. Comparación de la lectura de datos.....	57
Figura 51. Ventana principal de usuario Ubidots.....	58
Figura 52. Agregar panel de control Ubidots.....	58
Figura 53. Agregar dispositivos Ubidots.....	59
Figura 54. Crear dispositivos Ubidots.....	59
Figura 55. Crear dispositivos en blanco Ubidots.....	60
Figura 56. Agregando nombre de dispositivos en blanco Ubidots.....	60
Figura 57. Dispositivo agregado Ubidots.....	61
Figura 58. Agregar variables en dispositivo SENVIOT.....	61
Figura 59. Variable agregada en dispositivo Ubidots.....	62
Figura 60. Variables sensadas por el dispositivo SENVIOT.....	62
Figura 61. Código API de la variable sensor 2 del SENVIOT en plataforma Ubidots.....	63
Figura 62. Parte del código de comunicación entre sensores y variables mediante el código API.....	63
Figura 63. Corriente de consumo graficados en Matlab.....	64
Figura 64. Voltaje de consumo graficados en Matlab.....	65
Figura 65. Potencia consumida del dispositivo SENVIOT medida y comparada con meter.....	65

Figura 66. Prueba general de los dispositivos.....	66
Figura 67. Gráfica en Matlab de corriente consumida en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.	67
Figura 68. Gráfica en Ubidots de corriente consumida en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.	68
Figura 69. Gráfica en Matlab de voltaje consumido en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.	68
Figura 70. Gráfica en Ubidots de voltaje consumido en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.	69
Figura 71. Gráfica en Matlab de potencia consumida en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.	70
Figura 72. Gráfica en Plataforma Ubidots de potencia consumida en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.....	70
Figura 73. Gráfica en Matlab de Energía consumida en casa Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 31 minutos.	71
Figura 74. Imagen de los dispositivos conectados y midiendo datos en tiempo real.....	71

Índice de anexo:

Anexo 1: Medidas de la caja.....	78
Anexo 2: Display alfanumérico 20x4 (LCD).....	79
Anexo 3. Planos eléctricos	80
Anexo 4. Calibración de Lecturas de Dispositivo SENVIOT.....	81
Anexo 5. Instalación de los dispositivos.....	82
Anexo 6. Mediciones realizadas a la ducha.	83
Anexo 7. Código de Arduino completo.	87
Anexo 8. Manual de instrucciones de Equipo SENVIOT.....	94
Anexo 9. Certificado del Abstract.....	121

1. Título

Desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo de variables eléctricas requeridas en Sistema de Gestión Energética.

2. Resumen

El presente trabajo de titulación se desarrolló con carácter experimental, con el fin de crear un sistema IoT (Internet of Things, Internet de las cosas) para el registro y visualización de variables eléctricas de baja tensión que son requeridas en la implementación de sistemas de gestión energética (SGE). El cual fue elaborado con el propósito de mejorar el consumo de energía eléctrica, con un almacenamiento de datos en la plataforma Ubidots, que facilita toma de decisiones global, envío de datos a la nube, integración con otras plataformas y mapas en tiempo real. Se realizaron pruebas en una vivienda, registrando patrones de consumo eléctrico.

Se diseñó la arquitectura IoT en el programa Arduino IDE, para la recolección y transferencia de datos sobre el uso de la energía para obtener datos precisos y seleccionando equipos de medición como el sensor ZMPT101B permite medir voltaje en corriente alterna (AC). El sensor de corriente YHCD SCT-013 no invasivos que mide la intensidad de corriente sin interrumpir el circuito eléctrico, útil en aplicaciones de control y monitoreo energético. El microcontrolador ESP32 WROOM-32D, permite la comunicación Wifi, y conexiones TCP/IP, para una gran variedad de usos, todos estos componentes se encuentran instalados en una caja de acrílico blanco.

***Palabras claves:** Medidores de energía, sistemas de gestión energética, arquitectura IoT, eficiencia energética, consumo eléctrico.*

2.1. Abstract

This graduation project was carried out in an experimental context with the aim of creating an IoT (Internet of Things) system for recording and visualizing low-voltage electrical variables necessary for the implementation of energy management systems (EMS). The following components were employed: The ZMPT101B sensor, designed to measure alternating current (AC) voltage, utilizes a microcontroller to convert the voltage into a range from 0 V to 5 V, allowing seamless integration into electrical and electronic systems. In addition, a non-invasive YHCD SCT-13 current sensor was used for measuring current intensity without interrupting the electrical circuit, which proves valuable in control and energy monitoring applications. A 20X4 LCD screen displays the values read from the current, voltage, and power sensors. The ESP32 WROOM-32D microcontroller enables Wi-Fi communication and TCP/IP connections for a wide range of applications. All of these components are housed within a white acrylic casing.

Communication was established through the Ubidots platform, which facilitates global decision-making, data transmission to the cloud, integration with other platforms, and realtime mapping. Tests were conducted in a residence, capturing electrical consumption patterns. The prototype was installed in the distribution board to monitor current and voltage, calculating power in 5-minute intervals for each connected device. This prototype proves to be invaluable for identifying consumption patterns, creating indicators, and monitoring lowvoltage electrical installations in real-time.

Keywords: *Energy meters, energy management systems, IoT architecture for electrical variable measurement, energy efficiency, electrical consumption.*

3. Introducción

El consumo energético desempeña un papel esencial en la vida cotidiana, dando lugar a crecientes demandas impulsadas por patrones de consumo inapropiados en los hogares. En este contexto, la gestión energética emerge como un pilar fundamental en la era actual, enfrentando desafíos energéticos críticos y promoviendo la sostenibilidad. La importancia radica en la optimización de recursos y la reducción de costos, al tiempo que se aborda la creciente demanda y la preocupación por el impacto ambiental. Con el agotamiento de recursos tradicionales y el cambio climático, la implementación efectiva de sistemas de gestión energética se convierte en imperativa. Estos sistemas ofrecen un enfoque sistemático para planificar, monitorear y mejorar continuamente las prácticas energéticas, garantizando no solo eficiencia económica, sino también un compromiso activo con la responsabilidad ambiental. En un contexto global de escasez de recursos y conciencia ambiental, la gestión energética se establece como una herramienta esencial para las organizaciones que aspiran a un futuro sostenible.

Este proyecto se enfoca en desarrollar un prototipo que haga uso de un sistema telemétrico basado en el Internet de las Cosas (IoT), con el fin de registrar y supervisar el consumo energético en las viviendas. Mediante la integración de sensores de corriente eléctrica, los usuarios tendrán acceso en tiempo real a información concerniente a su consumo de electricidad. Tal acceso informado capacitará a los usuarios para tomar decisiones conscientes y adoptar medidas que optimicen su consumo energético, incentivando un uso más eficiente de la energía en sus hogares.

En la sección dedicada al hardware, se pueden explorar las ventajas y desventajas de los sistemas empleados en la gestión energética, tanto aquellos que administran diversos procesos como los especializados en tareas específicas.

El diseño del prototipo requería una definición precisa de los procesos operativos, facilitando la selección de cada uno de los componentes del sistema.

La ejecución del diseño y construcción del prototipo se orientó en función de los objetivos establecidos previamente.

4. Marco teórico

4.1. Introducción a la Gestión Energética y su importancia en la eficiencia energética

La eficiencia energética es el conjunto de acciones que buscan la optimización del consumo energético con el fin de lograr una mayor eficiencia y rentabilidad sin que eso implique una merma en las prestaciones.

La gestión energética, en el contexto organizacional, representa un enfoque estratégico para supervisar y mejorar el consumo de energía, con el objetivo de lograr eficiencia y sostenibilidad. Según la norma ISO 50001:2018, la gestión energética se define como un proceso sistemático para lograr mejoras continuas en el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia, el uso y el consumo de energía.

Los objetivos centrales abarcan la optimización de recursos, la reducción de costos operativos y la minimización del impacto ambiental. Al establecer políticas y metas energéticas, las organizaciones buscan alinear sus operaciones con prácticas sostenibles y normativas vigentes.

La eficiencia energética se basa en los principales objetivos de la norma ISO 50001 que son:

- Colaborar con las organizaciones en la determinación de las formas más apropiadas de uso y consumo de energía.
- Crear una comunicación fácil y transparente con respecto a la generación de los recursos energéticos.
- Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar los beneficios con la aplicación de la gestión energética.
- Apoyar la evolución y priorización de la implementación de nuevas tecnologías más eficientes en cuanto a la utilización de la energía.
- Establecer un escenario para la promoción de la eficiencia energética a través de la cadena de suministros.
- Favorecer la mejora de la gestión de la energía en conjunto con proyectos de reducción de gases de efecto invernadero.
- Permitir la integración con otros sistemas de gestión organizacionales, como el de calidad, medioambiental, salud y seguridad.

Por los beneficios que presenta se puede realizar proyectos innovadores y utilizar herramientas puntuales como es el servidor de la nube.

4.1.1. Eficiencia energética

La eficiencia energética se refiere a la reducción de energía eléctrica incorporando nuevas tecnologías, sustituyendo equipos existentes por unidades de alta eficiencia (Michel de Laira, 2017), o implementando un sistema de monitoreo de variables eléctricas y poder mejorar el Sistema de Gestión Energético.

Para una gran parte de la población, las estrategias destinadas a reducir el consumo de energía y la potencia instalada se centran principalmente en consideraciones térmicas durante la construcción de edificios. Estas soluciones abordan cuestiones como la prevención de pérdidas de calor mediante prácticas como el aislamiento, oscurecimiento y espejado de vidrios, así como la elección de colores y texturas superficiales, entre otras. Otros enfoques se centran específicamente en la iluminación, generalmente limitándose a la implementación de sistemas de bajo consumo, que se define como eficiencia energética pasiva y busca mitigar las pérdidas de energía en lugar de gestionar de manera racional o controlar el uso de la energía.

La Eficiencia Energética Activa se logra no solo al aplicar medidas de ahorro de energía a los equipos y dispositivos instalados, sino también al controlar su uso para ajustarse a la cantidad necesaria de energía. Es en este aspecto del control donde se identifica el punto crítico para alcanzar la máxima eficiencia. (Milito, 2019).

4.1.2. Beneficios de implementar un sistema de gestión energética

La Gestión Energética tiene muchos beneficios y se pueden enumerar los siguientes:

- Mejorar la cultura energética.
- Uso de la energía de forma más eficiente.
- Innovación tecnológica en eficiencia energética.
- Informe del costo de energía.
- El sistema de gestión trabaja en tiempo real.
- Lograr un ahorro económico.
- Reducir el impacto ambiental.
- Optimizar recursos.
- Se basa en ciclos de mejora continua.

El Sistema Gestión Energética (SGE), es un ciclo de mejora continua (o un ciclo de Deming), que cuenta con cuatro fases: Planificar, hacer, verificar y actuar, se analizan cuáles son las principales necesidades energéticas, y de acuerdo a las necesidades se realiza las correcciones pertinentes.

4.1.3. Internet de las cosas (IoT) y su aplicación en el ámbito energético

La IoT introduce un cambio radical en la calidad de vida de las personas, ofrece una gran cantidad de nuevas oportunidades de acceso de datos, servicios específicos en la educación, en seguridad, en sistemas de gestión energética, asistencia sanitaria o en el transporte (Mohammadi & Aledhari, 2015).

La IoT tiene una aplicación importante en la gestión energética, dando datos precisos sobre el consumo de energía y potencia (SALAZAR, 2015).

4.1.4. Ventajas y desafíos de utilizar IoT en la gestión energética

La IoT presenta 4 ventajas principales en la gestión energética, a las cuales se las enumera a continuación:

- 1.1.Transformación digital (TIC).
- 2.1.Eficiencia operativa del sector.
- 3.1. Automatización de la red.
- 4.1.Transformación de la experiencia del usuario a través del empoderamiento de su consumo energético.

En la **Figura 1**, se muestra las ventajas y los desafíos de la IoT en la gestión energética

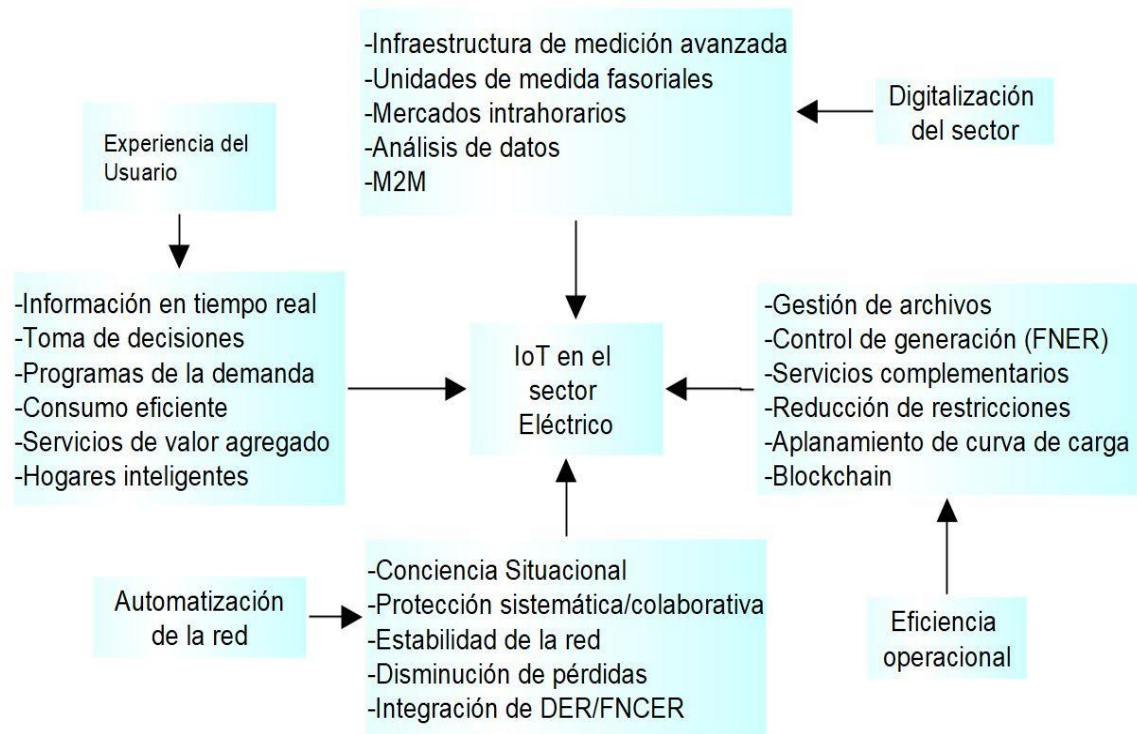


Figura 1. Ventajas y desafíos de la IoT en el sector eléctrico.
Fuente. (Ochoa et al., 2016).

4.2. Conceptos y características principales de la IoT y su arquitectura

4.2.1. Introducción

La internet de las cosas (IoT) es una combinación de sensores y actuadores que recopilan, procesan y transmiten información digitalizada a través de redes bidireccionales. Estos dispositivos se utilizan en una variedad de servicios y son accesibles para diferentes usuarios. En la **Figura 2**, se muestra un concepto de la IoT.



Figura 2. Concepto de IoT.
Fuente. (Mohammadi & Aledhari, 2015).

4.2.2. Futuro de la IoT

En los próximos años, se perfilan cuatro macrotendencias distintas que marcarán el rumbo de la tecnología del internet. Estas tendencias están presentadas en la **Tabla 1**, la cual detalla las macrotendencias que moldearán el futuro de la IoT.

Tabla 1. Futuro de la IoT.

IoT		
Exaflood	Repensar la arquitectura de las redes por el crecimiento exponencial del tráfico de datos.	Crecimiento exponencial de datos de internet.
Energía	Necesaria para hacer funcionar los dispositivos inteligentes.	Tendrá que generar su propia energía.
Miniaturización	El transistor nanométrico de un solo electrón está cada vez más cerca.	Nuevos descubrimientos en la física moderna.
Recursos	Con la creciente complejidad de los sistemas, se dificultará la creación de nuevos servicios y aplicaciones.	Si muestran auto propiedades, como la autogestión la autorrecuperación y autoconfiguración.

Fuente. (Mohammadi & Aledhari, 2015).

4.2.3. Retos de la IoT

La IoT tiene que hacer frente a muchos retos, permitir a los proveedores de servicios y a los programadores de aplicaciones implantar sus servicios de manera eficiente (Guizani, 2015). A continuación, se describen los principales retos de la IoT.

- Rendimiento: Calidad percibida por el usuario en una red de telefonía o de ordenadores.

- Gestión: Desafíos para los proveedores al gestionar fallos, configuración, rendimiento y seguridad de millones de dispositivos conectados.
- Barreras: Especialmente en normativas, seguridad y protección.
- Privacidad y seguridad: Necesidad de una solución técnica sólida para garantizar la privacidad de los clientes.

4.2.4. Aplicaciones del IoT en el sector energético

Otro de los sectores que se ha beneficiado por la IoT es el sector energético por el avance de la tecnología que se ha desarrollado en los últimos años. La IoT permite recolectar una gran cantidad de datos, los cuales se pueden aprovechar en beneficio de los usuarios.

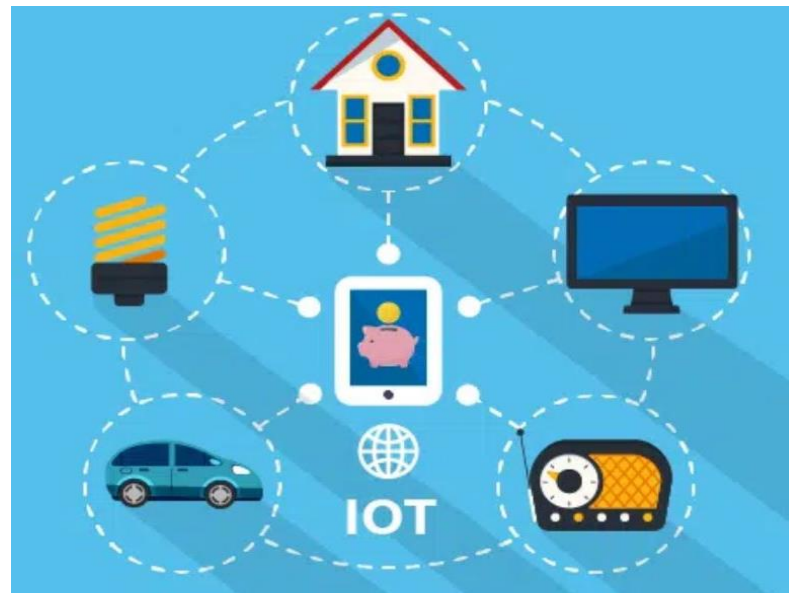


Figura 3. IoT en el sector energético.

Fuente. (Ochoa et al., 2016).

Según (Ochoa et al., 2016), durante la última década el sector eléctrico ha implementado elementos de la IoT en sus diferentes procesos; sin embargo, los desarrollos obedecen a soluciones aisladas sin una visión sistemática.

De acuerdo con el Heat Map del IoT, tiene grandes oportunidades en la gestión energética, lo que permitirá el monitoreo de sistemas de iluminación, aire acondicionado y ventilación; como también las mediciones de consumo de energía eléctrica.

4.2.5. Arquitectura de la IoT

La arquitectura de un sistema de IoT para hogares inteligentes se reduce a los siguientes componentes:

- Sensores y actuadores: Reciben las señales y ejecutan comandos en el hogar.
- Cliente de control remoto: Puede ser desde un navegador web o una aplicación celular.
- Servicio de la nube o base de datos: Es el intermediario entre el usuario y los sensores y/o actuadores.

En la **Figura 4**, se explica de manera sencilla el funcionamiento del sistema IoT.

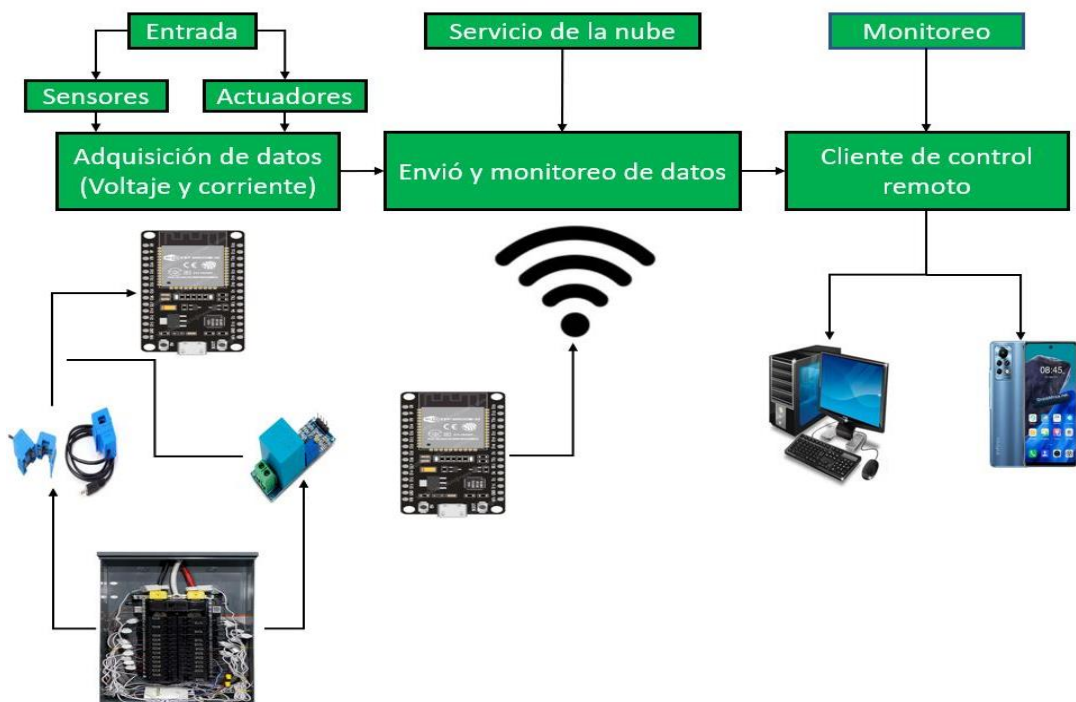


Figura 4. Diagrama de un sistema IoT para hogares

4.3. Dispositivos utilizados para la medición de la corriente y voltaje en un sistema de gestión energético.

4.3.1. Fundamentos de la medición y monitorización de variables eléctricas

En electricidad siempre es necesario medir las distintas variables eléctricas, para lo cual existen algunos instrumentos de medición, que permiten medir el voltaje, la intensidad de corriente, la potencia o algunas otras variables eléctricas.

A las mediciones eléctricas, se las puede realizar de dos formas:

- Medición directa: Es aquella que se realiza usando un instrumento destinado a medir esa magnitud.

- Medición indirecta: Es aquella que se calcula el valor de la medida mediante una fórmula.

En el mercado existen algunos instrumentos de medida de variables eléctricas, los mismos que se pueden clasificar en: electromecánicos, electrónicos y una combinación entre ellos.

4.3.2. Instrumentos y dispositivos de medición utilizados en electricidad

Los instrumentos más utilizados en electricidad para medir las diferentes variables que pueden ser registradas y medidas se presentan en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Instrumentos de mediciones de variables eléctricas.

Magnitud	Unidad de medida	Instrumento de medición
Tensión o voltaje	Volt (V)	Voltímetro
Intensidad de corriente	Amper (A)	Amperímetro o pinzas
Resistencia	Ohm (Ω)	Óhmetro
Capacitancia	Faradio (F)	Multímetro
Inductancia	Henrio (H)	Multímetro
Potencia activa	Watts (W)	Vatímetros
Potencia reactiva	Volt Amper Reactivo (VAR)	Multimedidor o medición Indirecta
Potencia aparente	Volt Amper (VA)	Multimedidor o medición indirecta
Frecuencia	Hertz (Hz)	Multímetro o frecuencímetro

4.3.3. Dispositivos para medir el voltaje y la corriente para un sistema IoT

Los dispositivos que se emplean para medir voltaje y corriente son los sensores ZMPT101B que mide voltaje y el sensor YHCD SCT-013-000 que mide la corriente.

4.3.4. Sensor de voltaje ZMPT101B

El sensor ZMPT101B permite medir el voltaje en corriente alterna (AC), como el que se tiene en los hogares, este voltaje no puede ser medido directamente por el ADC (Analog to Digital Converter) de un microcontrolador, por estar fuera del rango estándar de estos, que va desde 0 V hasta 5 V como máximo. El módulo da solución a este problema permitiendo reducir el voltaje AC a un voltaje menor que puede ser leído por cualquier microcontrolador.

El módulo ZMPT101B contiene un transformador que tiene la función de aislamiento galvánico para una mayor seguridad en su uso. En la parte primaria del transformador se lo conecta al voltaje alterno que se desea medir, y en el lado secundario del transformador contiene un divisor de tensión y adicionalmente un circuito con amplificador operacional (OPAMO LM358) que permite un desplazamiento (offset) en la salida análoga.

Puede soportar voltajes de entrada de hasta 250 VAC y poder entregar una onda senoidal de amplitud regulable por un potenciómetro en placa. La onda senoidal que se produce a la salida se desplaza positivamente y no presenta voltajes negativos y poder leer la onda completamente con el ADC. El desplazamiento depende del voltaje con el que está alimentado el módulo:

- Si el voltaje de alimentación es de 5V el desplazamiento será de 2.5V
- Si se alimenta el módulo con 3.3V el desplazamiento será de 1.65V

El circuito de acondicionamiento de señal, permite que el voltaje de salida del módulo pueda ser leído por cualquier microcontrolador con entrada analógica (ADC), lo que accede leer el voltaje instantáneo y realizar los cálculos de energía, como el voltaje pico a pico (V_{pp}) y el voltaje eficaz (V_{rms}).

El sensor ZMPT101B es utilizado en monitoreo de la corriente eléctrica, aplicaciones de domótica e IoT (Internet de las cosas). Medidores de energía conectados a internet mediante Wifi/Bluetooth/GSM/LoRa. Solo puede medir voltaje en corriente alterna. En la **Figura 5**, se muestra un sensor ZMPT101B.

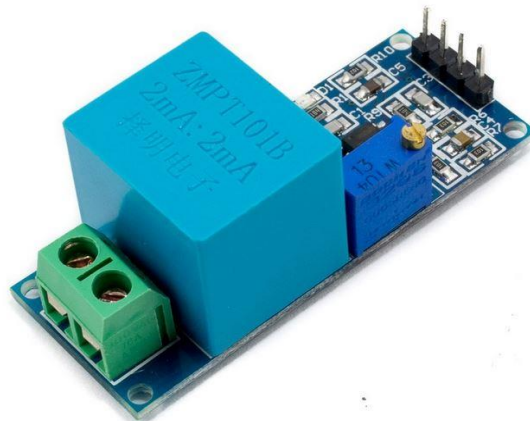


Figura 5. Sensor de voltaje.

Fuente. (Cevallos, 2020)

Las especificaciones técnicas del sensor ZMPT101B de voltaje, se presentan en la **Tabla**

3.

Tabla 3. Especificaciones técnicas del sensor de voltaje

Sensor de voltaje ZMPT101B	
Especificaciones técnicas	Valores
Voltaje de alimentación	3.3-5V DC
Voltaje alterno de entrada	250V máx.
Señal de salida	Analógica senoidal
Dimensiones	5x2x2.4 cm
Diferencia de fase	<30° (a 50Ω)
Rango lineal	0-3 mA
Linealidad	1%
Precisión	0.2%
Aislamiento eléctrico	3000 V máx.

Fuente. (Electronilab)

4.3.5. Sensores de corriente YHCD SCT-013

Son sensores de corriente no invasivos que permiten medir la intensidad que atraviesa un conductor sin tener la necesidad de cortar o modificar el conductor, los cuales pueden ser usados en un procesador como Arduino y poder medir la intensidad o potencia consumida por una carga.

Los sensores SCT-013 son transformadores de corriente, y las mediciones las realiza por inducción electromagnética, estos cuentan con un núcleo ferromagnético partido, el cual permite abrirlo y enrollar un conductor de una instalación eléctrica sin necesidad de cortarlo, en la **Figura 6**, se muestran los sensores SCT-013.



Figura 6. Sensores SCT-013.

Fuente. Ingeniería informática y diseño.

4.3.5. Componentes internos del sensor

En la **Figura 7**, se muestra la flecha que da la dirección de la corriente que sale del sensor SCT-013, al microcontrolador.

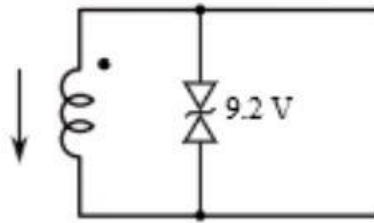


Figura 7. Estructura electrónica del sensor de corriente
Fuente. (Cevallos, 2020).

4.3.6. Funcionamiento de un SCT-013

El funcionamiento es similar a un transformador de corriente, ya que tiene el mismo principio de funcionamiento, sin embargo, tienen aplicaciones diferentes, en la **Figura 8**, se muestra la parte interior del sensor.

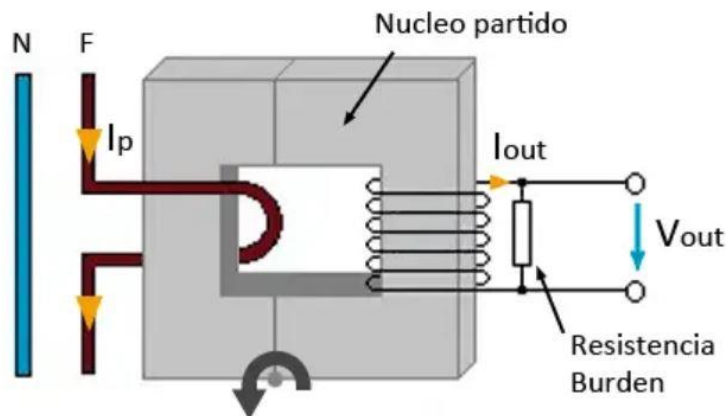


Figura 8. Interior de un sensor SCT-013.
Fuente. (Mohammadi & Aledhari, 2015).

4.3.6.1. Esquema de montaje

Para poder entender las conexiones de los sensores SCT-013 se tiene que entender tres problemáticas:

- Salida de sensores en intensidad.
- Adaptación de rango de tensión.

- Tensiones positivas y negativas.

4.3.6.2. Salidas de sensores en intensidad

El SCT-013 son transformadores de intensidad, es decir, las mediciones se obtienen como una señal de intensidad que es proporcional a la corriente que circula por el cable, pero los procesadores solo miden tensiones, para resolver este problema y poder convertir la intensidad en una salida de tensión, únicamente se introduce una resistencia burden, excepto los modelos SCT-013 000, todos los demás modelos tienen una resistencia burden interna para que la salida sea una señal de tensión de 1 V.

Únicamente en el caso del SCT-013 000, carece de resistencia burden interna, por lo que la salida es una señal de ± 5 mA, una resistencia de 33Ω en paralelo con el sensor será suficiente.

4.3.6.3. Tensiones positivas y negativas

Otro problema que se presenta es que se está midiendo corriente alterna, y la intensidad inducida en el secundario es igual alterna, sin embargo, como se sabe, las entradas analógicas de la mayoría de procesadores, solo puede medir tensiones positivas, para poder medir las tensiones de la salida del transformador se tiene varias opciones, de peor a mejor:

- Rectificador de señal mediante un puente de diodos, y medir la onda como valores positivos.
- Añadir un Offset en DC mediante el uso de dos resistencias y un condensador que proporcione un punto medio entre GND y Vcc.
- Añadir un ADC con entrada diferencial, que permite realizar mediciones de tensiones positivas y negativas, como el ADS1115.

4.3.6.4. Adaptación de rango de tensión

Otro problema es que se debe adaptar el rango de tensiones en la salida del sensor, la ESP32 solo puede realizar mediciones entre 0 y Vcc, además, cuanto más pequeño sea el rango, más precisión se pierde, por lo que conviene ajustarse a este rango. Hay que tener en cuenta que al trabajar con tensión alterna normalmente se emplean valores RMS.

4.3.6.5. Especificaciones técnicas del sensor de corriente

El sensor de corriente YHDC SCT-013, tiene las siguientes especificaciones técnicas que se detallan en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Especificaciones técnicas del sensor de corriente

SENSOR YHDC SCT-013	
Especificaciones	Valores
Entrada nominal	0-100 ^a
Salida nominal	0-50 mA
Exactitud	±1%
Linealidad	±3%
Relación de vueltas	1/1800
Phase Shift	≤180
Max. Sampling resistance	10Ω
Voltaje de trabajo	66 V
Frecuencia de trabajo	50-1kHz
Temperatura operativa	-25...+70 °C
Peso	55g

Fuente. (Electropeak, 2020)

4.3.6.6. Parámetros Técnicos

Los sensores YHDC SCT-013 son utilizados especialmente para la medición, protección y control de la corriente de motores que funcionan con corriente alterna, los equipos de iluminación, aires acondicionados, monitoreo de la corriente en los hogares, etc. En la **Tabla 5** se muestran los distintos parámetros técnicos del sensor.

Tabla 5. Parámetros técnicos del sensor YHDC SCT-013

YHDC SCT-013-XXX										
Modelo	000	005	010	015	020	025	030	050	060	000V
Corriente de entrada	0-100A	0-5 ^a	0-10A	0-15 ^a	0-20A	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	0-100A
Tipo de salida	0-5mA	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V	0-1V

Fuente. (XiDiTechnology, s. f.)

4.3.6.7. Técnicas de monitorización en tiempo real

Para el monitoreo de redes de distribución eléctrica utilizada en el internet de las cosas (IoT) se aplican las siguientes técnicas:

- Reunir información
- Actuar con la información

- Procesar información

En la **Figura 9**, se muestran las técnicas de monitorización y cada uno de los procesos que se debe realizar para poder cumplirlo.



Figura 9. Técnica de monitorización.
Fuente. (Corona, 2013).

Mediante un análisis de las instalaciones residenciales y comerciales, la IoT mejoraría la eficiencia, seguridad y confiabilidad de la distribución de la energía, permitiendo beneficiar a los proveedores de servicios eléctricos y a los clientes finales.

4.3.7. Tecnología de comunicación para la IoT en la gestión energética

Según (Kosina, 2019), para poder entender la situación actual en la que se encuentra a nivel tecnológico es necesario hablar de ciertos conceptos, explicarlos y comparar distintas herramientas para conocer cuáles nos ofrecen mejores prestaciones para la implementación de soluciones tecnológicas para la mejor eficiencia energética.

4.3.7.1. Smart Grid

Son redes eléctricas inteligentes que tienen herramientas informáticas y domóticas para conseguir una respuesta óptima a la demanda volátil de la electricidad. Responder ágilmente a las fluctuaciones de la producción y a la demanda de la energía es imposible, por ende, los sistemas inteligentes son fundamentales.

4.3.7.2. Smart Home

Son casas inteligentes en el cual se define la automatización y la conectividad en el ámbito del hogar. Permite a las personas automatizar los procesos como cerrar una persiana, encender un aire acondicionado, apagar luces y muchas cosas más, también permite una comunicación entre distintos dispositivos.

Según (Kosina, 2019), uno de los aspectos más importantes de un Smart Home es el ahorro de energía. Un hogar automatizado debe tener la capacidad de ahorrar energía para las familias y múltiples beneficios para la comunidad.

4.3.7.3. La nube

La nube es una plataforma de servicio que engloba el almacenamiento, procesamiento de datos online, Cuando se habla de la nube se habla de una herramienta que ofrecen distintas empresas a través de internet, que ofrecen almacenamiento de datos, ordenadores más potentes, una comunicación de todo tipo y una variedad de aplicaciones móviles.

4.4. Protocolos de comunicación utilizados en IoT

4.4.1. Redes inalámbricas de sensores (WSN) y su aplicación en la gestión energética

Una red de sensores inalámbrica es una red que está compuesta de nodos, sensores que intercambian datos detectados por vía inalámbrica. La WSN consiste en un número de nodos, sensores que pueden variar de unas pocas decenas hasta miles, que trabajan juntos para supervisar una región con el fin de obtener datos (Rueda & Talavera Portocarrero, 2017).

Cuando se habla de los WSN, se refiere a una red inalámbrica Ad hoc, la cual es una red de arquitectura de computación distribuida, la cual ofrece estructura, tecnología y control independiente implementado en la red y de punto a punto (Delgado, 2019).

Ubidots:

Es una plataforma de IoT, que permite a las empresas una toma de decisiones de integración de sistemas a nivel global, este portal permite enviar los datos tomados de los sensores a la nube, también se puede configurar tableros y alertar, además se puede conectar con otras plataformas, usar herramientas de analítica y arrojar mapas de datos en tiempo real.

ThingSpeak:

Es una plataforma gratuita de análisis y visualización de datos IoT. Permite visualizar y analizar datos en tiempo real, así como crear gráficas y tablas personalizadas.

Blynk:

Permite crear aplicaciones móviles personalizadas para monitorear y controlar dispositivos IoT. Ofrece una interfaz amigable para la creación de paneles de control.

Losant:

Ofrece capacidades de visualización, automatización y análisis de datos. Permite crear flujos de trabajo complejos para automatizar acciones en respuesta a los datos recopilados.

Adafruit IO:

Permite crear tableros de control personalizados para dispositivos IoT y visualización de datos en tiempo real.

Cayenne:

Ofrece la creación de paneles de control personalizados de dispositivos conectados.

Cada una de estas plataformas tienen sus propias características y ventajas, por lo que la elección dependerá de las necesidades y especificaciones específicas del usuario.

4.5. Elementos eléctricos y electrónicos

4.5.1. Módulo ESP32

Es una serie de microcontroladores diseñados por Espressif Systems, la cual empezó a sacar módulos Wifi que permitían a otros microcontroladores conectarse a redes inalámbricas y realizar conexiones TCP/IP usando comandos AT.

Las placas basadas en ESP32 funcionan con niveles lógicos de 3,3 voltios, por lo tanto, aplicar un voltaje superior a uno de los pines digitales puede dañar la placa. En la **Figura 10**, se muestra una placa del Arduino ESP32.



Figura 10. Placa ESP-32.
Fuente. (Carrillo, 2021)

El ESP32 es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía, este dispositivo cuenta con un procesador dual-core, conectividad Wifi y Bluetooth, y una amplia variedad de interfaces periféricas que lo hace adecuado para una extensa gama de aplicaciones. A continuación, se presentan los distintos tipos de módulos de la familia ESP-32.

- ESP32-WROOM-32E
- ESP32-WROOM-32UE.
- ESP32-WROOM-32D.
- ESP32-WROOM-32U
- ESP32-WROOM-32SE
- ESP32-WROOM-32
- ESP32-WROVER-E
- ESP32-WROVER-IE
- ESP32-WROVER-B
- ESP32-WROVER
- ESP32-WROVER-I
- ESP32-PICO-V3-ZERO
- ESP32-SOLO-1

4.5.2. Ventilador

El ventilador es una máquina de fluidos, o una máquina que transmite energía generando la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire en distintas partes. Los ventiladores son utilizados para la ventilación de ambientes, refrigeración de máquinas, mover gases y principalmente aire. En otras palabras, es un aparato que absorbe energía mecánica y la transfiere a un gas. En la **Figura 11**, se muestra un ventilador de corriente continua de 5 V.



Figura 11. Ventilador de corriente continua.
Fuente. (Aidecoolr)

4.5.3. Gen 2 Vue

El Emporia Vue, un monitor de energía, puede ser instalado en los paneles eléctricos. Este dispositivo recoge datos de voltaje y amperaje mediante sensores conectados al dispositivo.

4.5.4. Medidores de energía SMART HOME ENERGY MONITOR

El Gen 2 muestra los canales de medición y voltaje a aproximadamente 24 000 muestras por segundo. Dos veces por segundo, Gen 2 usa estas medidas para calcular los promedios cuadráticos medios, para cada uno de los canales de voltaje y luego empareja de manera inteligente los canales actuales con el canal de voltaje correcto para calcular e informar la potencia REAL para cada uno de los 19 CT en la aplicación. Esos datos de medición se cargan en la nube de Emporia, donde se transmiten a la aplicación Emporia Energy. Eso significa que los datos de medición se pueden ver desde cualquier parte del mundo con una conexión a Internet. Esto también significa que se requiere Wifi para que Gen 2 funcione; no puede funcionar sin una conexión de 2.4 GHz. En la **Figura 12**, se muestra un medidor de energía SMART HOME ENERGY MONITOR.



Figura 12. SMART HOMA ENERGY MONITOR.
Fuente. (EMPORÍA)

4.6. Distribución de corriente en una vivienda

4.6.1. Acometida eléctrica de baja tensión

Es la conexión aérea o subterránea que conecta la parte de la red de distribución de la empresa que se encarga de suministrar la energía eléctrica, con la caja principal de protección de la vivienda. En la **Figura 13.** Esquema de una **acometida eléctrica.** Se muestra un esquema de una acometida eléctrica.

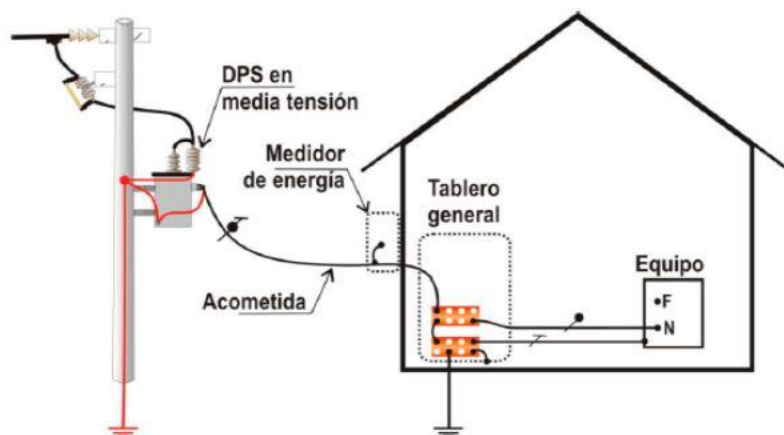


Figura 13. Esquema de una acometida eléctrica.
Fuente. (Instalaciones Eléctricas, 2018)

4.6.2. Tablero eléctrico de distribución

Es el componente principal de una instalación eléctrica, el cual ayuda a proteger los circuitos en los que se encuentra dividida la instalación eléctrica. En la **Figura 17**, se muestra un tablero de distribución.

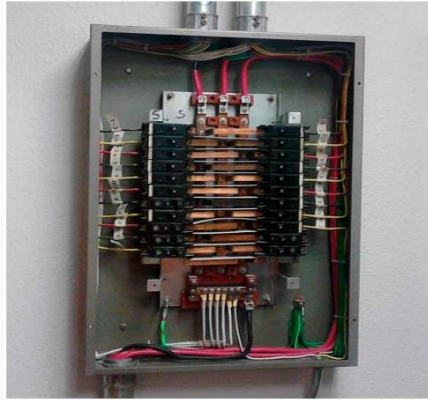


Figura 14. Tablero eléctrico.

4.6.3. Medición de cargas en el tablero de distribución

La medición de corriente y voltaje son esenciales para verificar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas, así como para comprender las características de consumo de un dispositivo específico. En la **Figura 15**, se muestra una medición de corriente realizada en el tablero de distribución.



Figura 15. Medición de corriente y voltaje a un tablero de distribución
Fuente. (*Tableros Eléctricos - STANDPARKER, s. f.*)

4.6.4. Colocación de un medidor de energía para un sistema de gestión energético

Los medidores de energía se colocan principalmente en los tableros de distribución, lo que les permite a los usuarios monitorear líneas monofásicas de hasta 240 V y conocer el estado del consumo eléctrico en tiempo real. En la **Figura 16**, se muestra la instalación de un equipo de monitoreo de energía.

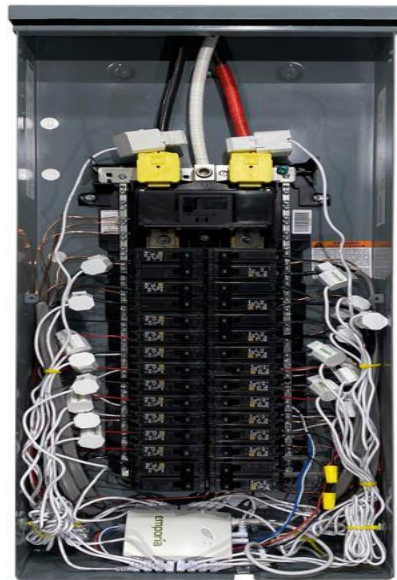


Figura 16. Instalación de un equipo de monitoreo.
Fuente. (*How the Gen 2 Vue Energy Monitor Works*, s. f.)

Las mediciones de los alimentadores principales permiten realizar comparaciones con la compañía suministradora (Corona, 2013). Una vez que se ha comparado los consumos, es necesario implementar estrategias de ahorro de energía.

5. Metodología

5.1. Materiales

5.1.1. Materiales de oficina

A continuación, se presentan los materiales de oficina para el desarrollo del proyecto de titulación.

- Material bibliográfico.
 - Equipos de medición de energía eléctrica.
 - Programación de la tarjeta ESP32.
 - Libros, revistas, catálogos y artículos referentes al tema.
- Software:
 - Arduino IDE.
 - Proteus.
 - AutoCAD.

5.1.2. Recursos humanos

Los recursos humanos, que se involucraron en este proyecto, son:

- Tutor de tesis.
- Tesista.
- Asesores (Programación)

5.2. Métodos

Para desarrollar el presente trabajo se seguirá la siguiente metodología que se muestra en la **Figura 17**:

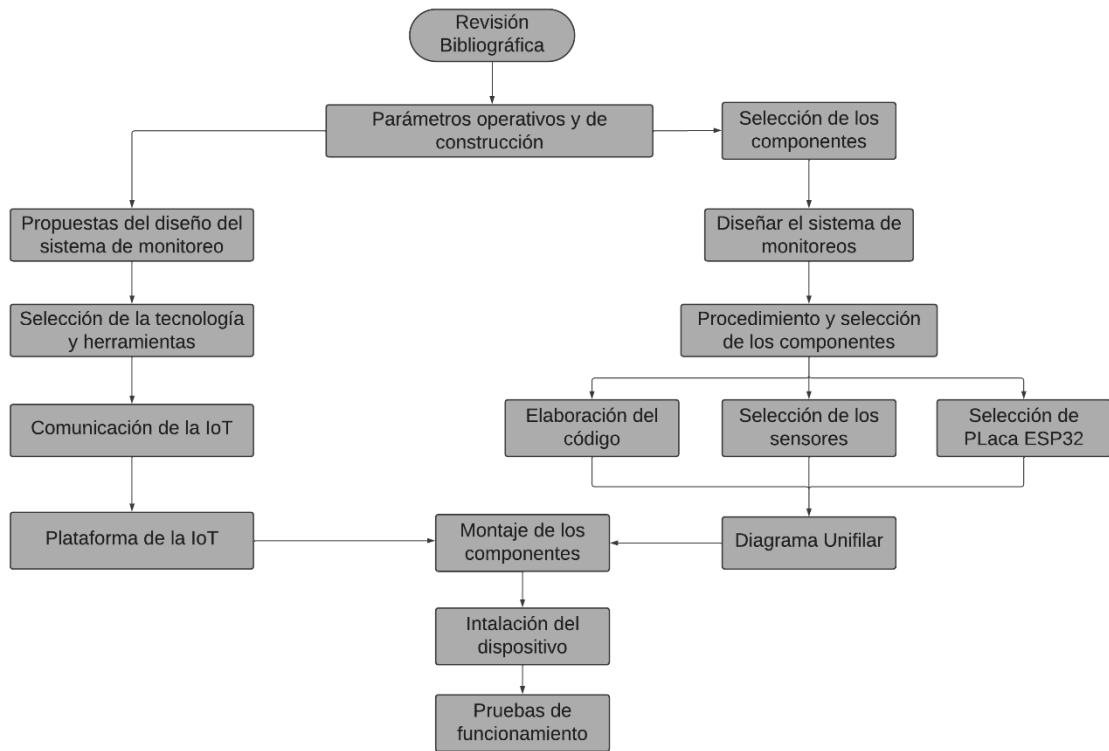


Figura 17. Flujograma para el desarrollo del presente trabajo.

El objetivo de este trabajo consiste en el monitoreo de variables eléctricas de baja tensión para un sistema de Gestión Energética. El propósito es registrar y visualizar las magnitudes de voltaje, corriente, potencia y energía mediante un sistema basado en internet de las cosas (IoT) aplicado para la mejora de la Eficiencia Energética.

5.2.1. Búsqueda de información

Se llevó a cabo una búsqueda completa de información relevante acerca del proceso de medición de variables eléctricas, incluyendo diversos tipos de monitoreo. Este trabajo se enfocó en recopilar datos y fuentes confiables que respaldaron al tema y proporcionaron una base sólida para el desarrollo de este trabajo.

5.2.2. Parámetros operativos y de construcción

Con la información recopilada, se ha logrado comprender el funcionamiento del equipo, identificar las variables eléctricas susceptibles de medición, así como comprender la estructura de los sistemas que integran dicho equipo y los datos técnicos correspondientes, Además, se procedió a definir los parámetros de operación, incluidos los voltajes de entrada y salida requeridos. Este proceso de recopilación de datos ha brindado una perspectiva integral y detallada acerca de las características y especificaciones del sistema de monitoreo de variables eléctricas en baja tensión, en el contexto de la Gestión Energética.

5.2.3. Propuesta del diseño del sistema de monitoreo

Mediante una evaluación rigurosa de múltiples opciones, se procedió a definir un diseño que se ajuste a los parámetros pre establecidos anteriormente.

5.2.4. Selección de los componentes para el monitoreo de las variables eléctricas

Es necesario identificar las variables eléctricas que se desean medir con el objetivo de seleccionar los instrumentos adecuados para dicha tarea. Estos instrumentos pueden ser electromecánicos, electrónicos o una combinación de ambos, según se requiera.

5.2.5. Lugares donde se puede realizar el monitoreo

Los lugares propicios para llevar a cabo el monitoreo de variables eléctricas abarcan una amplia gama de entornos, como residencias, apartamentos, establecimientos comerciales, espacios de oficina y más. En estos lugares se puede implementar el sistema de monitoreo de energía para obtener información sobre el consumo eléctrico y optimizar la gestión energética, se decide finalmente lleva el monitoreo de variables eléctricas en la casa de la Familia Castillo.

5.2.6. Procedimiento y selección de los componentes

5.2.6.1. Selección de los sensores para la medición

En este proyecto, se emplearán sensores de voltaje y corriente, para medir el voltaje se utilizará el sensor ZMPT101B. Por otro lado, para la medición de corriente, se optó por el sensor YHDC SCTO-013, que permite obtener mediciones precisas de corriente.

5.2.6.2. Selección de la placa ESP32

La placa ESP32 WROOM-32D, es la seleccionada para el desarrollo de este proyecto, tiene una conexión vía Wifi, además es un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía.

5.2.6.3. Diagramas unifilares de conexiones

Realizar el diagrama de conexión del circuito eléctrico y electrónico del equipo de monitoreo de corriente y voltaje.

5.2.6.4. Montaje de los componentes

Se instalaron todos los componentes en una carcasa apropiada que brinda protección contra condiciones climáticas adversas. Se considerará la disposición interna para evitar interferencias electromagnéticas y se aislará adecuadamente para prevenir posibles problemas en la instalación.

En esta carcasa se instalan cuidadosamente los sensores de voltaje y corriente, junto con el microcontrolador y otros componentes eléctricos.

5.2.7. Selección de tecnología y herramientas

5.2.7.1. Comunicación de IoT

Determinar la interfaz de comunicación, con la que se va a trabajar y poder monitorear las variables que se desea medir en tiempo real.

5.2.7.2. Plataforma de la IoT

Es la encargada de conectar los diferentes softwares necesarios para facilitar la conectividad a Internet de un dispositivo específico, se emplea un conjunto de hardware que integra una diversidad de protocolos de conexión.

5.2.7.3. Viabilidad y sitios de instalación del sistema de monitoreo

Luego de llevar a cabo las pruebas de funcionamiento, se procedió a realizar la calibración pertinente y la configuración del equipo de acuerdo al entorno donde se llevará a cabo la toma de datos.

- Las pruebas de funcionamiento en el lugar donde se va a monitorear.
- La verificación de los sensores de voltaje y corriente, estos muestran precisión en las lecturas.
- El microcontrolador esté procesando adecuadamente la información.
- Los módulos de comunicación y visualización estén operando correctamente.

6. Resultados

Con el establecimiento de la metodología y con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, se logró obtener los siguientes resultados. A continuación, se detalla los componentes del sistema que conforman al prototipo y algunas de sus características técnicas.

Sistema de monitoreo de corriente y voltaje.

- Sensores de corriente
 - Entrada nominal: 0-100A
 - Salida nominal: 0-1V
 - Exactitud: $\pm 1\%$
 - Phase shift: ≤ 180
 - Temperatura operativa: $-25\dots+70\text{ }^\circ\text{C}$
 - Peso: 55g
- Sensores de voltaje.
 - Voltaje de alimentación: 3.3-5V DC
 - Voltaje alterno de entrada: 250V máx.
 - Señal de salida: Analógica senoidal
 - Linealidad: 1%
 - Precisión: 0.2%
- Microcontrolador.
 - Procesador tensilica xtensa 32bits LX6 hasta 240MHz
 - Wi-Fi: 802.11b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
 - Bluetooth: v4.2 BR/EDR
 - Rom: 448KiB
 - SRAM: 520 KiB
- Ventilador de CC.
 - Conector: 2pin (2.0mm)
 - Voltaje de operación; 5V
 - Corriente de operación: $0.14\pm 0.02\text{ A}$
 - Velocidad de operación: $6500 \pm 10\%$ rpm
- Conectores.
- Placa de circuito.
- Pantalla LCD.
- Interfaz de comunicación.

6.1. Criterios del diseñador

Para la implementación del proyecto se consideró trabajar con dimensiones similares de equipos ya construidos como el EMPORIA, con la finalidad de tener medidas establecidas.

De la misma manera, para el diseño eléctrico y electrónico se consideró trabajar con materiales disponibles en el mercado nacional.

Cabe recalcar que se denominó el prototipo con el nombre de SENVIOT; donde SEN son los sensores capaces de recopilar datos, por su parte VIO que deriva de la visualización de estos datos y finalmente T de tecnología, esta es la IoT la que me permite la conectividad y gestión de datos.

SENVIoT es una herramienta que utiliza sensores para la recopilación de datos, además de una fácil conectividad y la gestión eficiente de los datos en el contexto del internet de las cosas.

6.2. Sistema eléctrico y electrónico

6.2.1. Sensor de corriente

Después de realizar una revisión de literatura, se identificó que el sensor de corriente YHDO SCT-013, tiene una amplia gama de modelos y se encuentran en el mercado nacional, para las mediciones se tendrá en cuenta los siguientes sensores que se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Sensores de corriente.

Modelo	YHDO SCT-013-020	YHDO SCT-013-050	YHDO SCT-013-000
Cantidad	1	1	1
Corriente de entrada	0-20 ^a	0-50A	0-100A
Tipo de salida	0-1V	0-1V	0-1V

En la **Figura 18**, se muestra el diagrama de conexión del sensor YHDC SCT-013

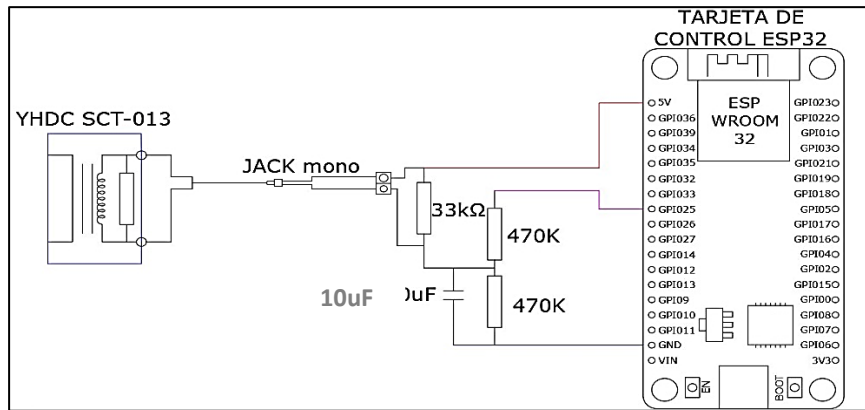


Figura 18. Diagrama de conexión del sensor YHDC SCT-013.

6.2.2. Sensor de voltaje

El sensor de voltaje seleccionado es el que permite medir el voltaje alterno, y soporta voltajes de entrada de hasta 250 V AC, además tiene la capacidad de entregar una onda senoidal de amplitud regulable mediante un potenciómetro implementado en la placa. En la **Figura 19**, se muestra el diagrama de conexión del sensor.

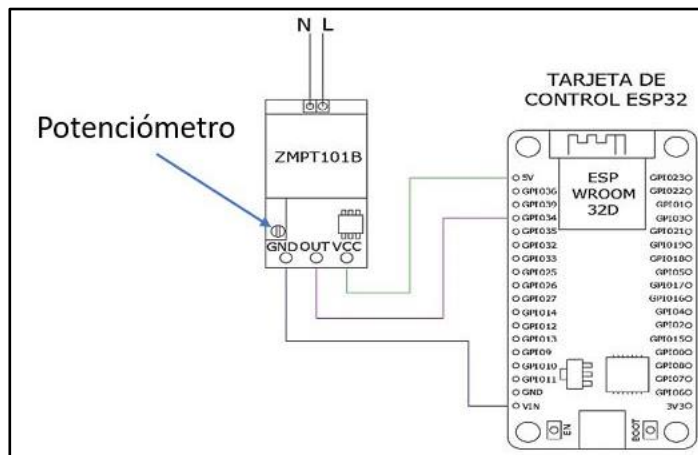


Figura 19. Diagrama de conexión del sensor ZMPT101B.

6.2.3. Microcontrolador

El microcontrolador, que se utilizó en este proyecto, es el ESP32 WROOM-32D, permite comunicarse mediante Wifi, y al ser un microcontrolador de bajo costo y bajo consumo de energía, también cuenta con una gran variedad de interfaces que lo hace muy aplicable para proyectos electrónicos.

6.2.4. Pantalla LCD

Para la visualización de los datos, el dispositivo está equipado con una pantalla LCD de 20x4 caracteres. Esta pantalla brinda la capacidad de visualizar de manera clara y organizada

los valores medidos por los sensores, así como el cálculo correspondiente de la potencia y energía.

Mediante la información mostrada en la pantalla, los usuarios pueden obtener de manera rápida y accesible una visualización de las mediciones detectadas en tiempo real. Esto facilita la supervisión constante de las variables eléctricas y proporciona información necesaria para la Gestión Energética. En la **Figura 20**, se muestra el diagrama de conexión de la pantalla LCD.

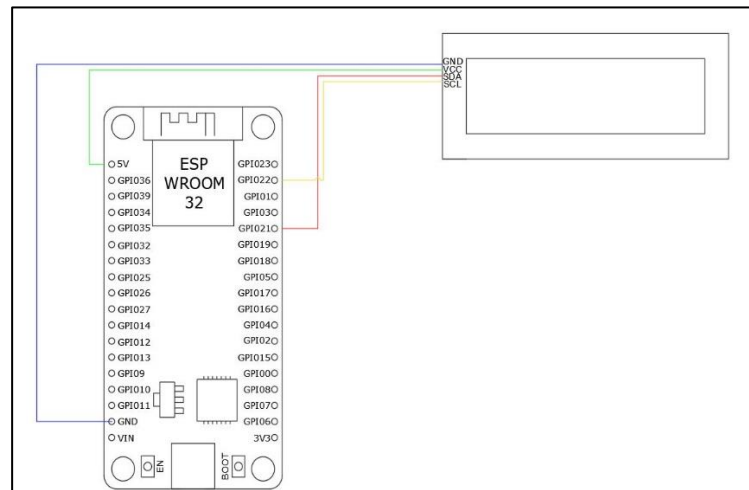


Figura 20. Diagrama de conexión de la pantalla LCD.

6.2.5. Fuente de poder de corriente alterna / corriente continua

La fuente de alimentación elegida, opera en un rango de voltaje amplio, de 100-240V (50-60 Hz). Esta fuente suministra una salida en corriente continua con un rango de voltajes de 3.5 - 6 V, junto con una corriente de consumo que alcanza los 3 A que alimenta al ESP32 y el ventilador.

6.2.6. Placa de montaje

En la placa se encuentran todos los componentes del circuito electrónico del lector de corriente, y permite optimizar espacio para el armado final del prototipo.

6.2.7. Ventilador de corriente DC de 5 V

El ventilador seleccionado opera con una tensión de 5 V y un consumo de corriente de 0.20 A. Su función principal es mantener el sistema electrónico del medidor de voltaje y corriente a una temperatura óptima al proporcionar una ventilación adecuada.

6.2.8. Interfaz de comunicación (Ubidots)

Se empleó la plataforma de comunicación Ubidots. La cual permitió el almacenamiento de los datos en la nube. Esta plataforma no solo permite el almacenamiento de los datos obtenidos, sino que también ofrece una interfaz amigable que facilita la interacción entre dispositivo SENVIOT y plataforma para el usuario.

A través de Ubidots, los datos medidos por el sistema de monitoreo de corriente y voltaje pueden ser enviados y almacenados en la cuenta de usuario de la plataforma Ubidots. A continuación, se detallan las características porque se eligió esta plataforma de monitoreo.

- Por la facilidad de uso para el monitoreo de datos.
- Creación de Widgets, personalizados para la visualización de datos en tiempo real.
- Almacenamiento en la nube.
- Acceso remoto, Facilidad para ingresar desde cualquier parte del mundo.
- Estabilidad, puede manejar múltiples dispositivos y múltiples tipos de datos.

6.2.9. Conectores

Los conectores que se utilizó son los tipos Jack Mono 3.5 mm para placa o también conocidos como conectores hembra, los cuales permiten una fácil instalación y desconexión de los componentes. En este caso de los sensores de corriente.

6.3. Construcción del prototipo

Los materiales que se utiliza para la construcción del prototipo para lectura de corriente y voltaje, se encuentren en el mercado local.

6.3.1. Armado de circuito en placa de pruebas

El protoboard se convirtió en la plataforma fundamental para ensamblar el circuito en primera fase de construcción. En este entorno, se llevaron a cabo las pruebas de funcionamiento, se corrigieron los errores que surgieron, tanto en el diseño como en el código, y además se facilitó la disposición de todos los componentes del prototipo. Esto permitió un proceso de desarrollo iterativo. La **Figura 21**, ofrece una representación visual del circuito montado en el protoboard. Esta imagen refleja el progreso alcanzado en el proyecto. A través de esta plataforma de pruebas, se validó el funcionamiento del circuito, depurar los problemas detectados y afinar tanto el diseño como el código para optimizar el rendimiento general. El enfoque de utilizar un protoboard tuvo una serie de beneficios notables:

- Agilidad en las Pruebas: El protoboard permitió realizar de manera rápida y efectiva.

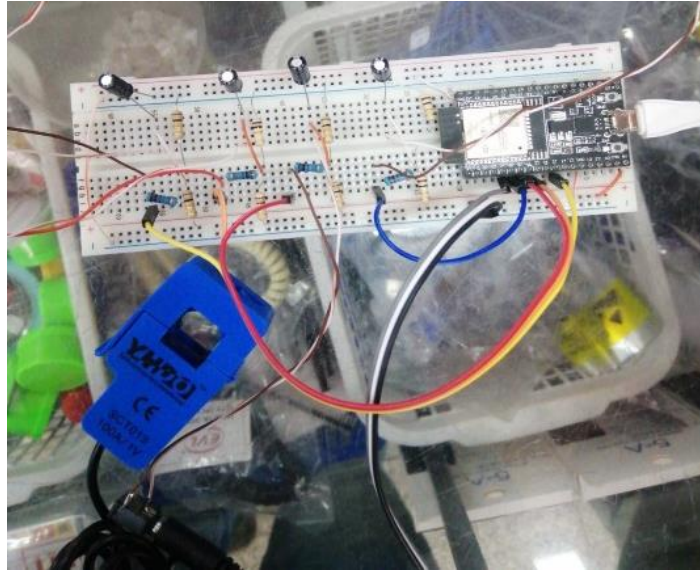


Figura 21. Armado del circuito en el protoboard.

6.3.2. Diseño de la carcasa

Para el diseño de la carcasa se tomó en cuenta los modelos existentes en el mercado, la cual se construyó de acrílico blanco de 3 mm de espesor, el producto final se muestra en la **Figura 22**. Las medidas utilizadas para la base son de 120 X 162 mm y de alto de 96 mm. Las piezas de la caja fueron cortadas mediante láser. En el **Anexo 1**, se muestran las medidas de la caja.

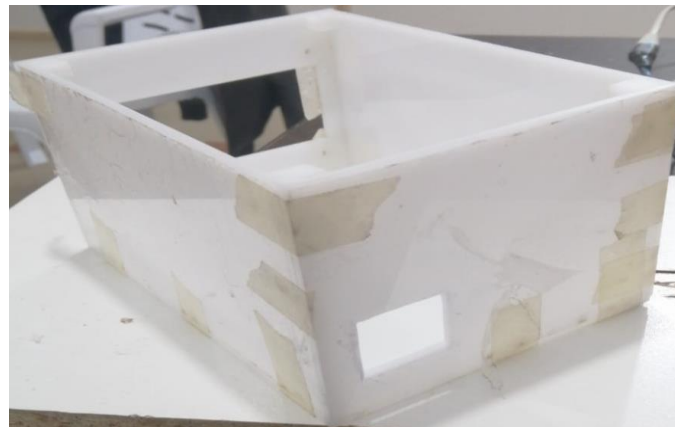


Figura 22. Carcasa del prototipo.

6.3.3. Montaje de los componentes

Una vez terminada la caja, se procedió a implementar cada uno de los componentes que conforman el mecanismo. En la **Figura 23**, se muestra el montaje de la pantalla LCD de 20 X 4, que se encuentra unida a la caja mediante tornillos de 1/8 con tuerca. La pantalla permite

visualizar los valores medidos de los sensores de corriente, voltaje, así, como el valor de la potencia y energía. En el **Anexo 2** se muestra el display alfanumérico 20x4 (LCD).

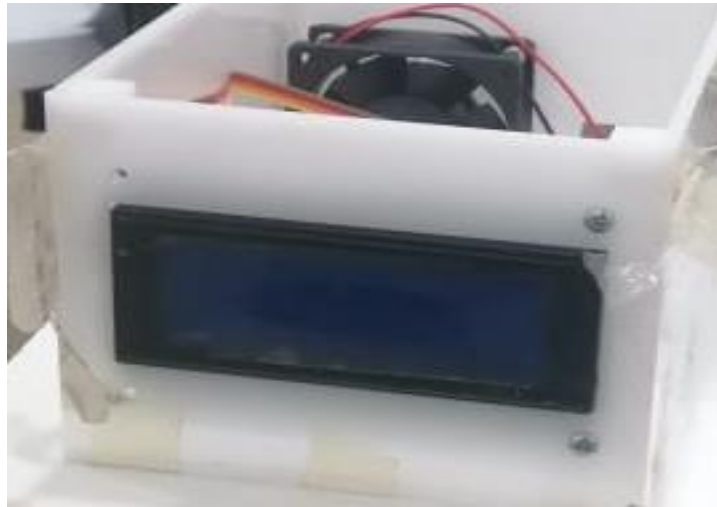


Figura 23. Montaje de la pantalla LCD

Luego, se procedió a la instalación del ventilador, encargado de mantener los elementos electrónicos a una temperatura de trabajo ambiente. Esta función es crucial para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, como se muestra en la **Figura 24**.



Figura 24. Ventilador de corriente continua de 5V

Después se realizó el montaje del cable de alimentación principal del circuito. Este cable está equipado con un conector hembra de corriente Alterna AC y, de manera adicional, está integrado con un fusible de protección, tal como se muestra en la **Figura 25**.



Figura 25. Conector hembra de CA

Posteriormente, se llevó a cabo el ensamblaje de la placa electrónica en la cual se integra el ESP32, así como los componentes electrónicos que conforman el circuito, como se muestra en la **Figura 26**.

La placa electrónica es el núcleo del sistema, albergando el microcontrolador ESP32. Su diseño y montaje cuidadoso garantizan una disposición de los componentes, logrando conexiones precisas y seguras. Los mecanismos eléctricos y electrónicos incluidos en la placa son esenciales para el funcionamiento del sistema de monitoreo de corriente y voltaje.

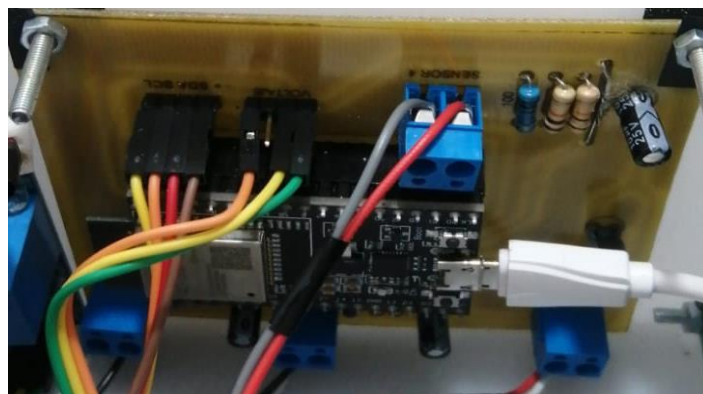


Figura 26. Placa para el montaje de los componentes

Seguidamente, se procedió a la instalación del sensor de voltaje, un componente que habilita la lectura del voltaje de entrada de corriente alterna (CA). También permite regular el voltaje a través del potenciómetro que tiene incorporado en su interior. Como se muestra en la **Figura 27**.



Figura 27. Sensor de voltaje ZMPT101B

Se continuó con la instalación de la fuente de alimentación del circuito. Esta fuente de poder, realiza la función de convertir la corriente alterna (AC) en corriente continua (CD), que es la forma de trabajo con la que operan tanto el circuito principal como el ventilador, tal como se muestra en la **Figura 28**.

La incorporación de la fuente de poder es determinante, ya que asegura que los componentes electrónicos funcionen con la tensión adecuada y de manera estable. La conversión de la corriente AC en DC es necesaria para el funcionamiento del sistema.

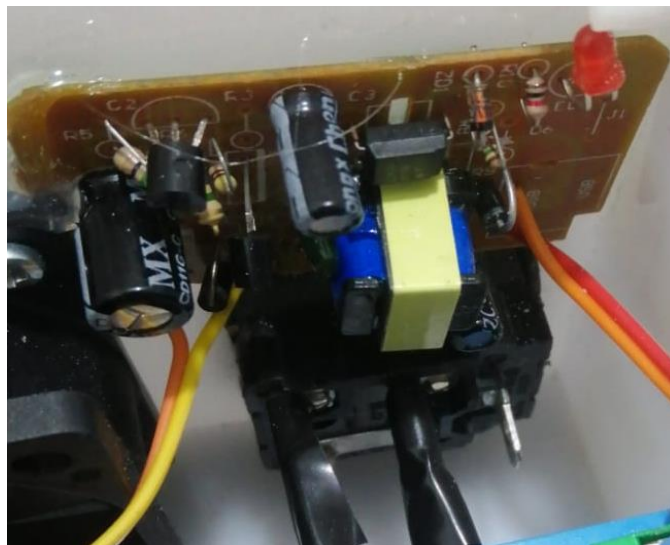


Figura 28. Fuente de poder de DC.

Después, se procedió al ensamblaje de los conectores tipo Jack mono (Conectores hembra), los cuales posibilitaron la comunicación con los sensores de corriente. Ver **Figura 29**. La incorporación de los conectores Jack mono es fundamental para facilitar la conexión y desconexión de los sensores de corriente de manera rápida y segura. La facilidad de uso y flexibilidad de conectar y desconectar los sensores en cualquier momento son características clave de estos conectores.



Figura 29. Conectores Jack mono hembras

Una vez finalizada la etapa de ensamblaje de los componentes del medidor de corriente, se procedió a llevar a cabo las conexiones del circuito, como se detalla en la **Figura 30**, el diagrama completo de estas conexiones se encuentra detallado en el **Anexo 3**. La fase de conexiones es un paso crítico en el proceso de construcción del medidor de corriente, ya que asegura la interconexión de los componentes para el funcionamiento correcto y confiable del sistema en su conjunto.

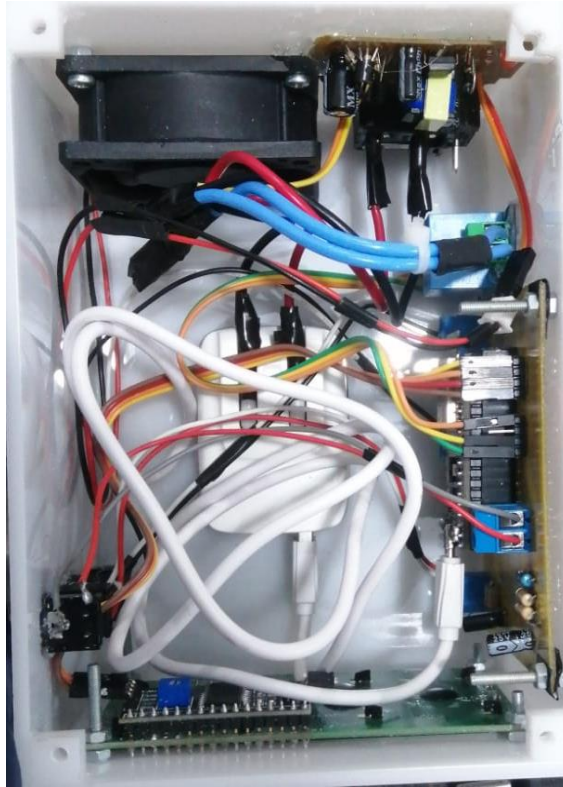


Figura 30. Conexiones del circuito

Una vez realizadas las conexiones del circuito, se procedió a encenderlo y llevar a cabo pruebas de funcionamiento, como se muestra en la **Figura 31**. Estas pruebas permiten verificar que todos los componentes estén establecidos de manera correcta. Durante esta etapa, se puede observar y evaluar el comportamiento del sistema en tiempo real, asegurando que la pantalla refleje valores de corriente, voltaje, potencia y energía.



Figura 31. Encendido del prototipo

Durante las pruebas de funcionamiento, se identificaron algunos inconvenientes que surgieron. Una vez resuelto estos problemas, se procedió a completar el ensamblaje de la caja en su totalidad, tal como se muestra en la **Figura 32**. La caja finalizada protege y alberga todos

los componentes eléctricos y electrónicos del dispositivo, proporcionando una capa adicional de seguridad contra factores ambientales y posibles daños.

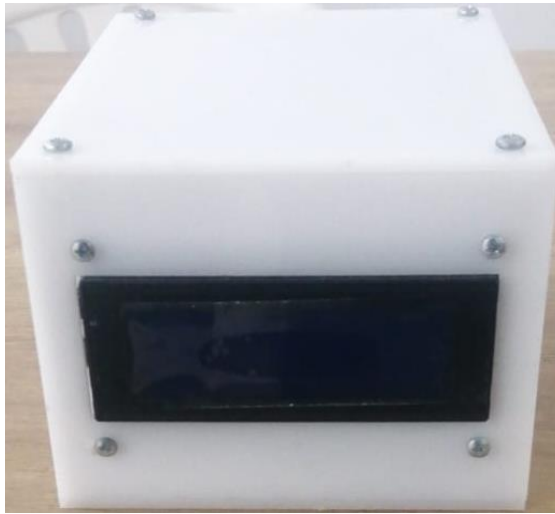


Figura 32. Armado del prototipo

La etapa de ensamblaje de la caja marca la finalización del proceso de construcción del dispositivo, permite proteger el circuito y todas las partes interiores, brindando un producto terminado y listo para ser implementado en situaciones prácticas de monitoreo de corriente y voltaje.

Finalmente, se procedió a colocar los sensores de corriente en su posición y se obtiene el producto final del prototipo, tal como se muestra en la **Figura 33**. La instalación de los sensores en el lugar adecuado completa la funcionalidad del sistema. Estos sensores son esenciales para la medición de la corriente eléctrica de un circuito. El prototipo está diseñado para operar en conjunto con estos sensores y proporcionar datos de voltaje y corriente en tiempo real.



Figura 33. Producto final

El producto final como se muestra en la **Figura 33**, es el resultado de todo el proceso de diseño, montaje y pruebas. Representa una solución completa y funcional para el monitoreo de corriente, capaz de recopilar datos y presentarlos de manera accesible para su análisis y toma de decisiones.

El producto del detector de corriente se presenta como una herramienta para la gestión energética, permitiendo a los usuarios supervisar y controlar eficientemente el consumo una vez calibrado el equipo.

6.4. Calibración del equipo

6.4.1. Calibración del sensor de voltaje.

Para la calibración del sensor de voltaje se utiliza el potenciómetro del sensor que viene integrado en el mismo, con este caso el potenciómetro permite ajustar los valores de voltaje tratando de regular hasta el más cercano posible al de un medidor comercial, en este caso se utiliza un Meter para comparar y ajustar este valor como se muestra en la **Figura 34**.



Figura 34. Pruebas de lecturas del sensor de voltaje antes de calibración.

Como se observa en la **Figura 34**, el voltaje del dispositivo SENVIOT tiene una diferencia de lectura de voltaje en comparación con el meter, censando un valor de 250.84 V, por otro lado, el meter mide una lectura de 119.5 V, por lo que se procede a regular el

potenciómetro del sensor de voltaje del dispositivo hasta que se aproxime al valor del meter, tal como se muestra en la **Figura 35**.

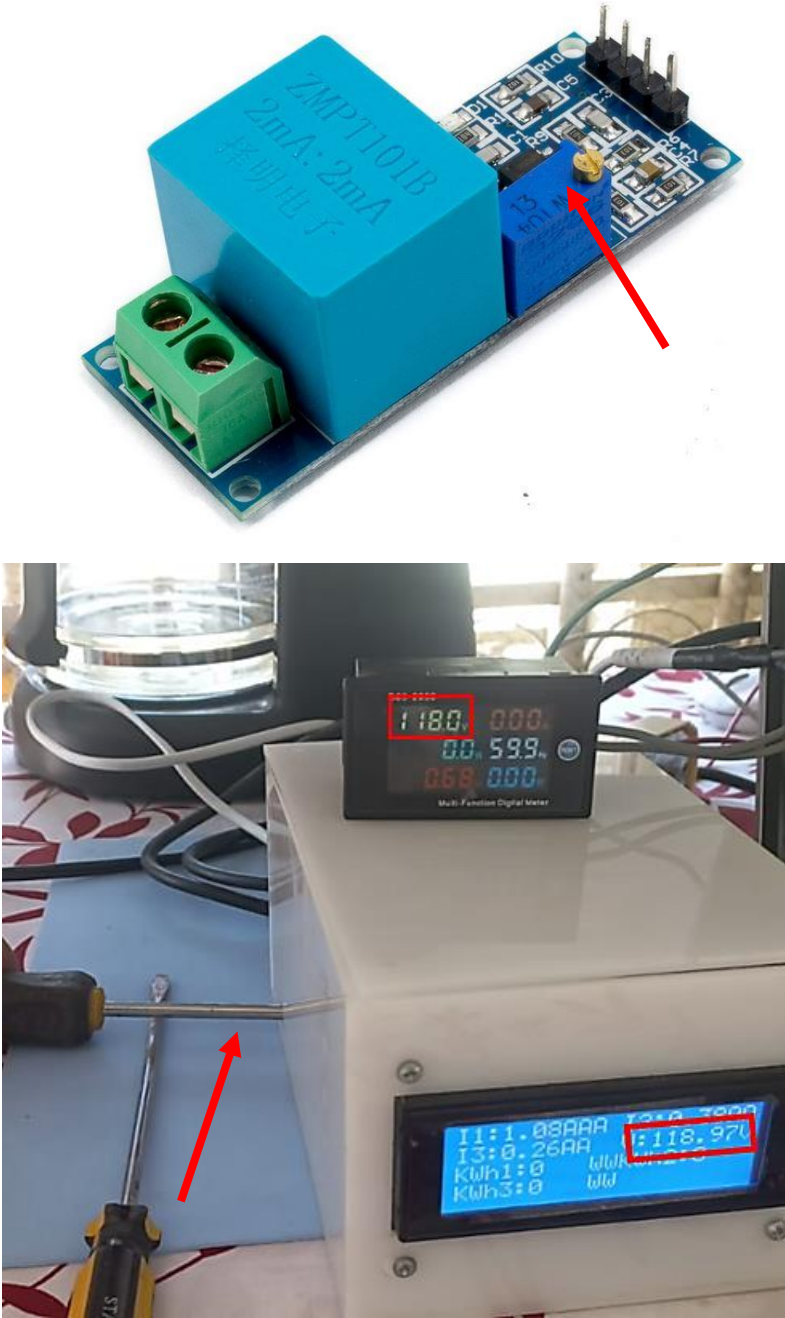


Figura 35. Calibrando sensor de voltaje del SENVIOT.

En la **Figura 35** se realiza la respectiva regulación del voltaje con ayuda de un desarmador plano que se introduce en la abertura respectiva, hasta alcanzar al potenciómetro del sensor que indica la flecha, girando hasta observar que el voltaje del dispositivo SENVIOT llegue a un valor aproximado en este caso de 118.97 V, que es un valor similar al del voltaje del meter que se encuentra en 118.0 V, indicando que el sensor de voltaje esta calibrado con un

porcentaje mínimo de error, tomar en cuenta que el sensor del voltaje del dispositivo SENVIOT arroja valores cada 15 segundos, mientras que el meter arroja valores instantáneos.

6.4.2. Calibración sensores de corriente.

Para la calibración del sensor de corriente de 50 A, que tiene un rango de medición de 0 A a 50 A, se configuró en el código de programación, con ayuda de la herramienta IDE de Arduino, agregando un valor constante de 0.52 A, mismo que es el valor de corrección de la corriente en el código para la corriente de entrada, como se muestra en el código de la **Figura 36**, y con ello se realizó las primeras mediciones necesarias con una carga que puede ser de distintos dispositivos eléctricos usados en un hogar, en este caso de una cafetera.

```
emon1.current(CUR_ADC_INPUT1, 0.52); // Current: input pin,
calibration.
emon2.current(CUR_ADC_INPUT2, 0.52); // Current: input pin,
calibration.
emon3.current(CUR_ADC_INPUT3, 0.52); // Current: input pin,
calibration.
```

Figura 36. Valores iniciales de entrada del código para calibración de la ESP32.

En la **Figura 37** se puede observar el sensor no invasivo de corriente de 50 A (flecha roja), ya conectado al dispositivo de prueba, al igual que el sensor no invasivo del meter (flecha azul). Obteniendo los datos mostrados en las pantallas de los dos medidores de corriente.



Figura 37. Pruebas del sensor de corriente de 50 A, antes de calibración.

Tal como se muestra en la **Figura 37** la corriente que mide el sensor del dispositivo SENVIOT es de 0.43 A, valor que está por debajo del medido por el meter, que está en un valor

de 6.28 A, indicando que el sensor de corriente no invasivo del dispositivo SENVIOT no está calibrado.

Para continuar con la calibración del sensor de corriente de 50 A, se procede a hacer mediciones de pruebas que se tabulan en la **Tabla 10** del **Anexo 4** y con ello obtener valores promedios que se muestran en la **Tabla 7**, Y así obtener mediciones precisas en el rango de operación del sensor.

Los promedios de las mediciones realizadas a los cuatros dispositivos eléctricos del hogar, se detallan en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Mediciones de corriente.

Artefacto	Potencia Nominal (W)	Medición con el multímetro			Medición con el dispositivo		
		Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Potencia (W)
Secadora de pelo	500	6.25	122.5	765.63	9.21	118	1086.78
Amoladora	800	2.98	120.7	359.69	5.44	117	636.48
Cafetera	900	6.74	119.3	804.08	9.59	116.8	1120.11
Ducha eléctrica	5500	36.8	115	4232	39.8	112	4457.6

Finalmente se realizó la calibración utilizando una correlación lineal entre dos dispositivos de prueba, para ajustar las medidas del sensor a los valores reales de corriente y así calibrar el equipo SENVIOT.

Con estos valores se calcula un porcentaje mínimo de error en la lectura de corriente y voltaje en comparación con equipos de medición profesionales.

Para poder ajustar las lecturas del sensor que correspondan con las corrientes reales, se calcula la pendiente (m) y el desplazamiento (b) de la corriente lineal seleccionando los valores de voltaje y corriente de dos dispositivos de prueba. En este se escoge la ducha y la secadora de pelo de las mediciones del meter y dispositivo SENVIOT mostrados en la **Tabla 7**.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m = \frac{39.8 - 9.21}{36.8 - 6.25}$$

$$m = 1.0011$$

El desplazamiento (b) de la corriente lineal.

$$b = y_1 - m * X_1$$

$$b = 9.21 - (1.0011) * (6.25)$$

$$b = 2.95$$

La fórmula para corregir las lecturas del sensor es:

$$C_C = L_s * m - b$$

$$C_C = 9.21 * 1.0011 - 2.95$$

$$C_C = 6.27$$

Donde:

L_s = Lectura promedio del sensor

Esta fórmula es la que corrige el valor de medición del SENVIOT en el código de programación, haciendo que el error de variación sea mínimo y los valores de medición sean más cercanos a las medidas con el meter.

Mediante esta fórmula, se corrigieron las lecturas del sensor como se muestra en **Tabla 8**.

Tabla 8. Tabla de corriente corregida.

Artefacto	Potencia Nominal (W)	Corriente del meter (A)	Corriente del dispositivo (A)	Corriente corregida 1 (A)
Secadora de pelo	500	6.25	9.21	6.27
Amoladora	800	2.98	5.44	2.49
Cafetera	900	6.74	9.59	6.65
Ducha eléctrica	5500	36.8	39.8	36.9

Se utilizó una correlación lineal para ajustar las medidas del sensor de corriente de los valores de 0 a 50 A. para el resto de sensores se realizó el mismo proceso de calibración. En la **Figura 38**, se muestran las curvas de corriente real, corriente medida y la corriente corregida y en la **Figura 39** se puede observar la prueba de medición con el sensor de 50 A en la cafetera del dispositivo SENVIOT ya calibrado.

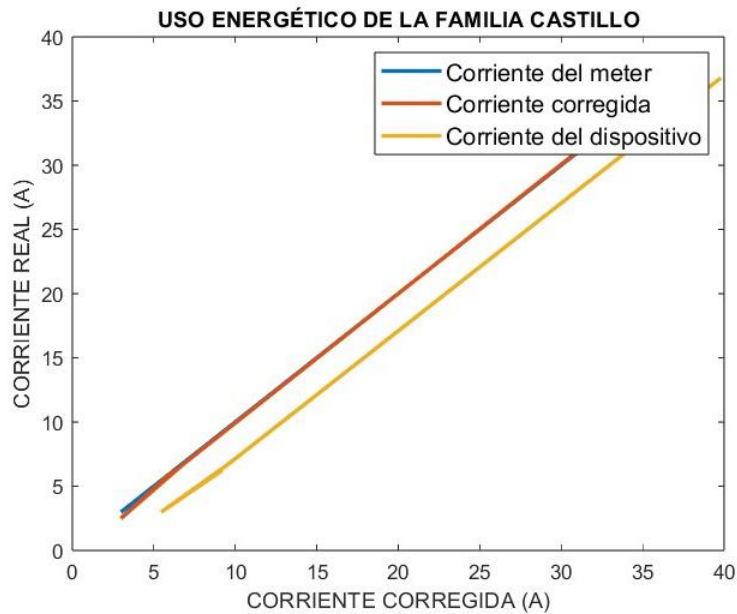


Figura 38. Curvas de calibración de corriente del equipo.



Figura 39. Prueba de medición en cafetera con dispositivo SENVOT ya calibrado

Como se puede observar en la **Figura 39**, la diferencia de valores de las lecturas de las variables de corriente en cada dispositivo es mínimas obteniendo un valor de 6.17 A para el equipo SENVOT y un valor de 6.27 A, para el dispositivo de comparación llamado meter, por lo que se puede decir que el sensor del equipo SENVOT se encuentra calibrado y listo para operar.

6.4.3. Elaboración del código

La programación del código se llevó a cabo utilizando el entorno Arduino IDE, el cual facilita la comunicación con la placa ESP32. Como se observa en la **Figura 40**, presenta algunas líneas del código utilizado. En este fragmento, se muestra cómo se maneja la entrada del sensor de voltaje conectado al Pin 34, así como las entradas de los sensores de corriente ubicados en los pines 35, 32, 33 y 26 del módulo.

Este segmento del código ejemplifica cómo se establecen las conexiones y se configuran los pines de la lectura de los sensores. La programación en Arduino IDE permite controlar y procesar los datos provenientes de los sensores, así como llevar a cabo cálculos y visualizaciones en la pantalla LCD, tal como se mencionó anteriormente.

La utilización de Arduino IDE proporciona una plataforma amigable y eficiente para el desarrollo del código, permitiendo interactuar de manera efectiva con la placa ESP32 y los sensores involucrados en el sistema.

El código de la programación del dispositivo SENVIOT se encuentra en el **Anexo 7**

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Librería para el dispositivo de la LCD
16X2
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //configuración del parámetro de la
LCD

/*****
  Incluimos las librerías
  *****/
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

#include "EmonLib.h"          // Include Emon Library

#define VOL_ADC_INPUT 34
#define CUR_ADC_INPUT1 35
#define CUR_ADC_INPUT2 32
#define CUR_ADC_INPUT3 33
#define CUR_ADC_INPUT4 27
#define emonTxV3 1

EnergyMonitor emon1;        // Create an instance
EnergyMonitor emon2;        // Create an instance
EnergyMonitor emon3;        // Create an instance
EnergyMonitor emon4;        // Create an instance
EnergyMonitor emon5;        // Create an instance

float kWh = 0;
unsigned long lastmillis = millis();

const char * WIFISSID = "Infinix"; // Nombre de la red wifi
const char * PASSWORD = "123456789"; // Contraseña del wifi
```

```

#define TOKEN "BBFF-I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // Put your Ubidots'
TOKEN
#define MQTT_CLIENT_NAME "Medidor de Potencia" // MQTT client Name, please
enter your own 8-12 alphanumeric character ASCII string;
//it should be a random and unique ascii string and different from all
other devices

#define VARIABLE_LABEL1 "Sens 1" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL2 "Sens 2" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL3 "Sens 3" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL4 "Sens 4" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL5 "Voltaje" // Assing the variable label

#define VARIABLE_LABEL6 "Watt 1" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL7 "Watt 2" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL8 "Watt 3" // Assing the variable label
#define VARIABLE_LABEL9 "Watt 4" // Assing the variable label

#define DEVICE_LABEL "Esp32"

//#define SENSOR 26 // Set the GPIO12 as SENSOR
char mqttBroker[] = "industrial.api.ubidots.com";
char payload[4000];

```

Figura 40. Código del prototipo

En esta parte del código se incluyen las librerías que se utilizaron en la programación del prototipo.

6.4.4. Cargar el código

Una vez que el código ha sido finalizado y probado, garantizando su funcionamiento, se procede a cargar en la placa ESP32. Este proceso se realiza mediante un cable de datos USB que conecta la placa al ordenador. Es importante destacar que, antes de cargar el código en la placa, es necesario considerar dos aspectos importantes: el nombre de la red Wifi del usuario y la contraseña. Estos son elementos únicos que deben ser modificados en el código para que el prototipo pueda ser implementado en una vivienda. Como se detalla a continuación.

En una computadora, se abre el programa Arduino IDE el cual me permite acceder al código de programación del equipo, en el cual se modifica el nombre de la red Wifi y su contraseña, como se describe en los literales a y b. Ver **Figura 41**.

a. En la línea 28 se modifica el nombre de la red, el cuál debe colocarse dentro de las comillas (“”) y debe ser el mismo nombre que tenga red Wi-fi del domicilio a instalar, con los mismos símbolos y caracteres.

b. En la línea 29 se coloca la contraseña de la red Wi-fi del domicilio, de igual forma dentro de las comillas (“”).

```
const char * WIFISSID = "Familia Castillo"; // Nombre de la red wifi
const char * PASSWORD = "123456789"; // Contraseña del wifi

#define TOKEN "BBFF-I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // TOKEN de Ubidots
```

Figura 41. Configuración de la red wi-fi y contraseña.

Se modifica el nombre de la red Wi-fi y la contraseña en el código, esto permitirá que el prototipo se conecte a la red doméstica y pueda transmitir los datos a la nube o a la plataforma correspondiente para su visualización y análisis. Una vez que se ha realizado esta modificación, el código se carga a la placa ESP32 quedando lista para funcionar en el entorno de la vivienda.

Esta adaptabilidad en la configuración del código es una característica importante, ya que permite personalizar el prototipo según las necesidades y preferencias de cada usuario, asegurando una integración fluida con la red y una implementación exitosa en un entorno específico.

Conexión Wi-fi-IoT:

Para la comunicación con la IoT se va a emplear la conexión Wi-fi, por lo que el ESP32 estará conectado a la red Wi-fi, en este caso de una vivienda. Se utiliza la función <WIFISSID>, donde se debe facilitar el nombre de la red y la contraseña y realizar la conexión, esto es lo primero que realiza la ESP32 antes de conectarse, y realizar la comunicación con los elementos. En la **Figura 42**, se muestra el proceso de la conexión del prototipo.

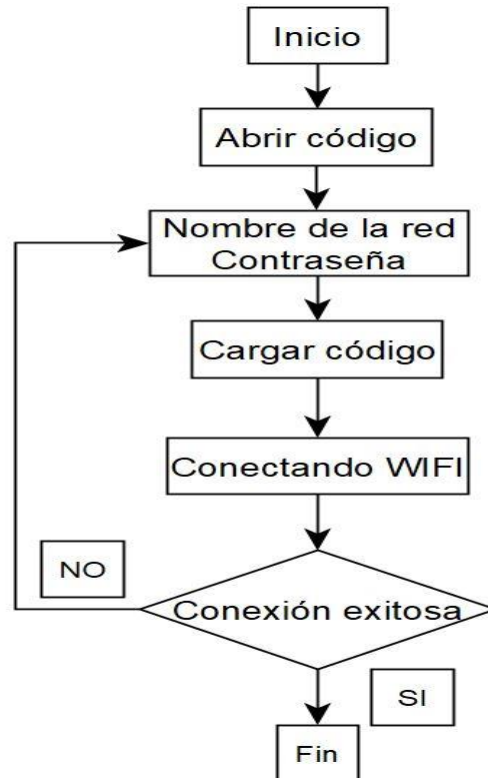


Figura 42. Conexión Wifi.

Para continuar con la conexión del dispositivo con tecnología IoT, se crea una cuenta en la página web de Ubidots, para ello se sigue el siguiente proceso.

- a. Se abre el navegador web y se dirige al sitio web oficial de Ubidots <https://es.ubidots.com/>.
- b. En la página de inicio de Ubidots, se hace clic en el botón "Sign Up" o "Registrarse", como se observa en la **Figura 43**.



Figura 43: Registro en la página web Ubidots.

- c. Se selecciona el tipo de cuenta que deseas crear.

- d. Se completa el formulario de registro proporcionando la información requerida, que normalmente incluye tu nombre, dirección de correo electrónico y contraseña.



The image shows a registration form for Ubidots. The form is titled "Prueba gratuita de 30 días" and includes a sub-header "¿Estudiante, profesor o aficionado? Pruebe nuestra plataforma GRATUITA". The form fields are: "Nombre" and "Apellido" (text inputs), "Correo electrónico" (text input), "Nombre empresa" and "Website empresa" (text inputs), "Su cargo" (text input), "Tamaño de la empresa" (dropdown menu), "Nombre de usuario (sin espacios)" (text input), and "Contraseña" (text input). Below the fields is a reCAPTCHA widget with the text "No soy un robot" and "reCAPTCHA Privacidad - Condiciones". At the bottom of the form is a large orange button labeled "REGÍSTRESE". Below the button, it says "Al registrarse, acepta nuestras Condiciones de servicio y nuestra Política de privacidad". To the right of the form is a testimonial banner with a dark blue background and white text. The testimonial reads: "Estamos ahorrando millones en tiempos de inactividad no planificados y visitas de mantenimiento cada año. Lo mejor es que construí toda la aplicación web y mismo sin llamar a TI." Below the testimonial is the name "Avi Bahl" and his title "Mechanical Reliability Manager Chemtrade Logistics, Canadá".

Figura 44: Registro y creación de cuenta en la plataforma Ubidots.

- e. Se acepta los términos y condiciones de uso y la política de privacidad de Ubidots.
- f. Se confirma su registro a través del enlace de verificación que se enviará a la dirección de correo electrónico que se proporciona.
- g. Después de verificar su cuenta, será redirigido a la plataforma de Ubidots. Aquí se podrá configurar su perfil y comenzar a crear sus proyectos y aplicaciones de monitoreo.

Posterior a la creación de la cuenta, se debe seguir los pasos presentados en la página oficial de Ubidots para obtener el TOKEN el cual sirve para la comunicación entre el dispositivo y la plataforma, para el cual se puede dirigir al siguiente link <https://help.ubidots.com/en/articles/590078-find-your-token-from-your-ubidots-account>.

se deben seguir los siguientes pasos para la creación del token:

- Se inicia sesión en su cuenta Ubidots.
- Se despliega la pestaña de usuario y se hace clic en credenciales de API:

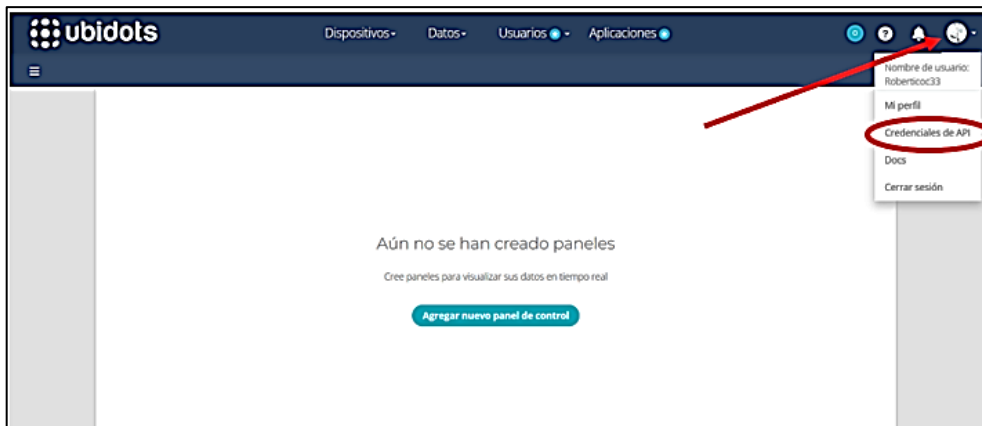


Figura 45: Ventana de inicial de usuario Ubidots.

- c. Se despliega una pestaña en la que aparecen la clave API y el token predeterminado que se está buscando.

Nota: la clave API solo sirve para crear nuevos tokens:

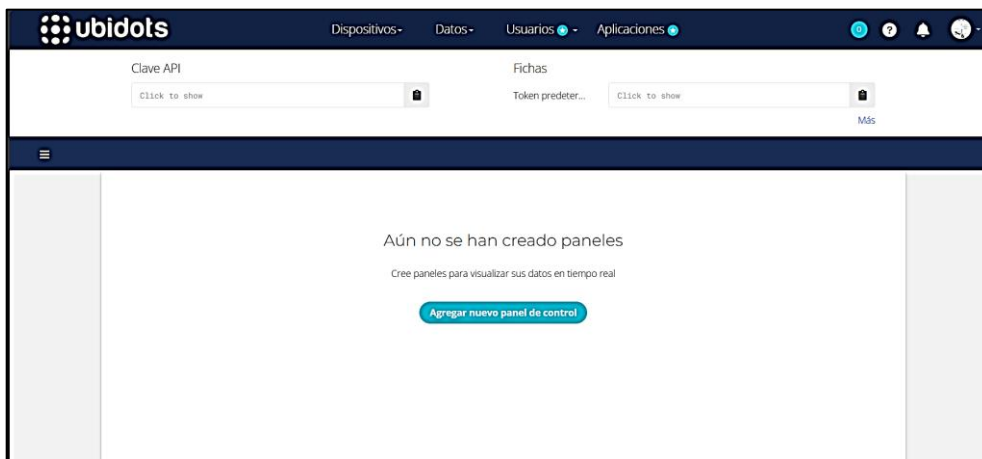


Figura 46: Ventana de verificación de clave y tokens en Ubidots.

El TOKEN obtenido en la página se lo copia y se lo pega en la línea 31 del código de programación del módulo, dentro de las comillas (“”), tal y cómo lo otorga la página de Ubidots, como se muestra en la **Figura 47**.

```
#define TOKEN "BBFF-I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // TOKEN de Ubidots
#define MQTT_CLIENT_NAME "Medidor de Potencia" // Nombre para el cliente MQTT en el servicio de ubidots
```

Figura 47: Agregar TOKEN en el código.

1. Posterior a las modificaciones se carga el nuevo código al módulo ESP32.
2. Se coloca la tapa del equipo y se ajusta con los tornillos.

6.4.5. Colocación del dispositivo

Después de haber cargado exitosamente el código, el siguiente paso consiste en ubicar el dispositivo en la posición donde se desea llevar a cabo el monitoreo de corriente, tal como se ilustra en la **Figura 48**.



Figura 48. Ubicación del dispositivo

A continuación, se describe los pasos que debe seguir:

- Preparación del lugar.
- Conexiones eléctricas.
- Fijación segura.
- Orientación adecuada.
- Comprobación inicial.
- Calibración (si es necesario).
- Pruebas de funcionamiento.
- Condiciones de seguridad.
- Monitoreo continuo.

Preparación del lugar.

Asegúrese de que el entorno donde se va a instalar el dispositivo esté adecuadamente preparado. Esto implica limpiar la superficie, asegurarse también que haya suficiente espacio y que no existan obstáculos que interfieran con el monitoreo.

Conexiones eléctricas.

Verifique que posea una fuente de alimentación en la ubicación seleccionada. Asegúrese de cumplir con los requisitos de voltaje y corriente para circuitos monofásicos con voltaje máximo de 220V y corriente máxima de 100A.

Fijación segura.

Si es necesario, utilice los medios adecuados para fijar el dispositivo en su lugar. Pueden ser tornillos, adhesivos especiales u otros métodos de fijación. Esto evita movimientos no deseados que puedan afectar los resultados del monitoreo.

Orientación Adecuada.

Se verifica que la pantalla del dispositivo esté orientada de manera que sea fácilmente visible y accesible desde el punto de observación. Esto facilita la lectura de los datos.

Comprobación Inicial.

Se enciende el dispositivo y verifique que esté funcionando correctamente. Constatar que la pantalla, las luces estén operando según lo previsto.

Calibración (si es necesario)

Si el dispositivo requiere calibración, siga las instrucciones proporcionadas en el manual, esto es esencial para asegurar mediciones precisas y confiables.

Pruebas de funcionamiento

Se realiza algunas pruebas iniciales para asegurarse de que el dispositivo está registrando las mediciones de manera correcta. Puede comparar con instrumentos de medida.

Condiciones de seguridad

Si el dispositivo está en un área de acceso público o de alto tráfico, tome medidas para garantizar la seguridad de las personas y del propio dispositivo. Esto podría incluir protecciones físicas o señales de advertencia.

Monitoreo Continuo

Una vez que el dispositivo esté instalado y funcionando correctamente, asegúrese de monitorear periódicamente sus lecturas para detectar cualquier anomalía.

Siguiendo estos pasos cuidadosamente, se realiza un monitoreo efectivo y confiable de la corriente en la ubicación deseada.

El siguiente paso consiste en conectar los sensores a los cables de distribución de corriente, siguiendo las indicaciones presentadas en la **Figura 48**. A continuación, se describen los pasos que debe seguir:

- **Identificación de cables:** Asegúrese de identificar los cables de distribución de corriente en los que desea colocar los sensores. Estos cables deben ser los que transportan la corriente que se desea monitorear.
- **Conexión de sensores:** Se conecta los sensores de corriente a los cables de distribución.

- Aislamiento seguro: Asegúrese que las conexiones de los sensores estén aisladas adecuadamente para evitar cortocircuitos o problemas de seguridad.
- Fijación de los sensores: Asegure los sensores en su lugar. Se puede usar bridas, cintas adhesivas especiales u otros métodos para asegurar que los sensores no se muevan ni se desprendan.
- Verificación de conexiones: Antes de continuar, verifique todas las conexiones. Esto es esencial para evitar problemas en el monitoreo.
- Pruebas iniciales: Una vez que los sensores están conectados, realice pruebas iniciales para confirmar que están midiendo la corriente de manera precisa. Puede utilizar cargas conocidas para verificar la exactitud de las mediciones.
- Observación visual: Utilizar la **Figura 49** como guía para asegurar que los sensores estén ubicados de manera correcta en los cables de distribución. Esto permitirá confirmar que estás siguiendo el procedimiento previsto.
- Documentación: Asegúrese de documentar adecuadamente las conexiones y el posicionamiento de los sensores.
- Seguridad: Tome en cuenta cualquier medida de seguridad necesaria mientras se trabaja con cables de corriente. Afírmese de desconectar la alimentación antes de realizar cualquier conexión o desconexión.



Figura 49. Montaje de los cables en los sensores

Siguiendo estos pasos con precaución, se logró conectar los sensores a los cables de distribución de corriente de manera efectiva y precisa, tal y como se muestra en la **Figura 49**.

Una vez que los sensores de corriente estén correctamente conectados, se puede observar en la pantalla LCD los valores que indican las lecturas de corriente. Posteriormente,

es una práctica valiosa comparar estos valores con los obtenidos a través de un multímetro o meter conectados a una carga para validar el funcionamiento de los sensores, como se ilustra en la **Figura 50**.



Figura 50. Comparación de la lectura de datos

La comparación que se efectuó en esta medición involucró el sensor 2, el cual arrojó una lectura de corriente de 23.99 A. En contraste, el Meter presentó una lectura de 22.72 A. Es relevante considerar algunas variables en esta comparación. Tener en cuenta que el dispositivo SENVIOT realiza las lecturas de corriente cada 15 segundos, mientras que el Meter proporciona lecturas instantáneas. Esto podría explicar algunas diferencias en las lecturas detectadas, ya que el meter puede captar fluctuaciones momentáneas que el sensor no podría captar en una única lectura cada 15 segundos.

En resumen, las diferencias entre las lecturas del sensor 2 y las del meter pueden ser atribuidas a una combinación de factores, como la frecuencia de captura, la precisión del sensor, para obtener más precisión, se considera calibrar el dispositivo SENVIOT y ajustar la programación de las lecturas en función de las necesidades del monitoreo y la naturaleza del circuito.

Una vez calibrado y probado el sensor 2, se hace la misma calibración para el sensor 1 y 3. Para continuar con la obtención de datos mediante la tecnología IOT, se realizan los siguientes pasos.

6.4.6. Conexión con la interfaz de usuario

La conexión con IoT se llevó a cabo mediante la plataforma Ubidots, que habilita la visualización en tiempo real de las mediciones y también la posibilidad de almacenar las últimas 100 mediciones en la nube por considerarse una cuenta gratuita.

Para visualizar los datos medidos en tiempo real desde cualquier dispositivo en cualquier parte que tenga conexión a internet, se hace la siguiente configuración en la plataforma de Ubidots:

Una vez abierta la plataforma e iniciar sesión, se abre la página principal en donde se selecciona la pestaña “Agregar nuevo panel de control” esta pestaña nos permite crear un nuevo sistema en la cual se puede agregar dispositivos o variables que se desea controlar o sensor en tiempo real como se muestra en la **Figura 51**.



Figura 51. Ventana principal de usuario Ubidots.

Se despliega la siguiente ventana en donde se procede a llenar los datos iniciando con el nombre del panel dependiendo que tipo de sistema es el que se va a controlar y sensor, hacer clic en guardar o salvar como se detalla en la **Figura 52**.

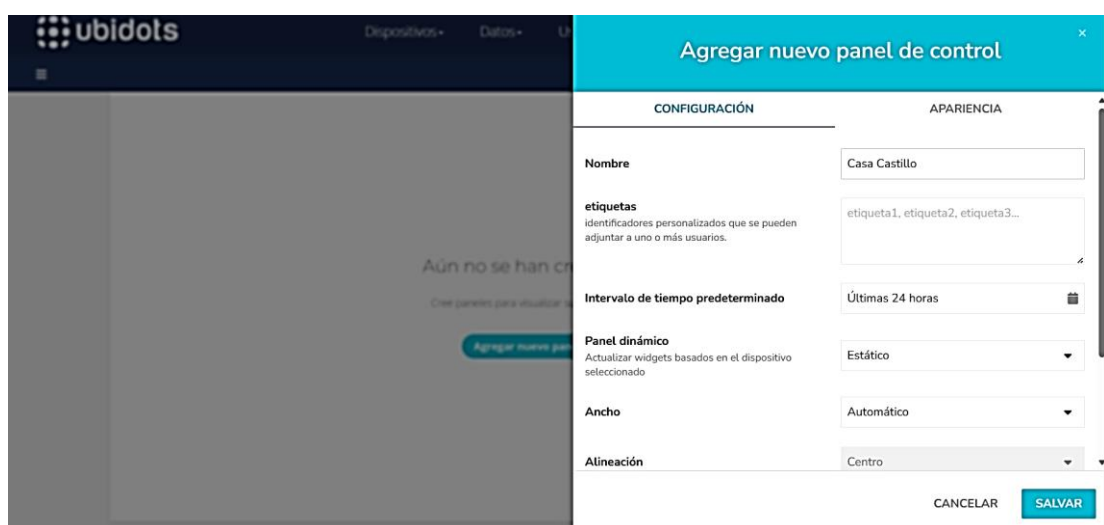


Figura 52. Agregar panel de control Ubidots.

En la siguiente ventana se observa el panel creado con su respectivo nombre, donde se puede agregar dispositivos y tableros que se desea controlar o sensar, para agregar en este caso un nuevo dispositivo, se hace clic en la pestaña “Dispositivos” como se muestra en la figura, y se selecciona “Dispositivos” en la pestaña desplegada como se observa en la **Figura 53**.

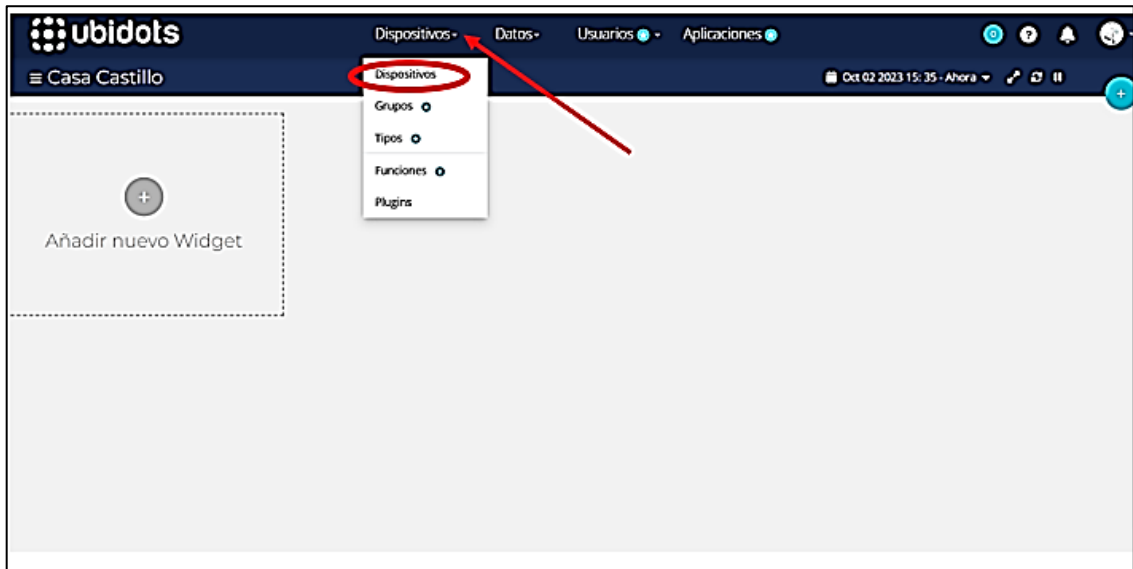


Figura 53. Agregar dispositivos Ubidots.

En la siguiente ventana que se abre, posterior a dar clic en dispositivos se selecciona la pestaña crear dispositivo como se muestra en la **Figura 54**.

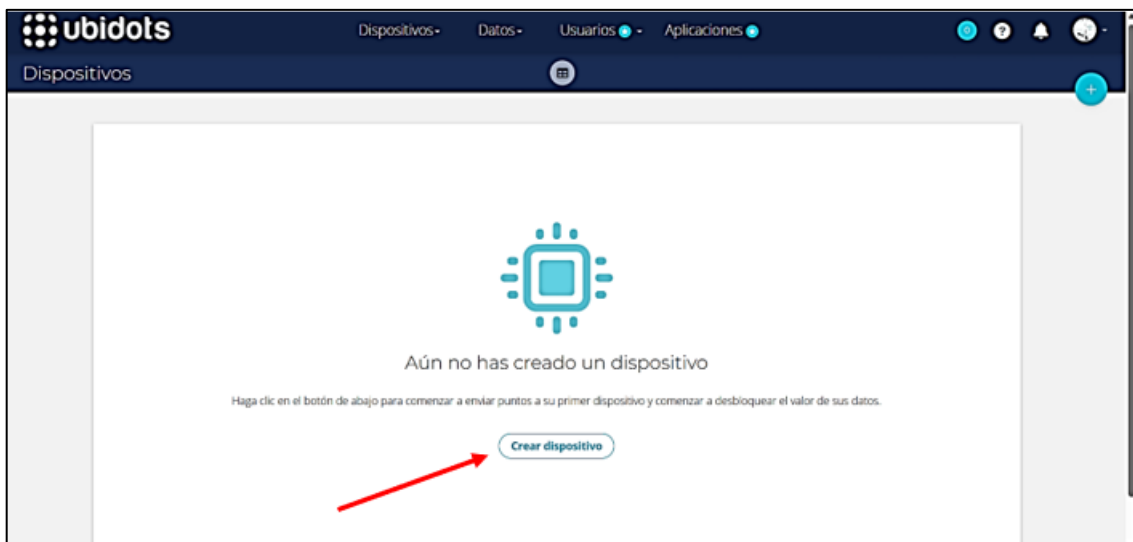


Figura 54. Crear dispositivos Ubidots.

Luego se despliega una pestaña en la que se elige el tipo de dispositivo a gobernar, en este caso se selecciona la pestaña de “Dispositivo en blanco” como se observa en la **Figura 55**.

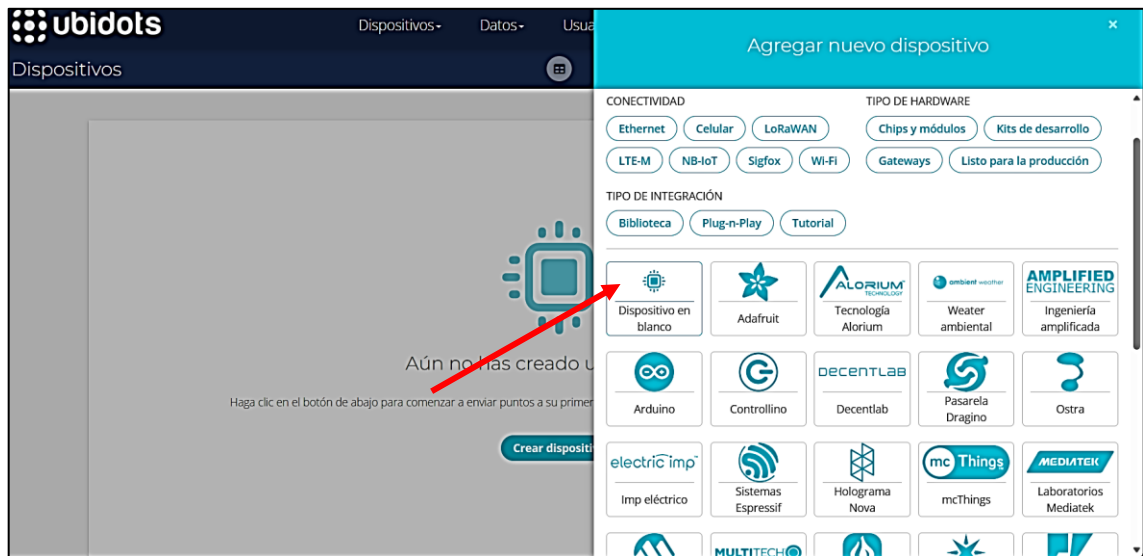


Figura 55. Crear dispositivos en blanco Ubidots.

En la ventana siguiente se ingresan los datos del dispositivo a crear, en este caso en particular se ingresa el nombre como se indica en la **Figura 56** y luego hacer clic en la pestaña del visto para aceptar.

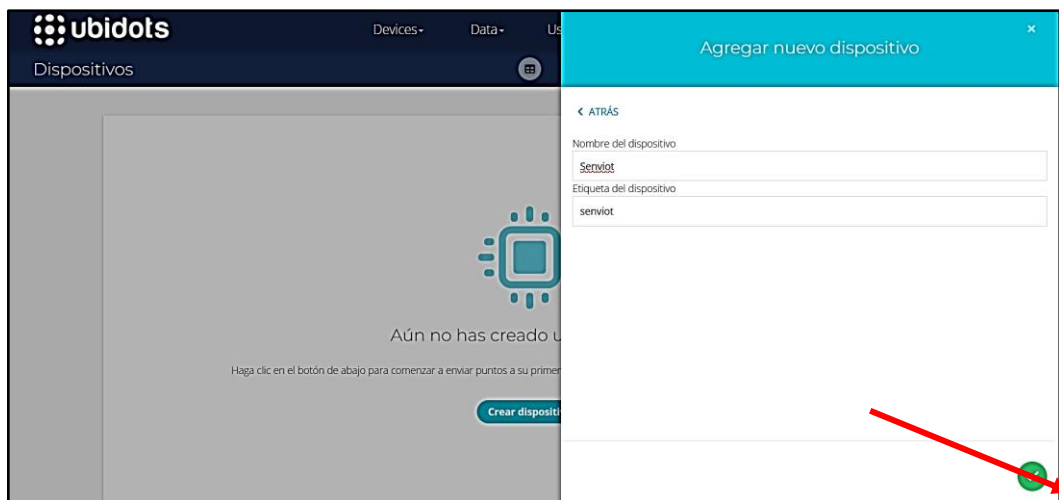


Figura 56. Agregando nombre de dispositivos en blanco Ubidots.

Como se puede observar en la ventana siguiente, ya se encuentra creado el nuevo dispositivo llamado SENVIOT, en el cual se tiene la opción de crear variables específicas, mismas que se desea sensar en este caso en particular, para crear las variables se selecciona en la pestaña del dispositivo creado como se observa en la **Figura 57**.

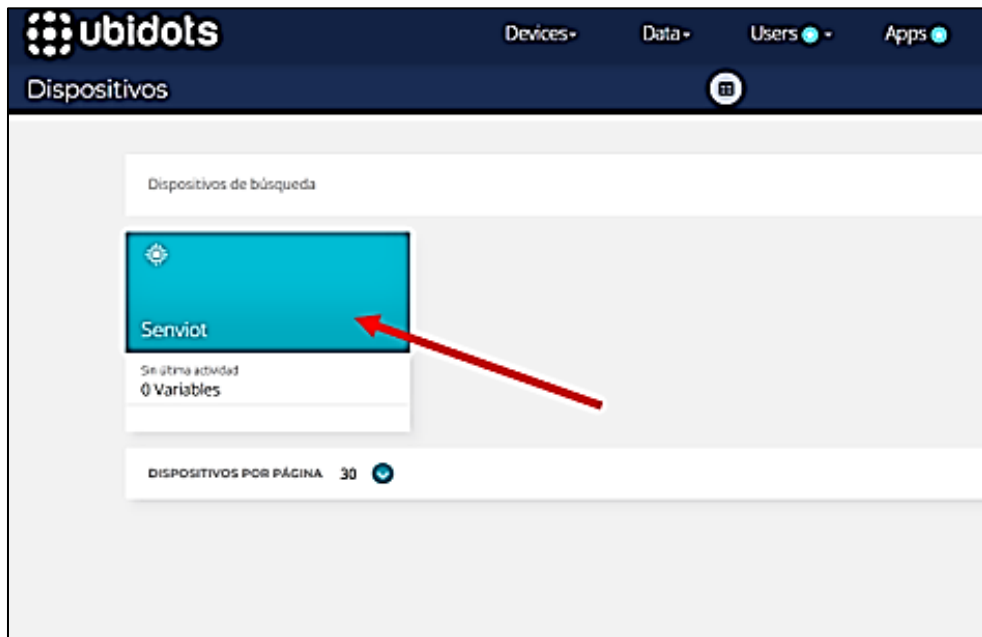


Figura 57. Dispositivo agregado Ubidots.

En la ventana siguiente se observa cómo se puede ir agregando variables según los datos que se necesita sensor, en este caso se va a crear ocho variables ya que son los datos de los sensores de voltaje y corriente que tiene el dispositivo SENVIOT ya instalado en su sitio.

Para crear estas nuevas variables se selecciona en el recuadro “Agregar Variable” y luego hacer clic en la pestaña “crudo” tal como se muestra en la **Figura 58**

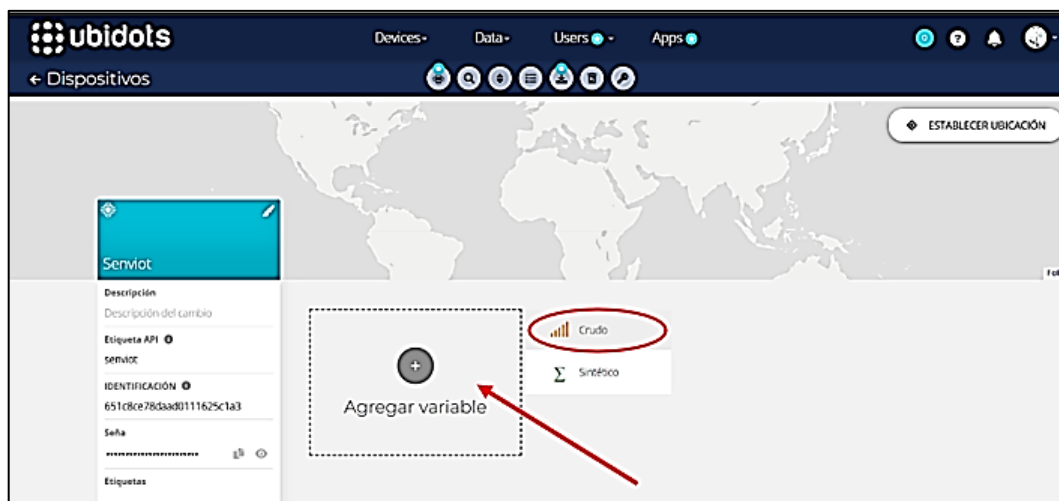


Figura 58. Agregar variables en dispositivo SENVIOT.

Una vez seleccionado el tipo de variable se crea automáticamente la variable en el recuadro en la cual se ingresa el nombre correspondiente, en este caso se agrega el nombre de voltaje y así sucesivamente con las variables que mide el dispositivo.

En la **Figura 59** se detalla el paso para ingresar el nombre de la variable y en la **Figura 60** se observa las ocho variables creadas con sus respectivos nombres que sensan los datos que envía el dispositivo SENVIOT en tiempo real.

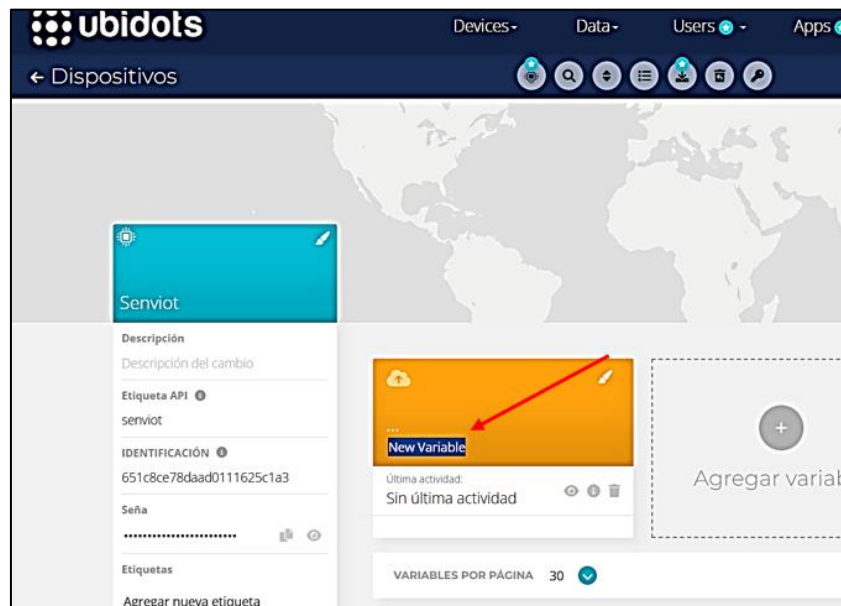


Figura 59. Variable agregada en dispositivo Ubidots.

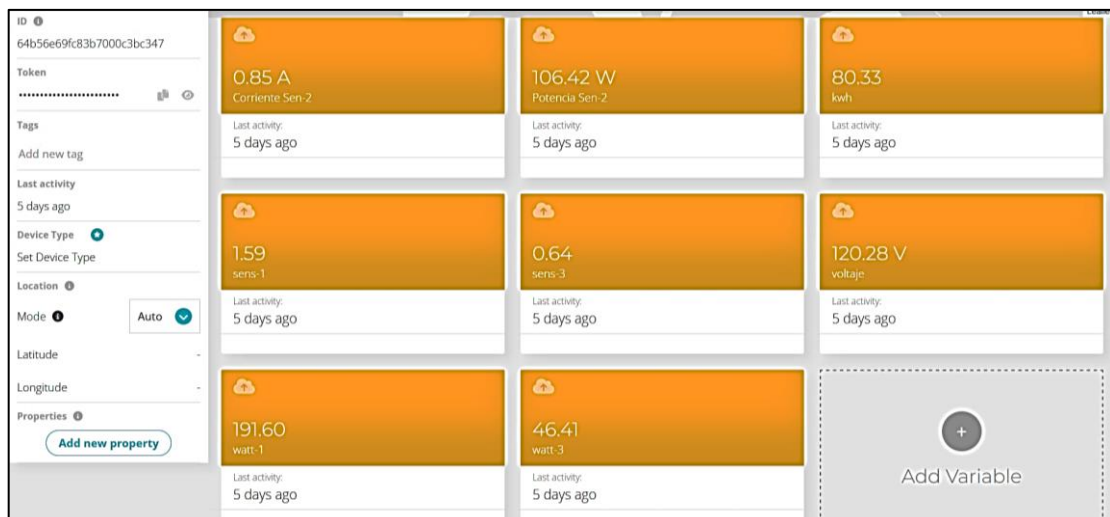


Figura 60. Variables sensadas por el dispositivo SENVIOT.

Finalmente, para obtener los datos desde los sensores hacia las variables creadas se hace la comunicación mediante el código API que se encuentra dentro de cada variable, en la ventana que se observa en la

Figura 61, este código API se inserta en la línea 37 del código de Arduino como se observa en la captura de la **Figura 62**.

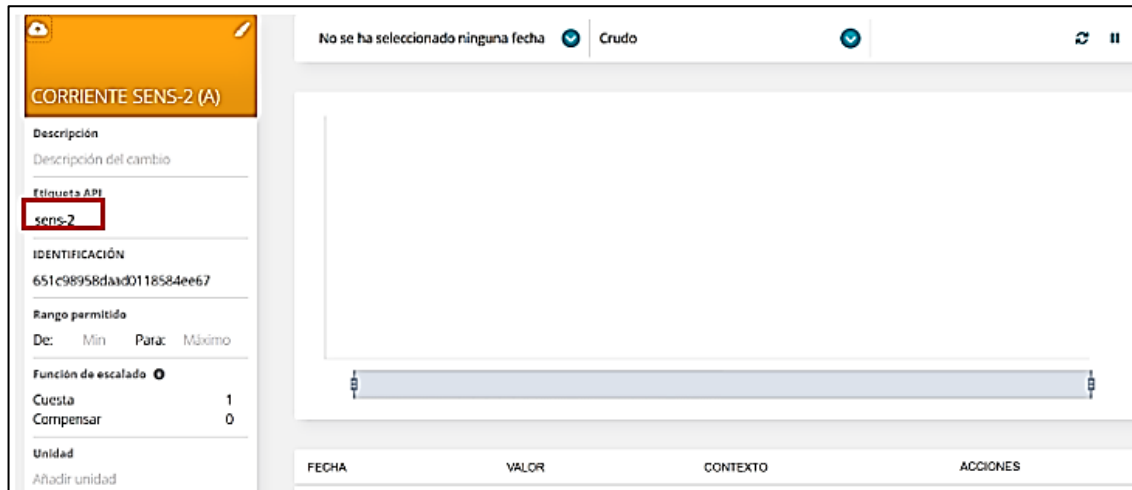


Figura 61. Código API de la variable sensor 2 del SENVIOT en plataforma Ubidots

```
#define VARIABLE_LABEL1 "Sens 1" // Nombre de la variable para ubidots
#define VARIABLE_LABEL2 "Sens 2" // Nombre de la variable para ubidots
#define VARIABLE_LABEL3 "Sens 3" // Nombre de la variable para ubidots

#define VARIABLE_LABEL5 "Voltaje" // Nombre de la variable para ubidots

#define VARIABLE_LABEL6 "Watt 1" // Nombre de la variable para ubidots
#define VARIABLE_LABEL7 "Watt 2" // Nombre de la variable para ubidots
#define VARIABLE_LABEL8 "Watt 3" // Nombre de la variable para ubidots
```

Figura 62. Parte del código de comunicación entre sensores y variables mediante el código API.

La integración exitosa con la plataforma Ubidots no solo permitió visualizar las mediciones en tiempo real, sino que también almacenó los valores en la nube para futuros análisis y procesamiento.

La interfaz con el usuario debe mostrar la información más importante del sistema: corriente, voltaje, potencia y energía.

6.5. Comparación de las medidas del dispositivo.

Se llevaron a cabo mediciones de la potencia de una ducha eléctrica, ver **Anexo 5**, utilizando tanto el dispositivo desarrollado como un dispositivo de referencia conocido como

"Multi-Function Digital Meter". Los datos para las gráficas fueron obtenidos desde la plataforma de Ubidots en la variable correspondiente, en este caso las pruebas que se hicieron a una ducha eléctrica de 4000 W, estos valores se graficaron en Matlab para una mejor observación del comportamiento de las curvas.

Los resultados obtenidos fueron notoriamente similares, como se aprecia en la **Figura 63** donde la línea roja representa las mediciones del dispositivo desarrollado y la línea azul corresponde al Meter. se puede notar que existe un cambio de nivel de corriente en el momento preciso que se hace uso de la ducha eléctrica

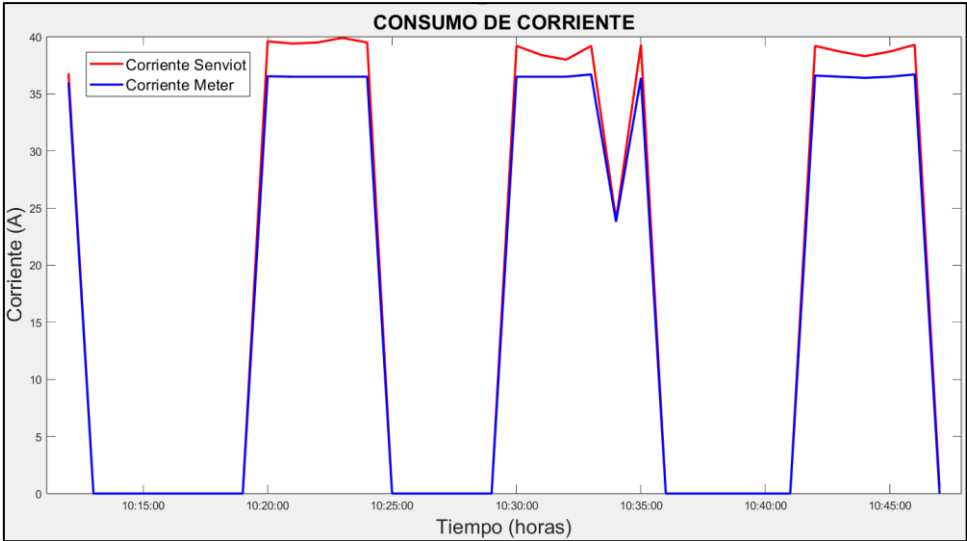


Figura 63. Corriente de consumo graficados en Matlab

En la gráfica de la **Figura 64** se puede observar el voltaje consumido que sensa los dos dispositivos en tiempo real al usar la ducha, el comportamiento de las curvas es similar con una diferencia de 2 voltios. Desde el minuto 23 se puede notar la diferencia de consumo al encender la ducha y el voltaje baja considerablemente. Aunque el rango de medición de voltaje en el dispositivo SENVIOT es más elevado, lanzando valores mínimos y máximos en un rango de 5 voltios.

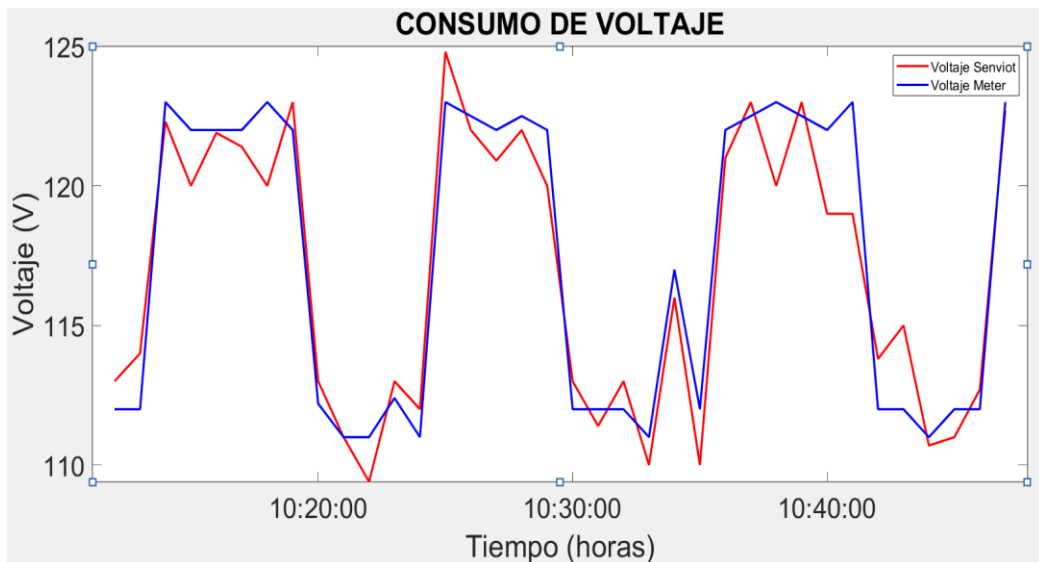


Figura 64. Voltaje de consumo graficados en Matlab

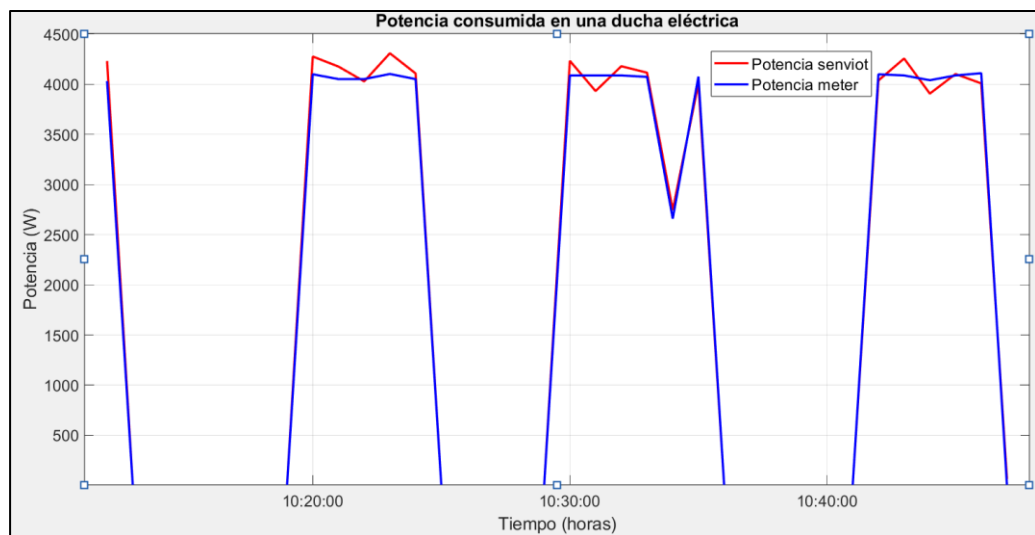


Figura 65. Potencia consumida del dispositivo SENVIOT medida y comparada con meter.

Estas mediciones se realizaron el 07/09/2023, en un período que abarcó desde las 10:12 hasta las 10:29, durante el cual ambos dispositivos proporcionan lecturas cercanas. Uno de los puntos más destacados de las mediciones ocurrió a las 10:14, cuando el dispositivo SENVIOT registró una lectura de 2746 W, siendo esta la lectura más baja en un momento en que la ducha estaba funcionando a plena carga. En ese mismo instante, el dispositivo meter arrojó una lectura de 2660 W.

Las pruebas se realizaron en un caso real de uso de una ducha eléctrica cuando el usuario enciende y apaga la ducha cada 5 minutos, por tal motivo, la curva de potencia y corriente desciende a el valor de cero cada 5 minutos.

Para evaluar la precisión del dispositivo desarrollado en comparación con el Meter, se calculó el porcentaje de error utilizando la siguiente fórmula:

$$\%_{error} = \left(\frac{|P_{Meter} - P_{Senviot}|}{\frac{P_{Meter} + P_{Senviot}}{2}} \right) * (100)$$
$$\%_{error} = \left(\frac{|2660W - 2746W|}{\frac{2660W + 2746W}{2}} \right) * (100)$$
$$\%_{error} = 0.79$$

En este caso, resultó en un porcentaje de error del 0.79 %, indicando que las mediciones del dispositivo desarrollado no difieren en comparación con las medidas dadas por el Meter. Este valor indica una buena concordancia entre ambos dispositivos, respaldando la confiabilidad del dispositivo desarrollado para medir la potencia en aplicaciones similares.

Para una prueba general del equipo SENVIOT se procedió a instalar el dispositivo junto al meter en un tablero de distribución principal para comparar datos de medición en tiempo real de cada equipo ver **Tabla 12** del **Anexo 6**, y así mismo ver su funcionamiento cuando existen varias cargas al mismo tiempo como sería en un caso real.

En la **Figura 66** se observa los dispositivos instalados en la fase de entrada de un tablero de distribución monofásico con sus respectivos sensores por los cuales va a obtener los datos que van a ser procesados y observados en el dispositivo SENVIOT y la plataforma Ubidots.



Figura 66. Prueba general de los dispositivos

A continuación, se observa los datos tomados en las pruebas de corriente, voltaje, potencia y energía con el dispositivo SENVIOT, con los 3 sensores conectados, de los cuales se tomaron en cuenta los datos del sensor de 50 amperios para la demostración de las gráficas comparadas entre el dispositivo y el meter. Sin embargo, se omite los valores del sensor de 20 amperios por que se encuentra fuera del rango de medición.

En la gráfica de la **Figura 67** se puede observar los datos de corriente tomados con el dispositivo SENVIOT (barra azul), y datos tomados por el dispositivo Meter (barra roja), en un tiempo de media hora.

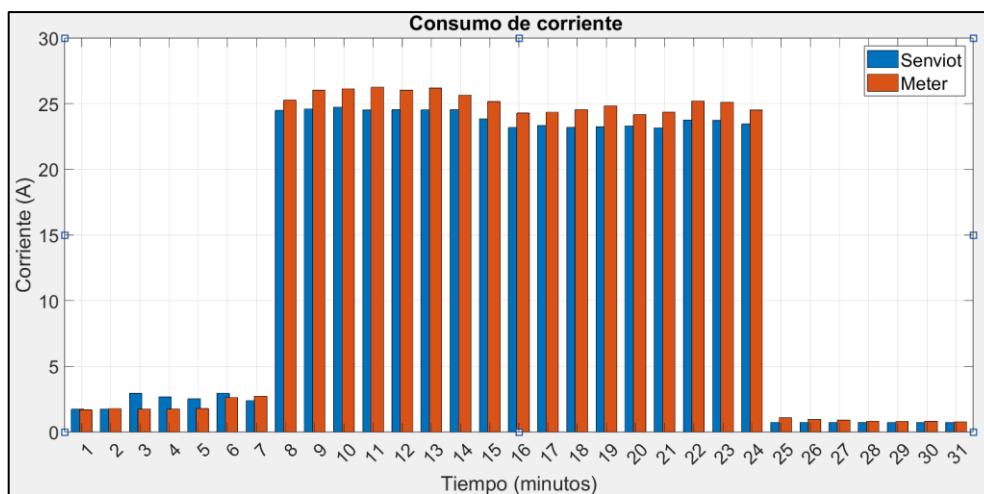


Figura 67. Gráfica en Matlab de corriente consumida en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

En la **Figura 67** se observa la diferencia entre los datos de corriente sensados por los 2 dispositivos, se puede notar que existe un porcentaje de error no constante, esto por la diferencia de toma de datos de los diferentes dispositivos, ya que para el dispositivo SENVIOT el rango de medición varía un poco más que la del meter. También se nota el consumo elevado que es producido por la ducha eléctrica que se sumó a la carga general de la casa por unos 17 minutos, el cual se puede observar en la gráfica desde el minuto 8 hasta el minuto 24,

Para constancia del buen funcionamiento de la comunicación IoT se procede a abrir la página Ubidots y elegir la variable correspondiente, que en este caso sería la corriente del sensor 2 para obtener los datos en el mismo momento en el que se hicieron las pruebas anteriores consiguiendo la siguiente gráfica de corriente.

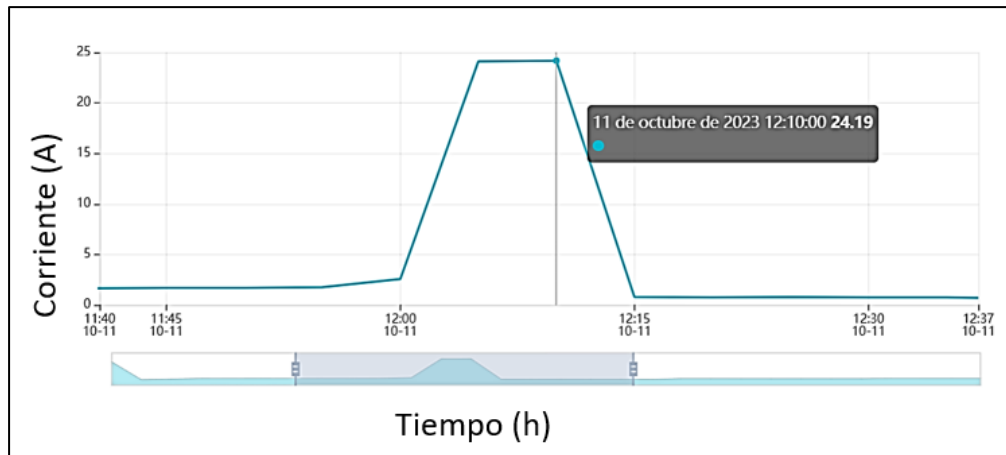


Figura 68. Gráfica en Ubidots de corriente consumida en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

En la **Figura 68** se puede notar que el comportamiento de la gráfica de corriente que arroja la plataforma Ubidots en el mismo tiempo que se hicieron las pruebas, son similares a las gráficas obtenidas por los datos sensados por los dispositivos, confirmando así el buen funcionamiento de la comunicación en tiempo real del dispositivo con la plataforma. Por otro lado, se puede notar una leve diferencia en cuanto al comportamiento, esto sucede porque el lapso de captación de datos se da cada 5 minutos en la plataforma Ubidots.

En la gráfica de la **Figura 69** se puede observar los datos de voltaje tomados con el dispositivo SENVIOT (barra azul), y datos tomados por el dispositivo Meter (barra roja), en un tiempo de media hora.

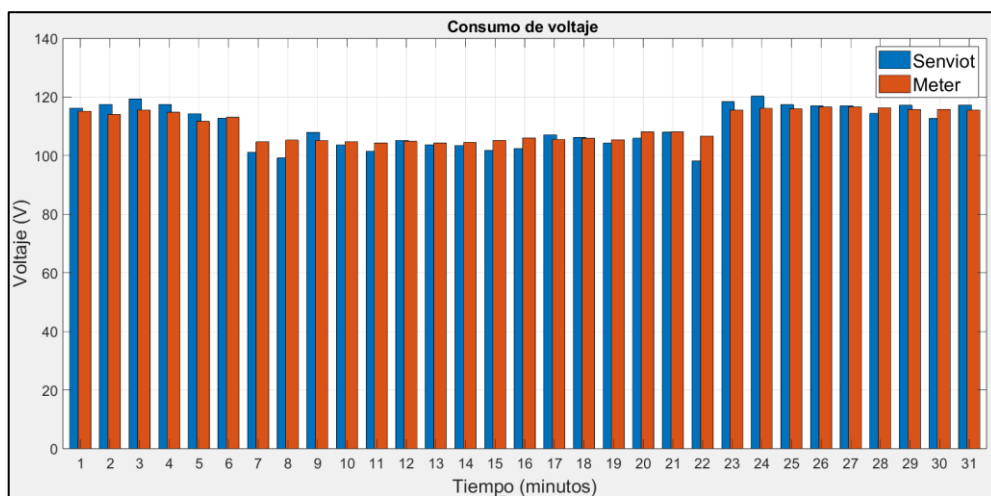


Figura 69. Gráfica en Matlab de voltaje consumido en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

En la gráfica de la **Figura 69** se puede notar que el comportamiento de los datos de voltaje es similar, ya que el voltaje no causa un cambio importante cuando existen cargas especiales en un domicilio. Del minuto 7 a 22 se puede notar que el voltaje cayó unas 15 unidades de voltaje.

Lo mismo se puede notar en la gráfica de la **Figura 71** que lanza la plataforma Ubidots en el sensor 2 de voltaje, observando así, el mismo cambio de valores de voltaje en el mismo instante en el que se enciende la ducha eléctrica,

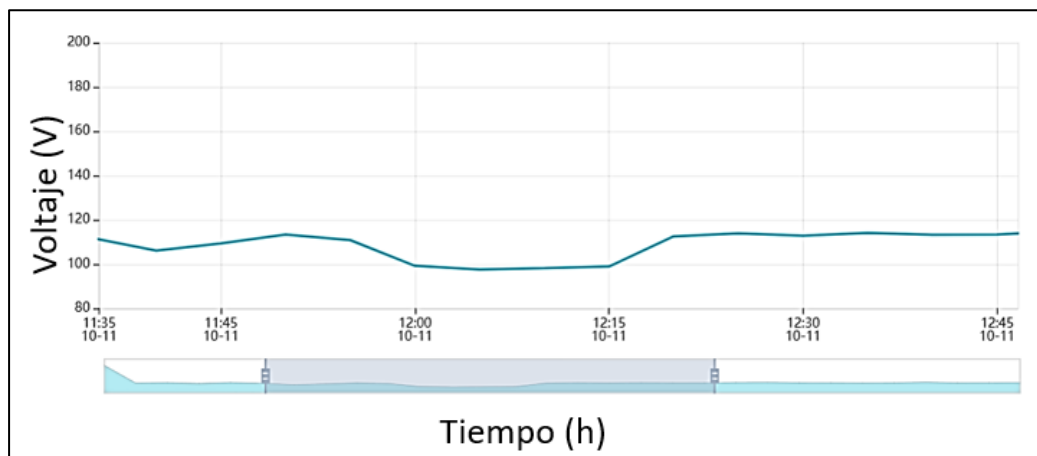


Figura 70. Gráfica en Ubidots de voltaje consumido en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

Como se observa en la gráfica de la **Figura 71**, la diferencia entre los datos de medición del equipo SENVIOT y meter son mínimas, no obstante, hay tiempos en los que las dos mediciones son casi iguales, como se puede observar, del minuto 1 al 6, el valor promedio se encuentra en 250 W, esto por el consumo al mismo tiempo que se está produciendo por una lavadora y algunos artefactos del hogar, desde el minuto 7 al 23 se produce adicionalmente el consumo de una ducha eléctrica de 2500 W, lo que hace elevar la potencia a más de 2500 W, esto se da por que el consumo de corriente se eleva y con eso la potencia. Desde el minuto 24 en adelante se reduce el valor por consecuencia del apagado de la ducha, quedando los valores del consumo de los aparatos que normalmente consumen en una casa.

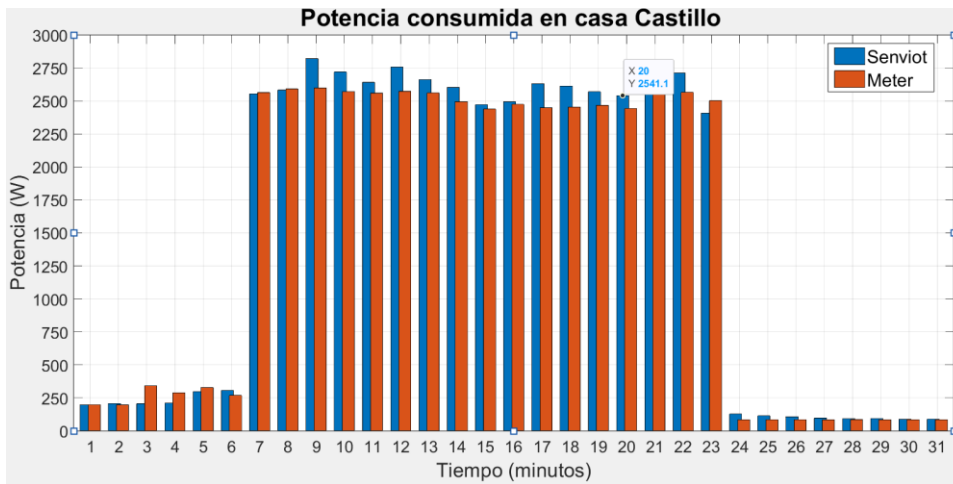


Figura 71. Gráfica en Matlab de potencia consumida en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

En la **Figura 72** de la plataforma Ubidots se puede observar los datos de medición del dispositivo SENVIOT en tiempo real, en la que existe una diferencia en el comportamiento de la curva en comparación con la gráfica de la **Figura 71**, esto se debe a que en la plataforma los datos que se obtienen son cada 5 minutos, por lo que en un lapso de 5 minutos existieron datos muy elevados que captaron los dispositivos, pero que en la plataforma no se pueden observar, para esto, exportamos los datos en una matriz de Excel para generar las curvas de demanda diaria..

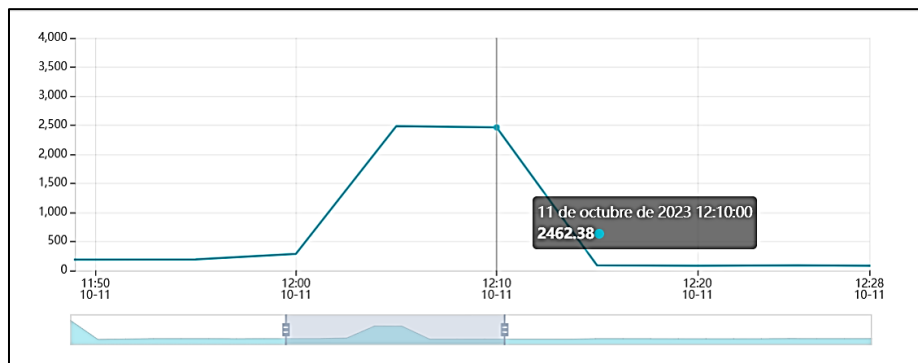


Figura 72. Gráfica en Plataforma Ubidots de potencia consumida en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 30 minutos.

En la **Figura 73** se observa el comportamiento de los datos sensados, calculando la energía consumida en un tiempo de 30 minutos, en la gráfica se muestra una elevación de la energía en el minuto 7, que es en el cual se enciende los aparatos de mayor consumo. Que para el minuto 31 se refleja un consumo de 1.6 kWh en total, cabe recalcar que este consumo se va sumando mientras aumentan las cargas, este funciona como el medidor de energía de la EERSSA. Es necesario calcular la energía total consumida cada 15 minutos.

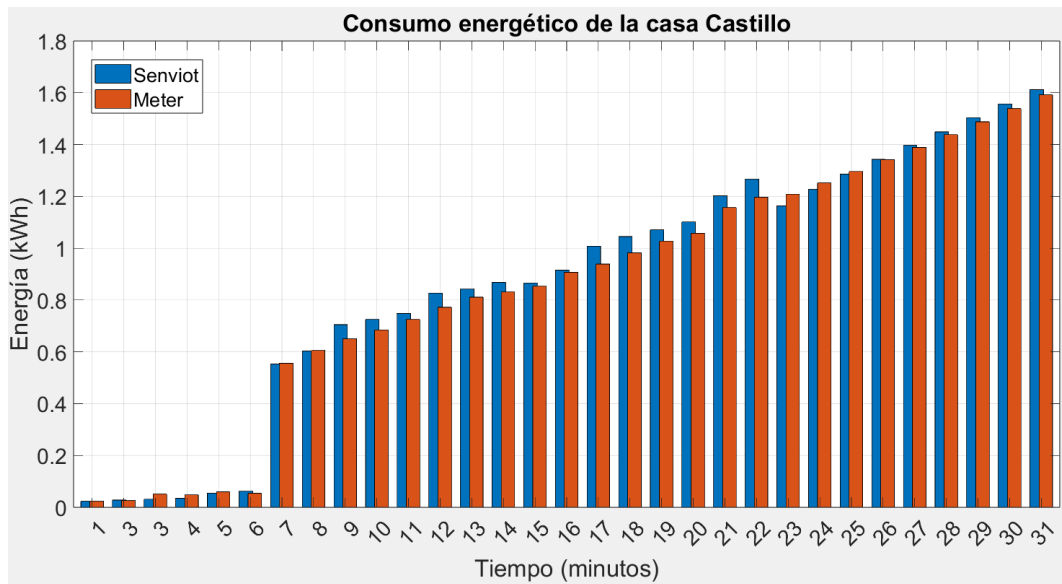


Figura 73. Gráfica en Matlab de Energía consumida en casa Familia Castillo con sensor de 50 A en un tiempo de 31 minutos.

En la gráfica de la **Figura 74** se puede notar la lectura de energía que sensa el Meter con un valor de 1.67 kWh, corroborando los datos calculados en la **Figura 73** que hasta el minuto 31 mide una energía de 1.6 kWh. Y con esta última parte se finaliza con las pruebas necesarias para comprobar el buen funcionamiento del dispositivo SENVIOT.



Figura 74. Imagen de los dispositivos conectados y midiendo datos en tiempo real

Tabla 9. Tabla de coste del prototipo

Artefacto	Precio (\$)
Sensores de corriente	65
Sensor de voltaje	22
ESP32	15
Otros Gastos	100
TOTAL	202

7. Discusión

El presente trabajo es el desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo de variables eléctricas requeridas en un sistema de gestión energética, el dispositivo SENVIOT permite la recolección de datos mediante sus sensores de corriente y voltaje: el sensor YHDO SCT-013 y el ZMPT101B respectivamente; además del microcontrolador ESP32 que permite la conectividad y el intercambio de información con la nube de la plataforma Ubidots. El propósito es mejorar la eficiencia energética para reducir costos, reducir el impacto ambiental, aumentar la sostenibilidad mediante la adopción de nuevas tecnologías como la IoT.

Para realizar el dispositivo SENVIOT, se tomó en cuenta los sensores de corriente y voltaje, además del microcontrolador, que son los dispositivos más importantes en el presente trabajo. La arquitectura IoT se desarrolló en el programa Arduino IDE, donde se establecen las variables para facilitar la toma de datos desde los dispositivos hacia la nube. La selección de la plataforma Ubidots es importante mediante el protocolo MQTT, este permite la interconexión con el microcontrolador para el intercambio de información y almacenamiento de datos.

Cabe recalcar que el presente trabajo se lo desarrolló tomando en cuenta el dispositivo Emporia, este otorga posibilidades como la temporización de los artefactos conectados, control remoto desde cualquier lugar, entrega de datos cada segundo, entre otras prestaciones. (EMPORIA, 2021). Al igual que el dispositivo SENVIOT permite receptor datos cada cierto intervalo de tiempo: en segundos, 15 minutos, 1 día.

Algunas de las ventajas del dispositivo Emporia es que cuenta con su propio dashboard que permite la visualización de datos, una eficiente gestión de los datos.

El dispositivo SENVIOT cuenta con algunas desventajas las cuales se detallan a continuación: primeramente, el extenso código que ocupa gran parte de la memoria interna del microcontrolador ESP32 (4MB) esto limita a utilizar más sensores de corriente, el tamaño del dispositivo no permite colocarlo en el tablero de distribución general.

En una segunda versión se puede adecuar el dispositivo agregando un dispositivo llamado micro SD card module que permite introducir tarjetas de memoria de cualquier capacidad. También se puede manejar otro tipo de plataformas como dashboard y tener una visualización de datos más digerible y además trabajar en el tamaño del dispositivo para que pueda ser colocado en cualquier caja de distribución general.

8. Conclusiones.

- Para el desarrollo del sistema IoT, se seleccionaron sensores de corriente no invasivos de modelos YHDO SCT 013 (20, 50 y 100 A) y el sensor de voltaje modelo ZMPT101B con el propósito de medir las variables eléctricas: amperaje y voltaje consecutivamente en sistemas eléctricos monofásicos de baja tensión. Tras un análisis, se determinó que el microcontrolador ESP32 con conectividad Wi-Fi y el protocolo MQTT son las opciones más apropiadas en términos de ancho de banda y comunicación en tiempo real para un monitoreo.
- El prototipo se ensambló incorporando tres sensores de corriente no invasivos (YHDO SCT) y un sensor de voltaje (ZMPT101B) de instalación rápida, lo que permite la adquisición, almacenamiento, visualización en tiempo real de los datos de corriente, voltaje y potencia. Esto se logra mediante la posibilidad de ajustar las frecuencias de muestreo según las necesidades del usuario. Además, el sistema realiza el cálculo y muestra el consumo histórico de energía eléctrica en intervalos configurables como lo son: 15 segundos, un minuto, 15 minutos, una hora, un día.
- La validación del sistema IoT, que incluyó pruebas y calibración utilizando un dispositivo de referencia comercial, resultó en una significativa reducción del error al 0.79% en comparación con el equipo comercial de referencia. Este nivel de precisión es adecuado para las aplicaciones relacionadas con la gestión de energía. Además, se elaboró un manual de usuario que proporciona una guía para la configuración de la conexión Wi-Fi, frecuencias de muestreo, intervalos y constantes de calibración.

9. Recomendaciones

- Desarrollar una aplicación gratuita, que permita una comunicación con IoT, y permita el registro y visualización de datos de las variables eléctricas en media y baja tensión que son requeridos en un Sistema de Gestión Energética.
- Diseñar una carcasa del medidor, más pequeña que se la pueda introducir dentro del tablero de distribución general, que permite ahorrar espacio.
- Realizar adecuaciones en el dispositivo agregando el dispositivo Micro SD Module para extender la memoria interna y evitar errores en la lectura y almacenamiento de datos
- Implementar más sensores de corriente para que ayuden a mejorar el prototipo y aplicarlos en el sector industrial.

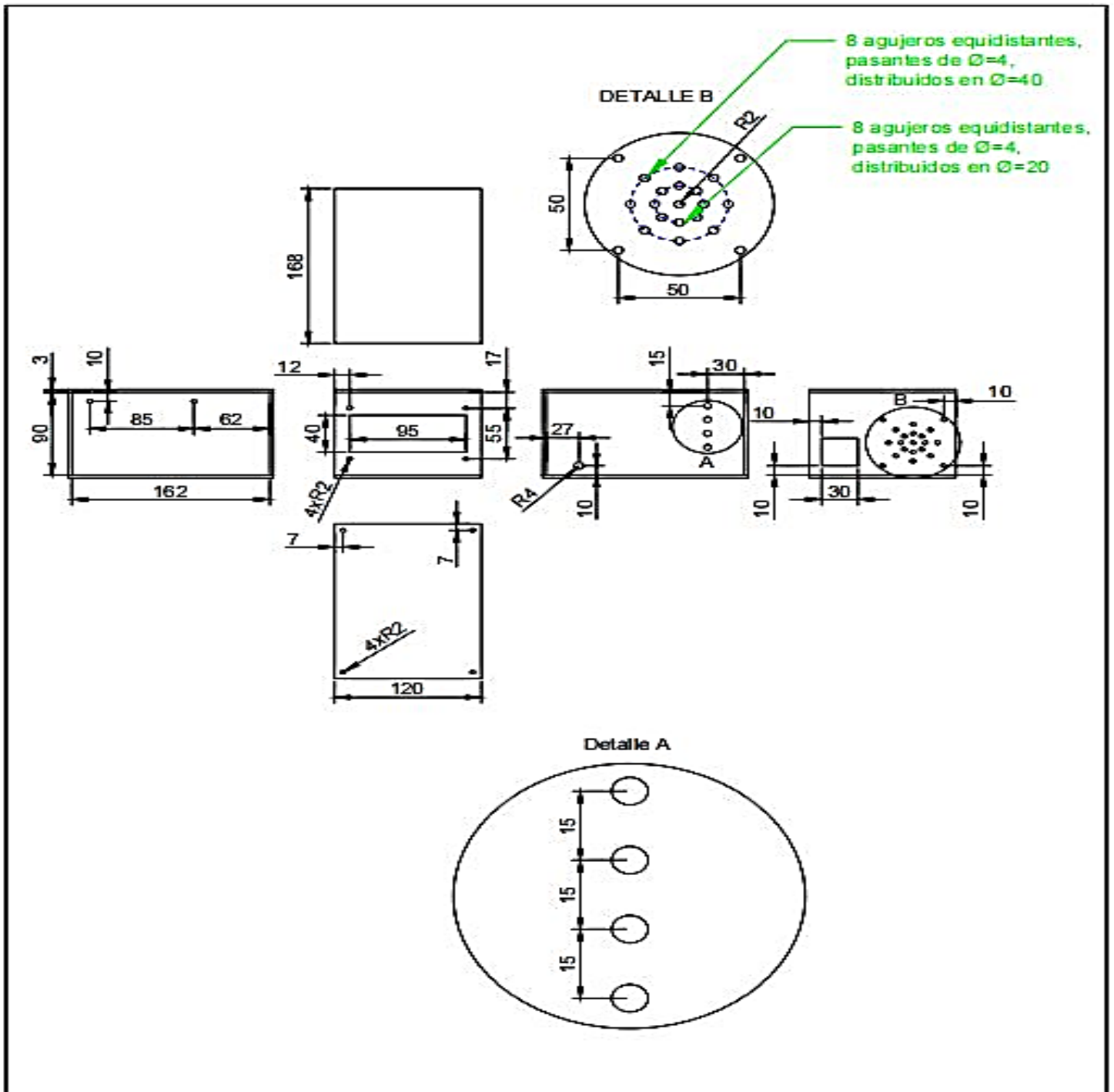
10. Bibliografía

- Aidecoolr Alta Calidad 60x60x25 Inversor Solar Fandc 12v 24v 4000rpm Ventilador De Refrigeración Ventilador De Flujo Axial—Buy Cooling Fan,Axial Flow Fan Solar Inverter Fan,Radiator Cooling Fan Product on Alibaba.com. (s. f.). Recuperado 6 de agosto de 2023, de <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Aidecoolr-1600717304796.html?spm=a2700.7724857.0.0.41e6c7e3ZMrFy2&s=p>
- Carrillo, M. V. (2021). Introducción de Arduino. 9(4).
- Cevallos, D. (2020). DESARROLLO DE UN SISTEMA IoT PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DOMÉSTICOS DE MAYOR CONSUMO. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE ISRAEL.
- Corona, J. (2013). Monitoreo de energía eléctrica. Revista Energy Management. <https://e-management.mx/2013/10/08/monitoreo-de-energia-electrica/>
- Delgado, D. M. (2019). Algoritmo de gestión energética aplicado dentro de las WSN's. Electronilab—Tienda de electrónica, arduino, programadores, componentes y mucho más—Bogotá—Colombia. (s. f.). Recuperado 14 de junio de 2023, de <https://electronilab.co/>
- (electropeak, 2020). (s. f.). Pro Tips Archives. Electropeak. Recuperado 14 de junio de 2023, de <https://electropeak.com/learn/bytype/protips/>
- How the Gen 2 Vue Energy Monitor Works. (s. f.). Recuperado 15 de junio de 2023, de <https://www.emporiaenergy.com/how-the-vue-energy-monitor-works>
- Instalaciones Electricas: Acometida | Acometida, Diagrama de instalacion electrica, Instalación electrica. (2018). Pinterest. <https://ar.pinterest.com/pin/846747167428584390/>
- Kosina, V. G. M. (2019). Gestión energética basada en protocolos IoT y procesamiento de datos en la nube.
- Michel de Laira,. (2017). BENEFICIOS DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA.

- Mohammadi, M., & Aledhari, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Ochoa, D. S., Castro, J. D. M., & Zapata, J. A. (2016). INTERNET DE LAS COSAS (IOT) ASOCIADO A LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL SECTOR ELÉCTRICO.
- Patricio Sampualo. (2019). Redes LPWAN.
- Rueda, J. S., & Talavera Portocarrero, J. M. (2017). Similitudes y diferencias entre Redes de Sensores Inalámbricas e Internet de las Cosas: Hacia una postura clarificadora. *Revista Colombiana de Computación*, 18(2), 58-74. <https://doi.org/10.29375/25392115.3218>
- SALAZAR, J. (2015). INTERNET DE LAS COSAS.
- Tableros Electricos—STANDPARKER. (s. f.). Recuperado 15 de junio de 2023, de <http://www.standparker.com/mantenimiento/tableros-electricos/>
- Torrente Artero, Ó. (2013). *Arduino: Curso práctico de formación*. Alfaomega : Libros RC.
- XiDiTechnology. (s. f.). Recuperado 15 de junio de 2023, de <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1328320/YHDC/SCT-013-050/1>

11. Anexos

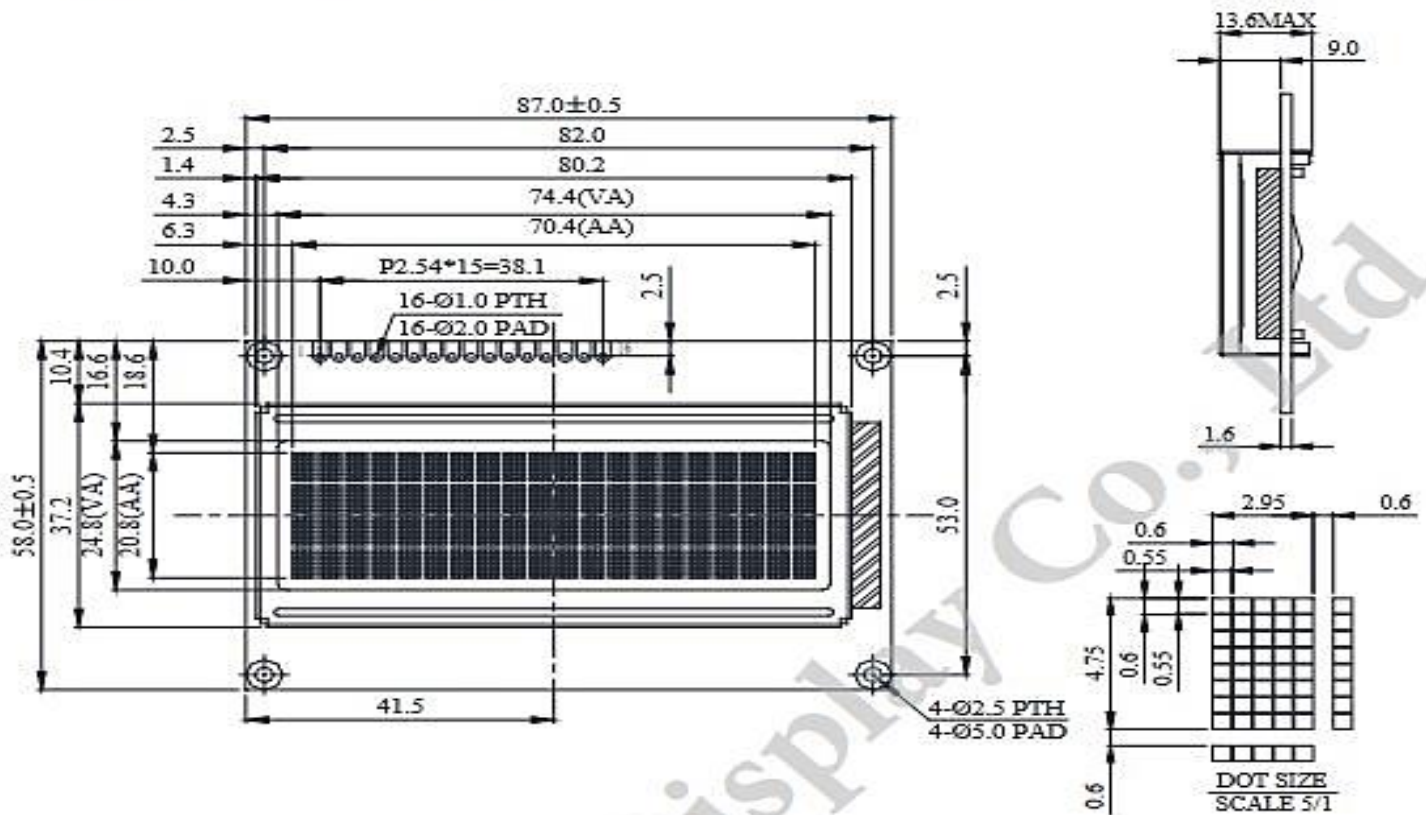
Anexo 1: Medidas de la caja.



						Material: <i>Acrílico</i>	PESO:
				FECHA:	NOMBRE:	DENOMINACIÓN:	ESCALA:
			DIBUJÓ:		<i>Bryan Castillo</i>	<i>Caja</i>	1 : 5
			REVISÓ:		<i>Ing. José Cuenca</i>		
			APROBÓ:		<i>Ing. José Cuenca</i>		
EDI:	MODIFI:	FECH:	NOMB:			CÓDIGO:	00.01.00

Anexo 2: Display alfanumérico 20x4 (LCD).

WH2004G Character 20x4



Feature

1. 1.5x8 dots includes cursor
2. Built-in controller (RW1063 or Equivalent)
3. +5V power supply (Also available for +3V)
4. Negative voltage optional for +3V power supply
5. 1/16 duty cycle
6. LED can be driven by PIN1, PIN2, PIN15, PIN16 or A and K
7. Interface : WH2004G - 6800, WH2004G1 - SPI, WH2004G2 - I2C

Mechanical Data

Item	Standard Value	Unit
Module Dimension	87.0 x 58.0	mm
Viewing Area	74.4 x 24.8	mm
Mounting Hole	82.0 x 53.0	mm
Character Size	2.95 x 4.75	mm

Pin No.	Symbol	Description
1	V _{SS}	Ground
2	V _{DD}	Power supply for logic
3	V _O	Contrast Adjustment
4	RS	Data/ Instruction select signal
5	R/W	Read/Write select signal
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	A	Power supply for B/L +
16	K	Power supply for B/L -

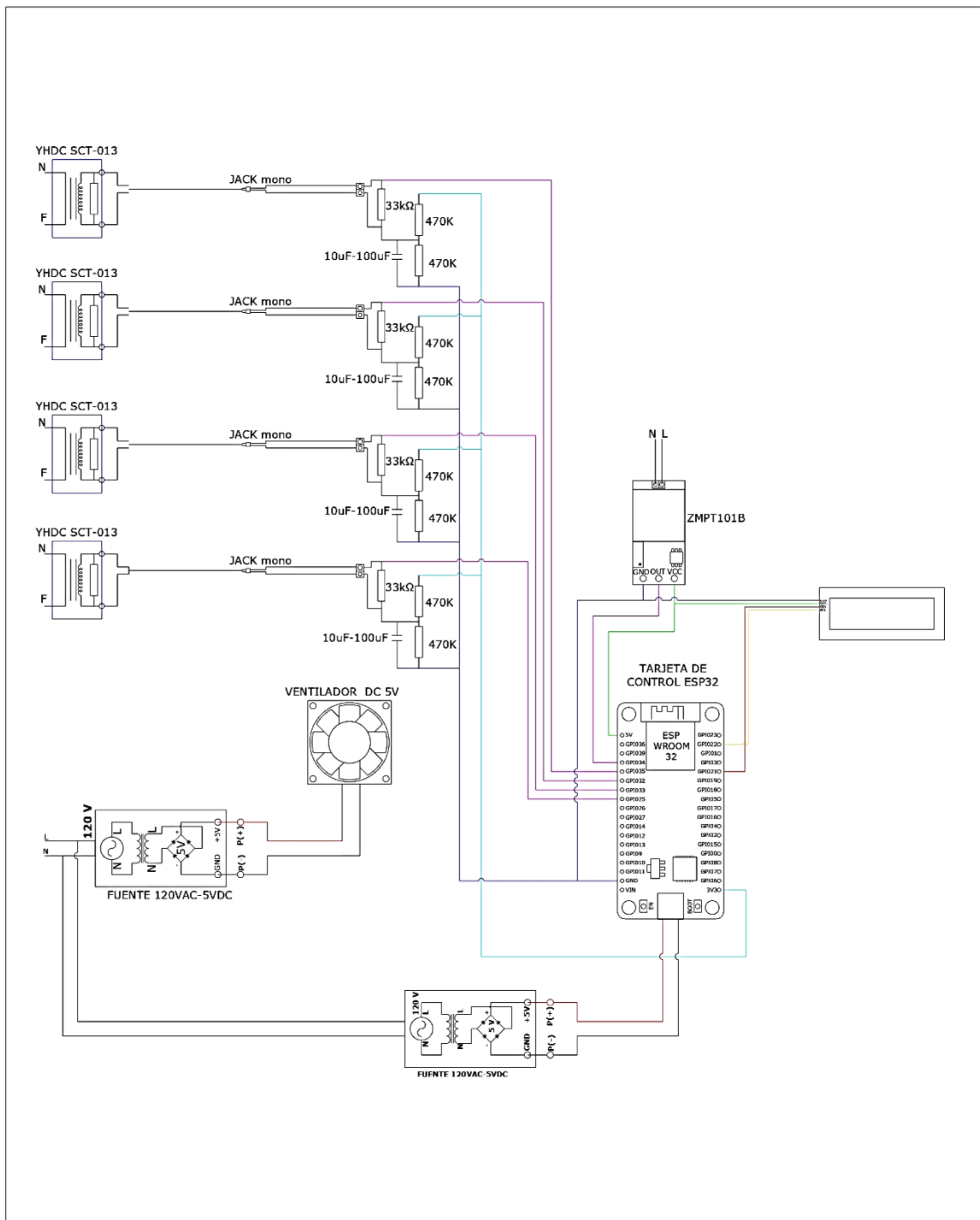
Electrical Characteristics

Item	Symbol	Standard Value	Unit
		typ.	
Input Voltage	V _{DD}	3/5	V
Recommended LCD Driving Voltage for Normal Temp. (Version module @25°C)	V _{DD} -V _O	4.20	V

Display Character Address Code

Character located	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
DDRAM address	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13
DDRAM address	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53
DDRAM address	14	15	16	17	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27
DDRAM address	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	60	61	62	63	64	65	66	67

Anexo 3. Planos eléctricos



Descripción de materiales				Institución:		ESCALA:	1--5	PESO:		
1	Pantalla LCD		Roy	Universidad Nacional de Loja		DIAGRAMA DE CONECCIÓN				
4	CAPACITORES		Roy							
4	JACK mono 3.5 mm		Roy							
1	ZMPT101B		Roy	FECHA:	NOMBRE:					
1	ESP32 WROOM		Roy	DIBUJÓ:	28/06/23				Roy Castillo	
8	Resistencia 470 kΩ		Roy	COMPROBÓ:	28/06/23				Roy Castillo	
4	Resistencia 33 kΩ		Roy	REVISÓ:	28/06/23				Ing. José Cuenca	
8	Resistencia 470 kΩ		Roy				CODIGO:		01.01.01	01
2	Fuente de 120VAC/5VDC		Roy						01	
1	Ventilador CD 5V		Roy							
4	YHDC SCT-013		Roy							
CANTID.	DETALLE	FECHA	NOMBRE							

Anexo 4. Calibración de Lecturas de Dispositivo SENVIOT.

Tabla 9. Pruebas del sensor de 50 A con diferentes dispositivos.

PRUEBA CALIBRACIÓN				
Sensor 50 A				
Prueba secadora de pelo				
	METER		SENVLOT	
	V	I	V	I
1	123.6	5.8	118.44	9.11
2	124	6.9	125.92	8.12
3	122.9	6.3	116.14	9.8
4	119.1	5.56	114.9	9.12
5	122.9	6.69	114.6	9.9
Promedio.	122.5	6.25	118	9.21
Prueba Cafetera				
	METER		SENVLOT	
	V	I	V	I
1	120.2	6.89	116.6	9.2
2	118.8	6.43	115.91	9.31
3	119.2	6.58	117.9	9.8
4	119.4	7.6	116.8	9.4
5	118.9	6.2	114.97	10.25
Promedio.	119.3	6.74	116.8	9.59

Tabla 10. Promedios de pruebas del sensor de 50 A.

Artefacto	Potencia Nominal	Medición con el multímetro			Medición con el dispositivo		
		Corriente	Voltaje	Potencia	Corriente	Voltaje	Potencia
Secadora de pelo	500	6.25	122.5	765.625	9.21	118	1086.78
Amoladora	800	2.98	120.7	359.686	5.44	117	636.48
Cafetera	900	6.74	119.3	804.082	9.59	116.8	1120.112
Ducha eléctrica	5500	36.8	115	4232	39.8	112	4457.6

Anexo 5. Instalación de los dispositivos.



Anexo 6. Mediciones realizadas a la ducha.

Tabla 11. Datos de prueba del dispositivo SENVIOT en acción.

PRUEBA FINAL DUCHA ELÉCTRICA								
N	Hora	Tiempo (min)	Voltaje Dispositivo	voltaje Meter	Corriente Dispositivo	Corriente Meter	Potencia Dispositivo	Potencia Meter
1	10:12	1	115	112	36.8	36	4232	4032
2	10:13	2	113	122	0	0	0	0
3	10:14	3	115	123	0	0	0	0
4	10:15	4	115	122	0	0	0	0
5	10:16	5	114	122	0	0	0	0
6	10:17	6	113	122	0	0	0	0
7	10:18	7	115	123	0	0	0	0
8	10:19	8	113	122	0	0	0	0
9	10:20	9	108	112.2	39.6	36.54	4276.8	4099.788
10	10:21	10	106	111	39.4	36.5	4176.4	4051.5
11	10:22	11	102	111	39.5	36.5	4029	4051.5
12	10:23	12	108	112.4	39.9	36.5	4309.2	4102.6
13	10:24	13	104	111	39.5	36.5	4108	4051.5
14	10:25	14	113	123	0	0	0	0
15	10:26	15	114	122.5	0	0	0	0
16	10:27	16	114	122	0	0	0	0
17	10:28	17	115	122.2	0	0	0	0
18	10:29	18	115	122	0	0	0	0
19	10:30	19	108	112	39.2	36.5	4233.6	4088

20	10:31	20	102.4	112	38.4	36.5	3932.16	4088
21	10:32	21	110	112	38	36.5	4180	4088
22	10:33	22	105	111	39.2	36.7	4116	4073.7
23	10:34	23	111	115	24	23.8	2664	2737
24	10:35	24	102	112	39.3	36.4	4008.6	4076.8
25	10:36	25	114	122	0	0	0	0
26	10:37	26	115	122.5	0	0	0	0
27	10:38	27	115	123	0	0	0	0
28	10:39	28	113	122.5	0	0	0	0
29	10:40	29	114	122	0	0	0	0
30	10:41	30	114	123	0	0	0	0
31	10:42	31	103	112	39.2	36.6	4037.6	4099.2
32	10:43	32	110	112	38.7	36.5	4257	4088
33	10:44	33	102	111	38.3	36.4	3906.6	4040.4
34	10:45	34	106	112	38.7	36.5	4102.2	4088
35	10:46	35	102	112	39.3	36.7	4008.6	4110.4
36	10:47	36	115	123	0.54	0	62.1	0

Tabla 12. Datos de prueba del sensor de 50 A del dispositivo SENVIOT y Meter en tiempo real, conectados en la entrada del tablero de la casa.

Minutos	METER				SENVLOT (sensor 50 A)			
	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia Calculada(W)	Energía calculada (Wh)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Potencia Calculada(W)	Energía (Wh)
1	111.1	1.77	196.65	0.00	110.44	1.76	194.37	0.003
2	112.3	1.77	198.77	0.01	112.59	1.79	201.54	0.007
3	112.7	1.77	199.48	0.01	113.19	1.82	206.01	0.010
4	113.1	1.77	200.19	0.01	109.61	1.75	191.82	0.013
5	112.9	1.76	198.70	0.02	111.56	1.78	198.58	0.017
6	115.4	1.72	198.49	0.02	112.57	1.77	199.25	0.020
7	115.2	1.73	199.30	0.02	116.25	1.69	196.46	0.023
8	114.1	1.73	197.39	0.03	117.53	1.77	208.03	0.028
9	115.6	2.95	341.02	0.05	119.4	1.73	206.56	0.031
10	114.8	2.52	289.30	0.05	117.52	1.79	210.36	0.035
11	111.7	2.94	328.40	0.06	114.35	2.61	298.45	0.055
12	113.1	2.38	269.18	0.05	112.74	2.73	307.78	0.062
13	104.7	24.49	2564.10	0.56	101.09	25.27	2554.54	0.553
14	105.3	24.61	2591.43	0.60	99.22	26.03	2582.70	0.603
15	105.1	24.72	2598.07	0.65	107.9	26.14	2820.51	0.705
16	104.8	24.52	2569.70	0.69	103.62	26.25	2720.03	0.725
17	104.3	24.54	2559.52	0.73	101.47	26.03	2641.26	0.748
18	104.9	24.53	2573.20	0.77	105.24	26.19	2756.24	0.827
19	104.3	24.55	2560.57	0.81	103.75	25.64	2660.15	0.842
20	104.6	23.84	2493.66	0.83	103.41	25.17	2602.83	0.868
21	105.2	23.18	2438.54	0.85	101.81	24.29	2472.96	0.866
22	106	23.34	2474.04	0.91	102.47	24.34	2494.12	0.915

23	105.5	23.21	2448.66	0.94	107.12	24.56	2630.87	1.008
24	105.6	23.24	2454.14	0.98	105.24	24.83	2613.11	1.045
25	105.9	23.29	2466.41	1.03	106.22	24.19	2569.46	1.071
26	105.4	23.17	2442.12	1.06	104.27	24.37	2541.06	1.101
27	108.2	23.76	2570.83	1.16	105.94	25.21	2670.75	1.202
28	108.1	23.73	2565.21	1.20	108.03	25.11	2712.63	1.266
29	106.7	23.45	2502.12	1.21	98.16	24.52	2406.88	1.163
30	115.5	0.74	85.47	1.25	118.4	1.08	127.87	1.227
31	116.1	0.74	85.91	1.30	120.3	0.95	114.29	1.286
32	116	0.74	85.84	1.34	117.4	0.91	106.83	1.343
33	116.6	0.73	85.12	1.39	116.97	0.83	97.09	1.397
34	116.3	0.74	86.06	1.44	114.4	0.8	91.52	1.449
35	115.7	0.74	85.62	1.49	117.2	0.81	94.93	1.504
36	115.8	0.74	85.69	1.54	112.69	0.78	87.90	1.557
37	115.6	0.74	85.54	1.59	117.27	0.77	90.30	1.612
38	116.2	0.74	85.99	1.65	116.3	0.77	89.55	1.669
39	116.2	0.74	85.99	1.70	115.18	0.8	92.14	1.729
40	118.3	0.73	86.36	1.76	120.42	0.82	98.74	1.795

Anexo 7. Código de Arduino completo.

```
1  #include <LiquidCrystal_I2C.h> //Librería para el dispositivo de
2  la LCD 16X2
3  LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //configuración del parámetro
4  de la LCD
5
6  /*****
7   Incluye las librerías
8   *****/
9  #include <WiFi.h>
10 #include <PubSubClient.h>
11
12 #include "EmonLib.h"           // Include Emon Library
13
14 #define VOL_ADC_INPUT 34
15 #define CUR_ADC_INPUT1 35
16 #define CUR_ADC_INPUT2 32
17 #define CUR_ADC_INPUT3 33
18 #define CUR_ADC_INPUT4 27
19 #define emonTxV3 1
20
21 EnergyMonitor emon1;           // Create an instance
22 EnergyMonitor emon2;           // Create an instance
23 EnergyMonitor emon3;           // Create an instance
24 EnergyMonitor emon4;           // Create an instance
25 EnergyMonitor emon5;           // Create an instance
26
27 float kWh = 0;
28 unsigned long lastmillis = millis();
29
30 const char * WIFISSID = "Infinix"; // Nombre de la red wifi
31 const char * PASSWORD = "123456789"; // Contraseña del wifi
32
33 #define TOKEN "BBFF-I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // Put your
34 Ubidots' TOKEN
35 #define MQTT_CLIENT_NAME "Medidor de Potencia" // MQTT client
36 Name, please enter your own 8-12 alphanumeric character ASCII
37 string;
38 //it should be a random and unique ascii string and different from
39 all other devices
40
41
42 #define VARIABLE_LABEL1 "Sens 1" // Assing the variable label
43 #define VARIABLE_LABEL2 "Sens 2" // Assing the variable label
44 #define VARIABLE_LABEL3 "Sens 3" // Assing the variable label
45 #define VARIABLE_LABEL4 "Sens 4" // Assing the variable label
46 #define VARIABLE_LABEL5 "Voltaje" // Assing the variable label
47
48 #define VARIABLE_LABEL6 "Watt 1" // Assing the variable label
49 #define VARIABLE_LABEL7 "Watt 2" // Assing the variable label
50 #define VARIABLE_LABEL8 "Watt 3" // Assing the variable label
51 #define VARIABLE_LABEL9 "Watt 4" // Assing the variable label
52
53
54 #define DEVICE_LABEL "Esp32"
```

```

55
56 // #define SENSOR 26 // Set the GPIO12 as SENSOR
57 char mqttBroker[] = "industrial.api.ubidots.com";
58 char payload[4000];
59 char topic1[150];
60 char topic2[150];
61 char topic3[150];
62 char topic4[150];
63 char topic5[150];
64
65 char topic6[150];
66 char topic7[150];
67 char topic8[150];
68 char topic9[150];
69
70
71 // Space to store values to send
72 char str_Sens1[10];
73 char str_Sens2[10];
74 char str_Sens3[10];
75 char str_Sens4[10];
76 char str_volt[10];
77
78 char str_W1[10];
79 char str_W2[10];
80 char str_W3[10];
81 char str_W4[10];
82
83
84 float Sens1 = 0;
85 float Sens2 = 0;
86 float Sens3 = 0;
87 float Sens4 = 0;
88 float Voltaje = 0;
89
90 float W1 = 0;
91 float W2 = 0;
92 float W3 = 0;
93 float W4 = 0;
94
95 //int ventilador = 26;
96 //int relay = 27;
97
98 /*****
99  Auxiliar Functions
100 *****/
101 WiFiClient ubidots;
102 PubSubClient client(ubidots);
103
104 void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
105   char p[length + 1];
106   memcpy(p, payload, length);
107   p[length] = NULL;
108   String message(p);
109   Serial.write(payload, length);
110   Serial.println(topic);
111 }

```

```

112 void reconnect() {
113   // Loop until we're reconnected
114   while (!client.connected()) {
115     Serial.println("Atenting MQTT connection...");
116     // AtSens to connect
117     if (client.connect(MQTT_CLIENT_NAME, TOKEN, "")) {
118       Serial.println("Connected");
119     } else {
120       Serial.print("Failed, rc=");
121       Serial.print(client.state());
122       Serial.println(" try again in 2 seconds");
123       // Wait 2 seconds before retrying
124       delay(2000);
125     }
126   }
127 }
128
129
130 void setup()
131 {
132   Serial.begin(9600);
133
134   lcd.init();// iniciando la configuración de la LCD
135   lcd.backlight();//Encender la luz de fondo.
136   lcd.clear();
137   delay(50);
138   // Escribe el Mensaje en el LCD.
139   lcd.setCursor(0, 0);
140   Serial.print("INICIANDO");
141   delay(2000);
142   lcd.clear();
143   lcd.setCursor(0, 0);
144   lcd.print("Conectando Wifi");//salida del comentario que esta
145   entre comillas por la pantalla LCD
146
147   WiFi.begin(WIFISSID, PASSWORD);
148   Serial.println();
149   Serial.print("Wait for WiFi...");
150
151   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
152     lcd.setCursor(0, 1);
153     lcd.print(".....");//salida del comentario que esta
154   entre comillas por la pantalla LCD
155     Serial.print(".");
156     delay(500);
157   }
158   lcd.setCursor(0, 0);
159   lcd.print("Wifi conectado!");
160
161   Serial.println("");
162   Serial.println("WiFi Connected");
163   Serial.println("IP address: ");
164   Serial.println(WiFi.localIP());
165   client.setServer(mqttBroker, 1883);
166   client.setCallback(callback);
167
168

```

```

169  emon1.voltage(VOL_ADC_INPUT, 106.8, 1.7); // Voltage: input
170 pin, calibration, phase_shift
171  emon2.voltage(VOL_ADC_INPUT, 106.8, 1.7); // Voltage: input
172 pin, calibration, phase_shift
173  emon3.voltage(VOL_ADC_INPUT, 106.8, 1.7); // Voltage: input
174 pin, calibration, phase_shift
175  emon4.voltage(VOL_ADC_INPUT, 106.8, 1.7); // Voltage: input
176 pin, calibration, phase_shift
177
178  emon1.current(CUR_ADC_INPUT1, 30.9); // Current: input
179 pin, calibration.
180  emon2.current(CUR_ADC_INPUT2, 16.9); // Current: input
181 pin, calibration.
182  emon3.current(CUR_ADC_INPUT3, 10.9); // Current: input
183 pin, calibration.
184  emon4.current(CUR_ADC_INPUT4, 10.9); // Current: input
185 pin, calibration.
186
187  //pinMode(ventilador, OUTPUT); // se declara el relé como salida
188  //pinMode(relay, OUTPUT); // declar relé como salida
189  //digitalWrite(ventilador, LOW);
190  //digitalWrite(relay, LOW);
191  delay(20);
192  lcd.clear();
193 }
194
195 void loop()
196 {
197  //digitalWrite(ventilador, HIGH);
198  //digitalWrite(relay, HIGH);
199
200  if (!client.connected()) {
201    reconnect();
202  }
203  emon1.calcVI(20, 2000);
204  emon2.calcVI(20, 2000);
205  emon3.calcVI(20, 2000);
206  emon4.calcVI(20, 2000);
207
208  Serial.print("Vrms: ");
209  Serial.print(emon1.Vrms, 2);
210  Serial.println("V");
211  Voltaje = (emon1.Vrms);
212  Serial.print("Irms1: ");
213  Serial.print(emon1.Irms, 2);
214  Serial.println("A");
215
216
217  Serial.print("Irms2: ");
218  Serial.print(emon2.Irms, 2);
219  Serial.println("A");
220
221  Serial.print("Irms3: ");
222  Serial.print(emon3.Irms, 2);
223  Serial.println("A");
224
225  Serial.print("Irms4: ");

```



```

226 Serial.print(emon4.Irms, 2);
227 Serial.println("A");
228
229 Sens1 = (emon1.Irms);
230 Sens2 = (emon2.Irms);
231 Sens3 = (emon3.Irms);
232 Sens4 = (emon4.Irms);
233
234
235 Serial.print("Power1: ");
236 Serial.print(emon1.apparentPower, 2);
237 Serial.println("W");
238
239
240 W1 = (emon1.apparentPower);
241 W2 = (emon2.apparentPower);
242 W3 = (emon3.apparentPower);
243 W4 = (emon4.apparentPower);
244
245 Serial.print("Power2: ");
246 Serial.print(emon2.apparentPower, 2);
247 Serial.println("W");
248
249 Serial.print("Power3: ");
250 Serial.print(emon3.apparentPower, 2);
251 Serial.println("W");
252
253 Serial.print("Power4: ");
254 Serial.print(emon4.apparentPower, 2);
255 Serial.println("W");
256
257 lcd.setCursor(0, 0);
258 lcd.print("S1:");
259 lcd.print(Sens1);
260 lcd.setCursor(7, 0);
261 lcd.print("A");
262 lcd.setCursor(8, 0);
263 lcd.print(" ");
264
265 lcd.setCursor(11, 0);
266 lcd.print("S2:");
267 lcd.print(Sens2);
268 lcd.setCursor(18, 0);
269 lcd.print("A");
270 lcd.setCursor(19, 0);
271 lcd.print(" ");
272
273 lcd.setCursor(0, 1);
274 lcd.print("S3:");
275 lcd.print(Sens3);
276 lcd.setCursor(7, 1);
277 lcd.print("A");
278 lcd.setCursor(8, 1);
279 lcd.print(" ");
280
281 lcd.setCursor(11, 1);
282 lcd.print("VT:");

```

```

283 lcd.print(Voltaje);
284 lcd.setCursor(19, 1);
285 lcd.print("V");
286
287 lcd.setCursor(0, 2);
288 lcd.print("P1:");
289 lcd.print(W1);
290 lcd.setCursor(9, 2);
291 lcd.print("W");
292 lcd.setCursor(10, 2);
293 lcd.print(" ");
294
295 lcd.setCursor(11, 2);
296 lcd.print("P2:");
297 lcd.print(W2);
298 lcd.setCursor(19, 2);
299 lcd.print("W");
300
301 lcd.setCursor(0, 3);
302 lcd.print("P3:");
303 lcd.print(W3);
304 lcd.setCursor(9, 3);
305 lcd.print("W");
306 lcd.setCursor(10, 3);
307 lcd.print(" ");
308
309 //lcd.setCursor(11, 3);
310 //lcd.print("W4:");
311 //lcd.print(W4);
312 //lcd.print("W");
313
314 dtostrf(Voltaje, 4, 2, str_volt);
315 dtostrf(Sens1, 4, 2, str_Sens1);
316 dtostrf(Sens2, 4, 2, str_Sens2);
317 dtostrf(Sens3, 4, 2, str_Sens3);
318 dtostrf(Sens4, 4, 2, str_Sens4);
319
320 dtostrf(W1, 4, 2, str_W1);
321 dtostrf(W2, 4, 2, str_W2);
322 dtostrf(W3, 4, 2, str_W3);
323 dtostrf(W4, 4, 2, str_W4);
324
325 sprintf(topic5, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
326 sprintf(payload, "%s", "");
327 sprintf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL5);
328 sprintf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_volt);
329 client.publish(topic5, payload);
330 delay(50);
331
332 sprintf(topic1, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
333 sprintf(payload, "%s", "");
334 sprintf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL1);
335 sprintf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_Sens1);
336 client.publish(topic1, payload);
337 delay(50);
338
339 sprintf(topic2, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);

```

```

340 printf(payload, "%s", "");
341 printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL2);
342 printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_Sens2);
343 client.publish(topic2, payload);
344 delay(50);
345
346 printf(topic3, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
347 printf(payload, "%s", "");
348 printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL3);
349 printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_Sens3);
350 client.publish(topic3, payload);
351 delay(50);
352
353 printf(topic4, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
354 printf(payload, "%s", "");
355 printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL4);
356 printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_Sens4);
357 client.publish(topic4, payload);
358 delay(50);
359
360 printf(topic6, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
361 printf(payload, "%s", "");
362 printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL6);
363 printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_W1);
364 client.publish(topic6, payload);
365 delay(50);
366
367 printf(topic7, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
368 printf(payload, "%s", "");
369 printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL7);
370 printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_W2);
371 client.publish(topic7, payload);
372 delay(1000);

printf(topic8, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
printf(payload, "%s", "");
printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL8);
printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_W3);
client.publish(topic8, payload);
delay(50);

printf(topic9, "%s%s", "/v1.6/devices/", DEVICE_LABEL);
printf(payload, "%s", "");
printf(payload, "{\\"%s\\":", VARIABLE_LABEL9);
printf(payload, "%s {\\"value\\": %s}}", payload, str_W4);
client.publish(topic9, payload);

client.loop();
delay(100);
}

```



Anexo 8. Manual de instrucciones de Equipo SENVIOT.

<SENVLOT 1>

MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

Versión 1.0 Fecha 14/08/2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
INFORMACIÓN IMPORTANTE

Los accidentes relacionados con la manipulación, operación y mantenimiento de este equipo se deberán a que no se observa las precauciones y reglas básicas de seguridad. Se puede evitar un accidente si se reconoce una situación que pueda ser peligrosa.

La operación, montaje, mantenimiento y reparación de este producto puede ser peligroso y pueden resultar en accidentes graves y mortales.

No realice ningún trabajo de instalación, reparación o mantenimiento sin haber leído y entendido toda la información de operación del equipo.

Si no se presta atención a estas advertencias de peligro, pueden ocurrir lesiones personales a usted o a otra persona.

Los riesgos se identificarán con la palabra “ALERTA”, seguida con una palabra informativa como: “PELIGRO”, “ADVERTENCIA” o “PRECAUCIÓN”

Esta es la primera versión de un prototipo de dispositivo el cual tiene como función principal medir voltaje, corriente y potencia de un sistema eléctrico residencial.

El dispositivo senviot está diseñado bajo estrictas normas de seguridad y de acuerdo a otros diseños que tienen el mismo objetivo, con materiales aislantes altamente resistentes a el calor e ignífugos.

Nota del Autor

Este documento es un Manual de Operaciones y Mantenimiento de un dispositivo de sensor de voltaje y corriente con sistema de tecnología IoT. Esta guía incluye instrucciones para el usuario, de instalación y operación del mismo.

Tabla de contenido

1INTRODUCCIÓN.....	
6	
1.1 Propósito.....	6
1.2 Audiencia.....	6
2DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	
6	
2.1 Características del sistema.....	6
2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	6
2.3 CONTENIDO DEL PAQUETE	7
2.4 Ambiente	8
2.5 Operaciones del sistema.....	8
2.6 Arquitectura del sistema.....	9
3INSTALACIÓN DEL PRODUCTO	
10	
3.1 Primeros usuarios	10
3.2 Inicio del sistema	16
3.3 Parar el sistema.....	17
3.4 Suspensión del sistema.....	17
4USO DEL SISTEMA.....	
17	
4.1 Instrucciones.....	17
4.2 Mensajes de error.....	17
5GESTIÓN DEL SISTEMA.....	
17	
5.1 Gestión de cambio.....	17
5.2 Configuración UBIDOTS.....	18
5.3 Administración de seguridad.....	25
5.4 Administración del sistema.....	25
6MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	
25	

7 ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BASE DE DATOS.....	
26 8 RESPALDO DE RECUPERACIÓN.....	
27	
9 GESTIÓN DE SERVICIOS	27
10 CONTACTOS.....	28
11 FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....	28
12 REQUISITOS REGLAMENTARIOS.....	28
13 PREGUNTAS FRECUENTES	28

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PROPÓSITO

El propósito del dispositivo es medir corriente y voltaje de un sistema eléctrico de baja tensión, que permita comunicarse con un sistema IoT, y monitorear los datos en tiempo real mediante una plataforma Web desde cualquier parte del mundo requerido para un sistema de gestión energético.

1.2 AUDIENCIA

El dispositivo está diseñado para ser operado por cualquier usuario con una previa inducción al manejo del equipo y que tenga un conocimiento básico en aplicaciones y manejo de redes.

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

El dispositivo senviot puede ser instalado en cualquier sistema eléctrico residencial, cerca del tablero de distribución que necesite monitorear valores de corriente y voltaje en tiempo real.

Una de las características principales del equipo es medir mediante sensores no invasivos compatibles con módulos de programación IoT SP32, datos de corriente y voltaje en tiempo real, también se puede obtener estos datos mediante una plataforma web que permite monitorear estos datos en cualquier parte del mundo.

Al usar sensores no invasivos de corriente y voltaje el dispositivo tiene un modo práctico de instalación ya que no se necesita abrir el circuito evitando peligros de riesgos eléctricos y agilizando el proceso de instalación.

2.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El sistema senviot cuenta con las siguientes especificaciones:

- Rango de medición de voltaje de 0-250V.
- Rango de medición de corriente 0-20A, 0-50A y de 0-100A
- Pantalla LCD retroiluminada.
- Alimentación 120V (Transformador de corriente AC/CD).

- Ventilador de CC.
- Fuente de alimentación AC/DC.
- Dimensiones: 120X162X96mm.
- Peso: 500g.

2.3 CONTENIDO DEL PAQUETE

Senviot contiene los siguientes elementos, en caso de que alguno de estos no se encuentre o si está en mal estado o dañado, comuníquese con soporte técnico y no intente manipular, ni alterar nada.

- Monitor de energía.
- Cable de alimentación.
- Dos transformadores de corriente de (TC) de 20 A con toma de audio de 2.5 mm.
- Un transformador de corriente (TC) de 50 A con toma de audio de 2.5 mm.
- Un transformador de corriente (TC) de 100 A con toma de audio de 2.5 mm.

Dichos elementos se presentan de forma visual en la Figura 1.



Figura 1: Elementos contenidos en la caja.

2.4 AMBIENTE

El sistema senviot cuenta con tres sensores de corriente no invasivos y un sensor de voltaje, que se pueden instalar de manera sencilla directamente en los cables donde se requiera medir tensión e intensidad eléctrica. Estos sensores establecen una conexión con el dispositivo interno, equipado con un módulo ESP32.

El dispositivo está equipado con una pantalla LCD de 20x4 que permite observar los valores eléctricos medidos en tiempo real. Además, se puede conectar con la plataforma web Ubidots, gracias a esta comunicación se puede visualizar los valores de

voltaje, corriente y potencia en cualquier parte del planeta. Esto significa que puede realizar lecturas y de la corriente sin tener la necesidad de estar presente.

El dispositivo es ideal para ser instalado en casas, centros comerciales y departamentos, permitiendo monitorear en tiempo real los parámetros eléctricos.

2.5 OPERACIONES DEL SISTEMA

El sistema de monitoreo de corriente y voltaje senviot. Se usa para conectarse de manera remota haciendo que el usuario pueda obtener lectura de voltaje y corriente en tiempo real.

El modo de operación se da de la siguiente manera:

1. Se conecta el cable de alimentación del dispositivo al tomacorriente.
2. El equipo se enciende automáticamente.
3. Se conectan los sensores a los cables y entradas del dispositivo.
4. Realizado aquello el sistema debería mostrar en la pantalla LCD valores tanto de corriente, voltaje y potencia.

La conexión con IoT se lleva a cabo mediante la plataforma Ubidots, que habilita la visualización en tiempo real de las mediciones y también la posibilidad de almacenar los valores en la nube para futuros procesamientos.

Información de seguridad:

1. Usar un equipo de protección personal cuando instale el monitor.
2. No utilice el equipo de ninguna otra manera que no sea la especificada en esta guía.
3. No intente reparar ningún elemento de senviot.
4. No usar si cree que algún elemento de senviot está dañado.
5. No instale el senviot en entornos con gases, o vapores explosivos; ni la luz solar directa.
6. Asegúrese que senviot no esté conectado a la energía durante la manipulación.

Importante: Antes de empezar con la instalación utilice el EPP (Equipo de protección personal). Senviot se lo instala en la caja de distribución principal, por lo

que se deberá desconectar el interruptor principal, si esto no es posible, utilice el siguiente equipo de protección:

- Guantes Aislantes
- Gafas de Protección
- Calzado de Seguridad
- Cinta Aislante y Cinta de Advertencia
- Herramientas Aisladas
- Extintor de Incendios
- Equipos de Protección Personal (EPP) Adicional: Dependiendo de la naturaleza del trabajo y los riesgos específicos, es posible que se requiera equipo de protección personal adicional, como protectores auditivos, trajes ignífugos.

2.6 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema senviot en conjunto con la plataforma web Ubidots se conforman por 2 partes hardware y software:

Hardware:

El dispositivo está armado con una carcasa de acrílico de 3mm, en su interior protege los

siguientes elementos:

1 modulo ESP32 Wi-Fi

1 pantalla lcd

1 sensor de voltaje, no invasivo

Exterior:

4 sensores de corriente, no invasivo

Software:

Página webs Ubidots compatibles con sistema iOS y Android

3 INSTALACIÓN DEL PRODUCTO

3.1 PRIMEROS USUARIOS

1. Se retira la tapa superior del equipo, para poder acceder al módulo ESP32, cómo se observa en la **Figura 2**.

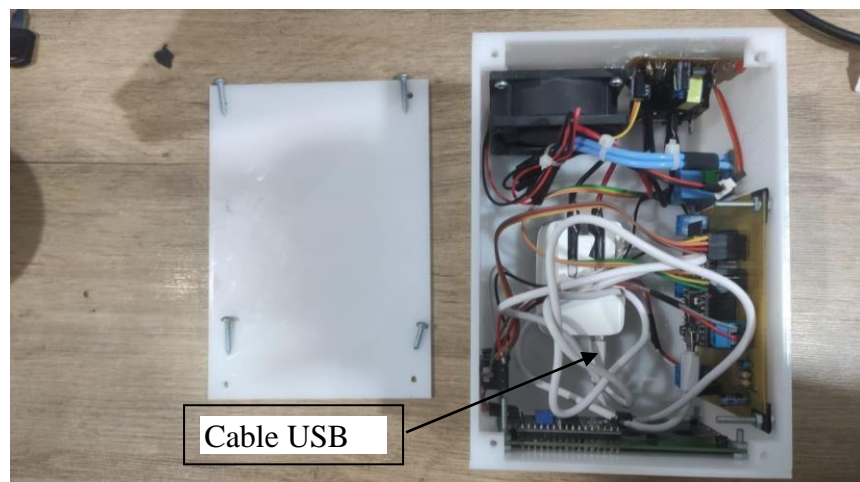


Figura 2: Acceso al módulo ESP32, para configuración de la red Wi-Fi local.

2. Desconecta el cable USB del alimentador y se lo conecta al puerto correspondiente de la computadora.
3. Ya en la computadora, abre el programa Arduino Ide y accede al código de programación del equipo, en el cual se modifica el nombre de la red Wi-Fi y su contraseña, como se detalla en los literales a y b, y de forma gráfica en la Figura 3.

- a. En la línea 28 se modifica el nombre de la red, el cuál debe colocarse dentro de las comillas (“”) y debe ser el mismo nombre que tenga su red, con los mismos símbolos y caracteres.
- b. En la línea 29 en cambio coloque la contraseña de su red, de igual forma dentro de las comillas (“”).

```
const char * WIFISSID = "Familia Castillo"; // Nombre de la
red wifi const char * PASSWORD = "123456789"; // Contraseña del
wifi

#define TOKEN "BBFF      -I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // TOKEN de
Ubidots
```

Figura 3: Configuración de la conexión Wi-Fi.

4. Crea una cuenta en la página web de Ubidots, para ello se sigue el siguiente proceso.
 - a. Abre tu navegador web y dirígete al sitio web oficial de Ubidots <https://es.ubidots.com/>.
 - b. En la página de inicio de Ubidots, haz clic en el botón "Sign Up" o "Registrarse", como se observa en la Figura 4.



Figura 4: Registro en la página web Ubidots.

- c. Selecciona el tipo de cuenta que deseas crear.
- d. Completa el formulario de registro proporcionando la información requerida, que normalmente incluye tu nombre, dirección de correo electrónico y contraseña.

Prueba gratuita de 30 días

¿Estudiante, profesor o aficionado? Pruebe nuestra [plataforma GRATUITA](#)


Nombre Apellido

Correo electrónico

Nombre empresa Website empresa

Su cargo Tamaño de la empresa

Nombre de usuario (sin espacios) Contraseña

No soy un robot 

¿Estudiante, profesor o aficionado? Pruebe nuestra [plataforma GRATUITA](#)

REGÍSTRESE

Al registrarse, acepta nuestras [Condiciones de servicio](#) y nuestra [Política de privacidad](#)



Figura 5: Registro y creación de cuenta en la plataforma Ubidots.

- e. Acepta los términos y condiciones de uso y la política de privacidad de Ubidots.
 - f. Confirma tu registro a través del enlace de verificación que se enviará a la dirección de correo electrónico que proporcionaste.
 - g. Después de verificar tu cuenta, serás redirigido a la plataforma de Ubidots. Aquí podrás configurar tu perfil y comenzar a crear tus proyectos y aplicaciones de monitoreo.
5. Posterior a la creación de la cuenta, se debe seguir los pasos presentados en la página oficial de Ubidots para obtener el TOKEN, para el cual se puede recurrir al siguiente link <https://help.ubidots.com/en/articles/590078-find-your-token-from-your-ubidotsaccount>.
 6. El TOKEN obtenido en la página se lo copia y se lo pega en el código de programación del módulo en la línea 31, se lo coloca dentro de las comillas (“”), tal y cómo lo otorga la página de Ubidots, como se muestra en la Figura 6.

```
#define TOKEN "BBFF-I2bCTEMM8yoqn7gzMhdHOHN6M4ZLbM" // TOKEN de
Ubidots
#define MQTT_CLIENT_NAME "Medidor de Potencia" // Nombre para el
cliente MQTT en el servicio de ubidots
```

Figura 6: Modificación del TOKEN en el código.

7. Posterior a las modificaciones carga el nuevo código al módulo ESP32.

- Colocar la tapa del equipo y ajustar con los tornillos.

Terminado este proceso, se puede continuar con la instalación física del equipo, en caso de haber surgido algún inconveniente con los pasos anteriores, ponerse en contacto con servicio técnico.

- Se debe instalar el producto en la pared lo más cerca posible al tablero de distribución del que requiera obtener los datos tal como se detalla en la Figura 7.

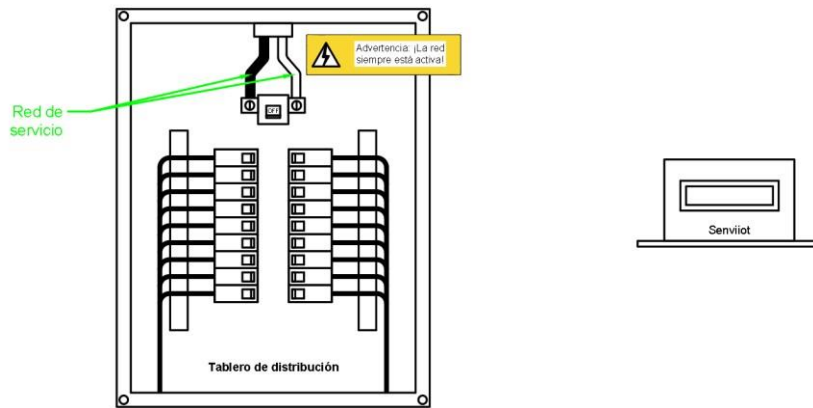


Figura 7: Instalación física del equipo.

- Se conecta el equipo al tomacorriente más cercano.

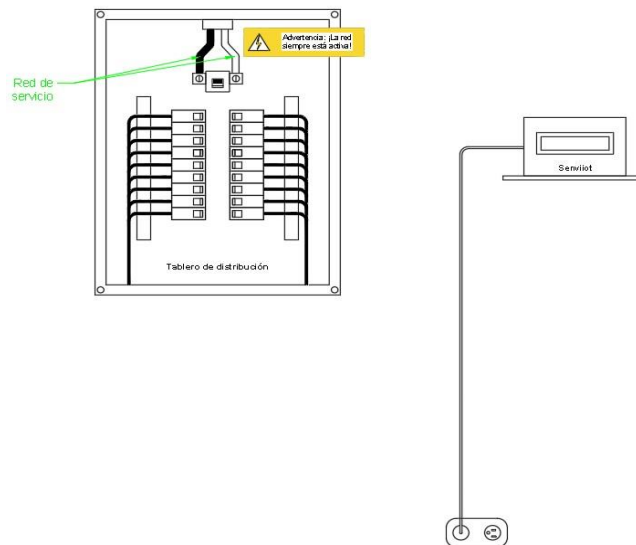


Figura 8: Conexión del dispositivo a la red censada.

- Se conecta los transformadores de corriente (TC) o sensores al equipo en los puertos Jack 2.5 mm del dispositivo y se espera un momento hasta que sean detectados y calibrados por el módulo, como se muestra en la Figura 9.

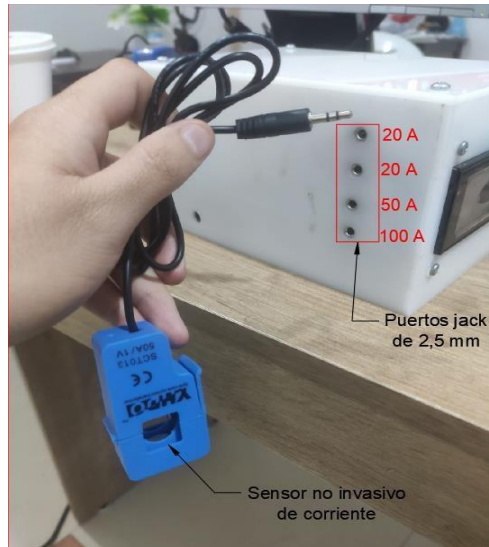


Figura 9: Conexión de los sensores de corriente.

12. Se instalan los sensores de corriente no invasivos en cada cable del que se requiera realizar las mediciones, tomando en consideración el valor de amperaje del breaker como base para colocar el sensor correspondiente, cómo se presenta en la Figura 10.



Figura 10: Instalación física de los sensores de corriente.

3.2 INICIO DEL SISTEMA

El equipo debe estar colocado cerca del tablero de distribución de donde se requiera realizar las mediciones.

Cuando el equipo es conectado a la red eléctrica se presenta en la pantalla un mensaje de “Conectando Wifi”, como el que se muestra en la Figura 11.



Figura 11: Pantalla de inicio del dispositivo.

Posteriormente aparece la interfaz en donde se muestran los datos configurados, en un principio se presentan datos que no van acorde a lo que se tiene, de modo que se debe esperar 5 minutos hasta que el sistema se calibre y estabilice, cuando note que los valores de amperaje son cercanos a 0 o menores a 1, se procede a realizar la instalación, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12: Pantalla lista para la instalación.

3.3 PARAR EL SISTEMA

Una vez instalado el sistema en el lugar correcto, y el software configurado, el monitoreo se inicia automáticamente, en este caso la única manera de detener el sistema es desconectando al equipo de la red eléctrica.

3.4 SUSPENSIÓN DEL SISTEMA

Para apagar o suspender el sistema se debe desconectar el equipo.

4 USO DEL SISTEMA

4.1 INSTRUCCIONES

El uso del sistema es práctico y puede hacerlo cualquier usuario de la siguiente manera:

Si se realiza correctamente la instalación del equipo, los datos medidos se verán reflejados de manera automática en la plataforma Ubidots, los mismo que se irán actualizando periódicamente según se vayan produciendo cambios en el sistema eléctrico.

El usuario tiene la posibilidad de obtener los valores desde dos fuentes, la primera es directamente desde el dispositivo y la segunda es desde la plataforma web con datos en tiempo real.

4.2 MENSAJES DE ERROR

Mientras el equipo no se conecte a la red Wi-Fi, el dispositivo no pasa a la pantalla principal, es decir se mantiene en “Conectando Wifi”.

5 GESTIÓN DEL SISTEMA

5.1 GESTIÓN DE CAMBIO

Los cambios y configuración de software del dispositivo se deben realizar desde la aplicación Arduino IDE, puesto que el sistema cuenta con un módulo ESP32.

La base de datos del equipo está respaldada en la plataforma Ubidots, de la cuál también se puede realizar una inspección del comportamiento del sistema en tiempo real.

Para un correcto funcionamiento del sistema es necesario tener un buen plan de pago de página web para obtener mayor número de datos y un buen plan de datos de internet donde está instalado el equipo.

5.2 CONFIGURACIÓN UBIDOTS

La conexión con IoT se llevó a cabo mediante la plataforma Ubidots, que habilita la visualización en tiempo real de las mediciones y también la posibilidad de almacenar las últimas 100 mediciones en la nube por considerarse una cuenta gratuita.

Para visualizar los datos medidos en tiempo real desde cualquier dispositivo en cualquier parte que tenga conexión a internet, se hace la siguiente configuración en la plataforma de Ubidots: Una vez abierta la plataforma e iniciar sesión, se abre la página principal en donde se selecciona la pestaña “Agregar nuevo panel de control” esta pestaña

nos permite crear un nuevo sistema en la cual podemos agregar dispositivos o variables que deseamos controlar o sensor en tiempo real como se muestra en la Figura 13.

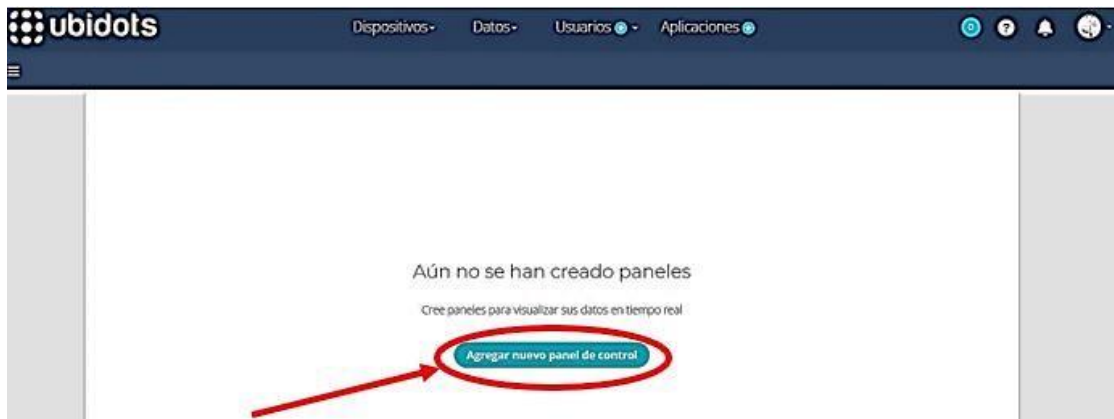


Figura 13: Ventana principal de usuario Ubidots.

Se despliega la siguiente ventana en donde se procede a llenar los datos iniciando con el nombre del panel dependiendo que tipo de sistema es el que vamos a controlar y sensor, hacer clic en guardar o salvar como se detalla en la Figura 14.

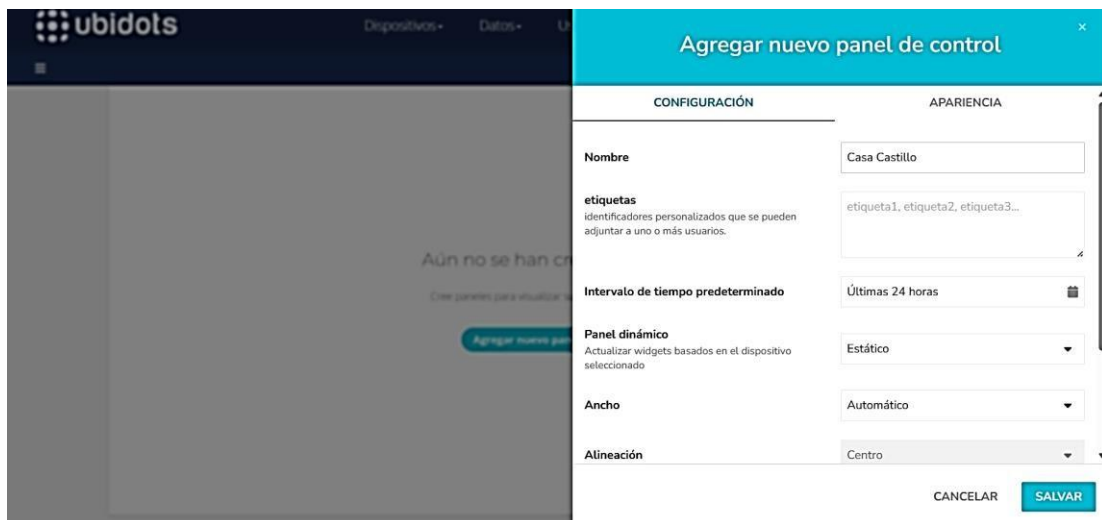


Figura 14. Agregar panel de control Ubidots.

En la siguiente ventana se observa el panel creado con su respectivo nombre, donde podemos agregar dispositivos y tableros que se desea controlar o sensor, para agregar en este caso un nuevo dispositivo, se hace clic en la pestaña “Dispositivos”, y se selecciona “Dispositivos” en la pestaña desplegada como se observa en la Figura 15.

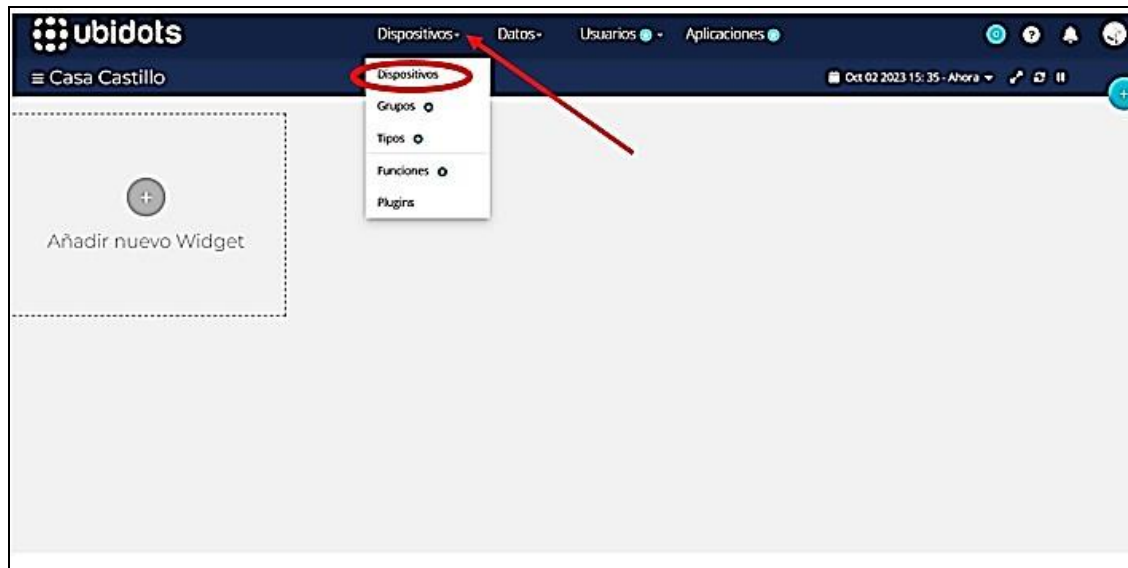


Figura 15. Agregar dispositivos Ubidots.

En la siguiente ventana que se abre posterior a dar clic en dispositivos, se selecciona la pestaña crear dispositivo como se muestra en la Figura 16.

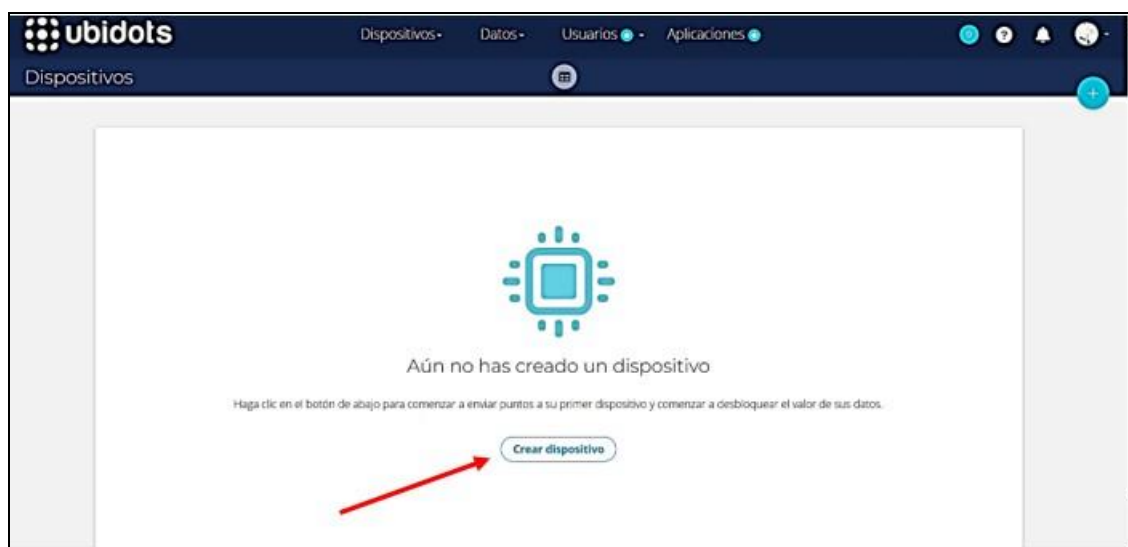


Figura 16. Crear dispositivos Ubidots.

Luego se despliega una pestaña en la que se elige el tipo de dispositivo a gobernar, en este caso se selecciona la pestaña de "Dispositivo en blanco" como se observa en la Figura 17.

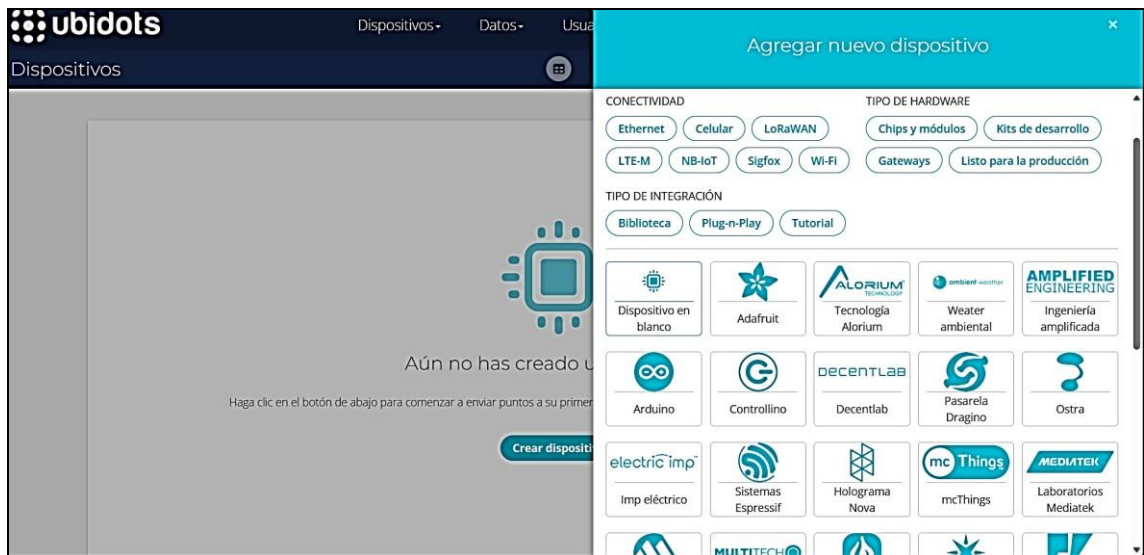


Figura 17. Crear dispositivos en blanco Ubidots.

En la ventana siguiente se ingresan los datos del dispositivo a crear, en este caso en particular se ingresa el nombre como se indica en la Figura 18 y luego hacer clic en la pestaña del visto para aceptar.

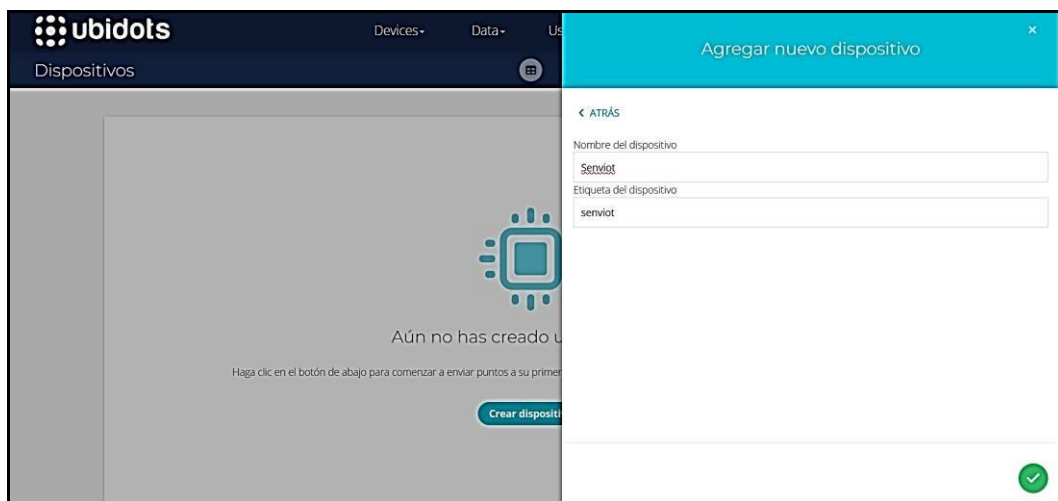


Figura 18. Agregando nombre de dispositivos en blanco Ubidots.

Como se puede observar en la siguiente ventana, ya se encuentra creado el nuevo dispositivo llamado senviot, en el cual se tiene la opción de crear variables específicas, mismas que se desea sensor en este caso en particular, para crear las variables se selecciona en la pestaña del dispositivo creado como se observa en la Figura 19.

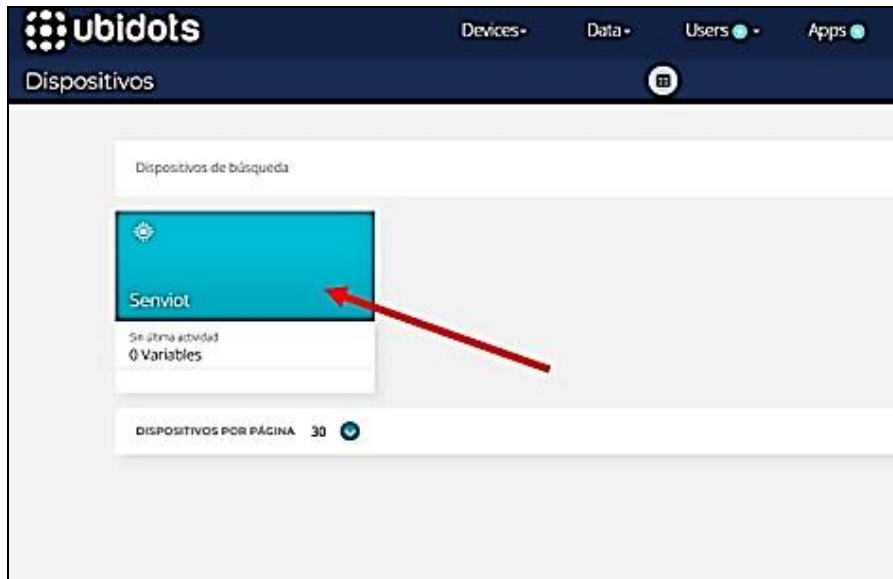


Figura 19. Dispositivo agregado Ubidots.

En la ventana siguiente se observa cómo se puede ir agregando variables según los datos que necesitamos sensar, en este caso vamos a crear ocho variables ya que son los datos de los sensores de voltaje y corriente que tiene el dispositivo serviot ya instalado en su sitio.

Para crear estas nuevas variables se selecciona en el recuadro “Agregar Variable” y luego hacer clic en la pestaña “crudo” tal como se muestra en la Figura 20

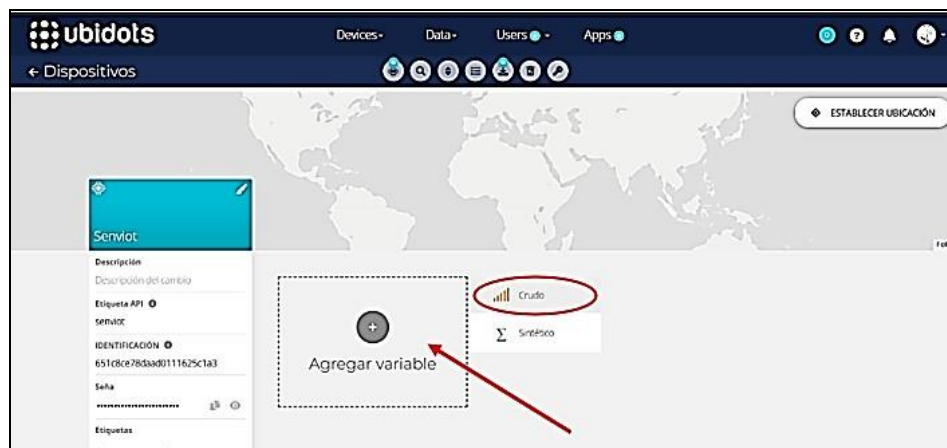


Figura 20. Agregar variables en dispositivo Serviot.

Una vez seleccionado el tipo de variable se crea automáticamente la variable en el recuadro en la cual se ingresa el nombre correspondiente, en este caso se agrega el nombre de voltaje y así sucesivamente con las variables que mide el dispositivo.

En la Figura 21 se detalla el paso para ingresar el nombre de la variable y en la Figura 22 se observa las ocho variables creadas con sus respectivos nombres que sensan los datos que envía el dispositivo serviot en tiempo real.



Figura 21. Variable agregada en dispositivo Ubidots.

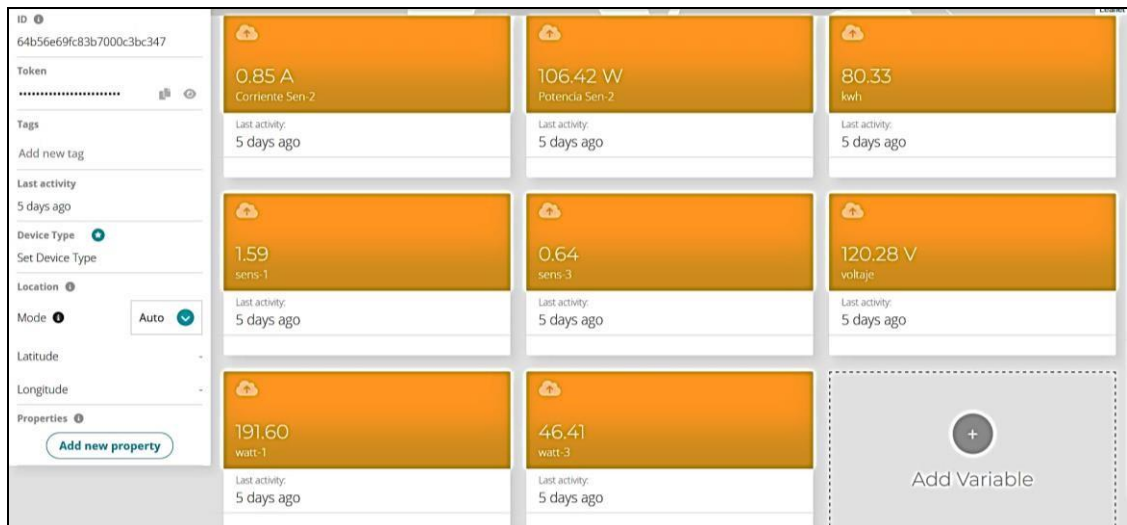


Figura 22. Variables censadas por el dispositivo Serviot.

Finalmente, para obtener los datos desde los sensores hacia las variables creadas se hace la comunicación mediante el código API que se encuentra dentro de cada variable, en la ventana que se observa en la Figura 23, este código api se inserta en la línea 37 del código de Arduino como se observa en la captura de la Figura 24.

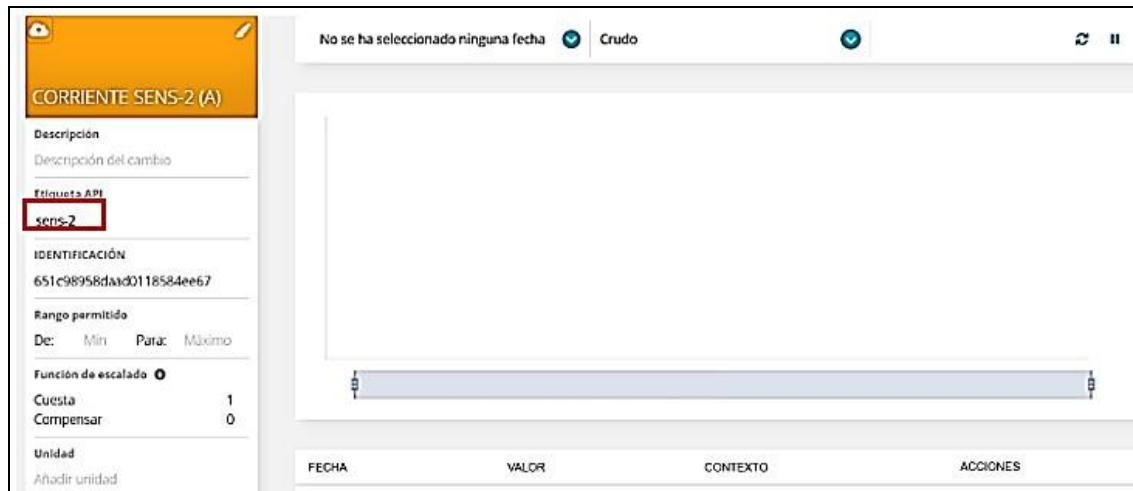


Figura 23. Código API de la variable sensor 2 del Senviot en plataforma Ubidots

```
#define VARIABLE_LABEL1 "Sens 1" // Nombre de la variable
para ubidots
#define VARIABLE_LABEL2 "Sens 2" // Nombre de la variable
para ubidots #define VARIABLE_LABEL3 "Sens 3" // Nombre de la
variable para ubidots
#define VARIABLE_LABEL5 "Voltaje" // Nombre de la variable
para ubidots

#define VARIABLE_LABEL6 "Watt 1" // Nombre de la variable
para ubidots
#define VARIABLE_LABEL7 "Watt 2" // Nombre de la variable
para ubidots
#define VARIABLE_LABEL8 "Watt 3" // Nombre de la variable
para ubidots
```

Figura 24. Parte del código de comunicación entre sensores y variables mediante el código API.

La integración exitosa con la plataforma Ubidots no solo permite visualizar las mediciones en tiempo real, sino que también almacena los valores en la nube para futuros análisis y procesamiento.

La interfaz con el usuario debe mostrar la información más importante del sistema: corriente, voltaje, potencia y energía.

11.1.1.5.3 ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD

Para proteger el sistema se hace la instalación del dispositivo respetando las normas NEC de instalaciones eléctricas en la construcción.

Los puertos 2.5 mm están destinados exclusivamente para la conexión de los transformadores CT suministrados al monitor de energía y no deben emplearse para transmitir ninguna señal de audio.

11.1.2.5.4 ADMINISTRACIÓN DEL SISTEMA

Configurar y ajustar los componentes del sistema para que funcionen de manera óptima y cumplan con los requisitos de los usuarios y las organizaciones.

Monitoreo y rendimiento: Supervisar constantemente el funcionamiento del sistema para identificar problemas, cuellos de botella o ineficiencias y tomar medidas para resolverlos.

Seguridad: Implementar medidas de seguridad para proteger el sistema contra amenazas y ataques cibernéticos, como virus, malware y hackers.

Gestión de usuarios y acceso: Administrar cuentas de usuario, permisos y accesos para garantizar la seguridad y la privacidad de los datos y recursos del sistema.

6 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

El mantenimiento del equipo es similar al de un dispositivo electrónico cualquiera, de manera básica, por ejemplo, se pueden considerar aspectos como:

- **Limpieza:** Mantén el dispositivo limpio de polvo y suciedad. Usa un paño suave y seco para limpiar la superficie exterior. Si es necesario, puedes usar un paño ligeramente humedecido, pero evita que entre humedad en las aberturas y conectores.
- **Ventilación:** Asegúrate de que las aberturas de ventilación no estén obstruidas. La obstrucción de estas aberturas puede llevar a un sobrecalentamiento y un funcionamiento deficiente.
- **Cableado y conexiones:** Verifica regularmente que los cables y conectores estén en buen estado y bien conectados. Los cables dañados o conexiones flojas pueden causar problemas de funcionamiento.
- **Almacenamiento adecuado:** Si no vas a utilizar el dispositivo durante un período prolongado, guárdalo en un lugar fresco y seco, alejado de la luz solar directa y la humedad. Además, protege el dispositivo de golpes o caídas.

7 ADMINISTRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BASE DE DATOS

En Ubidots, debes configurar tus dispositivos y las variables que deseas monitorear. Esto implica definir los nombres, unidades y tipos de datos de las variables.

Ingestión de Datos: Ubidots ofrece múltiples formas de enviar datos a la plataforma, como a través de API REST, MQTT, HTTP, y otros protocolos. Debes asegurarte de que los datos se estén ingresando correctamente y que los dispositivos estén configurados para enviar información periódicamente.

Organización de Datos: Puedes organizar tus datos en "Dashboards" y "Data Sources". Los dashboards te permiten visualizar y analizar los datos, mientras que los data sources agrupan los dispositivos y variables relacionados.

Seguridad: La seguridad de los datos es fundamental. Ubidots ofrece opciones de seguridad como autenticación de dos factores, acceso con contraseña y control de acceso para proteger tus datos.

Rendimiento: Monitorea el rendimiento de tus dashboards y aplicaciones para asegurarte de que los datos se estén visualizando y actualizando de manera eficiente. Si experimentas problemas de rendimiento, puedes optimizar tus consultas y visualizaciones.

Actualizaciones y Parches: Ubidots realiza actualizaciones periódicas para mejorar la plataforma y corregir problemas de seguridad. Mantente informado sobre estas actualizaciones y aplicarlas según sea necesario.

Soporte y Documentación: Ubidots proporciona soporte técnico y documentación detallada para ayudarte con cualquier problema o pregunta que puedas tener relacionados con la plataforma.

8 RESPALDO DE RECUPERACIÓN

Ubidots gestiona la infraestructura de servidores, por lo que no es necesario preocuparse por respaldos. Sin embargo, es importante que consideres respaldar tus propios datos si es necesario para tu aplicación específica.

9 GESTIÓN DE SERVICIOS

Instalación y Configuración Inicial

Paso 1: Verificación de Requisitos:

Antes de la instalación, asegúrese de que el lugar donde se instalará el medidor cumpla con los requisitos eléctricos y de seguridad recomendados.

Paso 2: Instalación del Medidor:

Siga las instrucciones detalladas de instalación proporcionadas en el manual del medidor. Esto incluye la conexión adecuada a la red eléctrica y el montaje seguro.

Paso 3: Configuración Inicial:

Configure los parámetros iniciales del medidor siguiendo las instrucciones proporcionadas en el manual.

Resolución de Problemas

Paso 1: Consulta del Manual:

Si encuentra problemas con el medidor, consulte la sección de resolución de problemas del manual para buscar soluciones comunes.

Paso 2: Contacto con Soporte Técnico:

Si no puede resolver el problema por sí mismo, comuníquese con el servicio de asistencia técnica utilizando la información de contacto proporcionada en la sección de soporte del manual.

10 CONTACTOS

Nombre: Bryan Castillo

Celular: 0969962611

11 FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

Para obtener esta documentación, contacte al representante de senviot.

12 REQUISITOS REGLAMENTARIOS

En Ecuador, los productos eléctricos y electrónicos están sujetos a diversas normativas técnicas y regulaciones destinadas a garantizar la seguridad de los usuarios y promover la eficiencia energética. En este caso el dispositivo se adapta al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 164.

13 PREGUNTAS FRECUENTES

¿Por qué el dispositivo no envía datos a la plataforma Ubidots?

Revise que haya hecho una instalación correcta, siguiendo todos los pasos detallados en el manual, y en caso de que esté correcto, revise que haya escrito correctamente el nombre de la red Wi-Fi y su contraseña.

En caso de persistir el inconveniente, revise si la vinculación con su cuenta en Ubidots es correcta, puede revisar que el TOKEN otorgado por la página esté correctamente escrito en el código.

¿Por qué mi equipo no mide correctamente los valores?

Cuando enciende el equipo debe esperar unos minutos hasta que el sistema se calibre y estabilice.

Revise que los sensores estén correctamente conectados, tanto en el dispositivo como en los cables en donde se requiere medir.

¿Por qué mi equipo no enciende?

Recuerde que senviot no es un dispositivo independiente por lo que requiere estar conectado a la red eléctrica para tener un correcto funcionamiento, de modo que, asegúrese que el dispositivo se encuentre conectado.

Verifique que el cable USB esté conectado a la fuente de alimentación del equipo.

Apéndice A: Aprobación del manual de operaciones y mantenimiento

Los abajo firmantes reconocen que han revisado el <SENVLOT> Manual de Operaciones y Mantenimiento y estoy de acuerdo con el enfoque que presenta. Los cambios a este Manual de operaciones y mantenimiento serán coordinados y aprobados por el abajo firmante o sus representantes designados.

Firma: _____ Fecha _____

Nombre: _____

Título: _____

Rol: _____

Firma: _____ Fecha _____

Nombre: _____

Título: _____

Rol: _____

Firma: _____ Fecha _____

Nombre: _____

Título: _____

Rol: _____

APÉNDICE B: TÉRMINOS CLAVE

La siguiente tabla proporciona definiciones de términos relevantes para este documento.

Término	Definición
Ubidots	Ubidots es una Plataforma habilitadora del Internet de las

	<p>Cosas que permite a miles de ingenieros, desarrolladores y empresas, desplegar soluciones IoT de manera rápida y sin necesidad de contratar un equipo de desarrollo de software o tardar demasiado tiempo en desplegar soluciones a sus clientes finales.</p>
ESP32	<p>Es la denominación de una familia de chips SoC de bajo coste y consumo de energía, con tecnología Wi-Fi y Bluetooth de modo dual integrada.</p>
Arduino IDE	<p>El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino es una aplicación multiplataforma (para Windows, macOS, Linux) que está escrita en el lenguaje de programación Java. Se utiliza para escribir y cargar programas en placas compatibles con Arduino, pero también, con la ayuda de núcleos de terceros, se puede usar con placas de desarrollo de otros proveedores.</p>

Anexo 9. Certificado del Abstract.

Loja, 30 de octubre de 2023

Jenny Vicenta Sanmartín Loarte, identificado con número de cédula 1105023772,
Licenciada en Ciencias de la Educación mención Idioma Inglés,

CERTIFICA:

Que el texto traducido al idioma inglés que compone el **Resumen** del Trabajo de Titulación denominado "**Desarrollo de un sistema IoT para el monitoreo de variables eléctricas requeridas en Sistema de Gestión Energética**" correspondiente al **Sr. Bryan Roy Castillo Yaguana**, con número de cédula **1106085895**, fue realizado y verificado bajo mi supervisión.

Es todo en cuanto puedo informar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente documento para fines que crea pertinente.



Lic. Jenny Sanmartín
C.I: 1105023772
Celular: 0983546274