

# EnergySystem: Tecnología Iot para un Sistema de Monitoreo de consumo de energía eléctrica en el hogar

Alexander Herrera Silva,  
Bryan Robalino Chuez,  
and John Vera Macias

Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

[aherrer33@uteq.edu.ec](mailto:aherrer33@uteq.edu.ec),  
[brobolino@uteq.edu.ec](mailto:brobolino@uteq.edu.ec),  
[jveram10@uteq.edu.ec](mailto:jveram10@uteq.edu.ec)

Link de GITHUB:

[https://github.com/JohnVeraXD/Proyecto\\_Energy\\_System.git](https://github.com/JohnVeraXD/Proyecto_Energy_System.git)

**Resumen.** El proyecto EnergySystem se centra en desarrollar un sistema de monitoreo de consumo de energía en el hogar mediante tecnologías IOT. Utilizamos sensores de corriente para medir el consumo eléctrico y presenta una interfaz web y móvil que permite a los usuarios monitorear en tiempo real, revisar el historial de consumo y acceder a funciones para mejorar la eficiencia energética. La revisión del estado del arte destaca la diversidad de tecnologías utilizadas en sistemas similares, mientras que el proyecto se diferencia por su enfoque en eficiencia energética y una interfaz de usuario amigable. La metodología de desarrollo incluye casos de uso como la gestión de dispositivos residenciales, inicio de sesión, registro de usuarios y gestión de alertas, buscando ofrecer una solución completa y adaptable.

**Palabras claves:** IoT, sostenibilidad, sensores de corriente,

## 1 Introducción

En el contexto contemporáneo de la sociedad actual, donde la eficiencia energética y la sostenibilidad se han vuelto imperativos ineludibles, surge la necesidad apremiante de desarrollar soluciones innovadoras que empoderen a los usuarios para tomar el control de su consumo de energía en el hogar. Este proyecto se inserta en este escenario dinámico, enfocándose en la creación de un sistema avanzado de monitoreo de energía para los dispositivos domésticos.

El proyecto EnergySystem se configura como una propuesta vanguardista para el monitoreo del consumo de energía de los dispositivos hogareños, haciendo uso de tecnología de Internet de las Cosas (IoT). Mediante la implementación de sensores de corriente, este sistema mide con precisión el consumo eléctrico de los dispositivos conectados en el hogar. Asimismo, presenta una interfaz de usuario accesible a través

de una aplicación tanto web como móvil. Esta interfaz no solo permite a los usuarios supervisar en tiempo real su consumo de energía, sino que también brinda acceso a un detallado historial de consumo y diversas funcionalidades diseñadas para mejorar la eficiencia energética. En un contexto donde la falta de responsabilidad de algunos usuarios contribuye a problemas como el aumento de costos y la creciente demanda energética, este proyecto busca abordar estas preocupaciones promoviendo un uso consciente y eficiente de la energía en los hogares [1].

Con el avance de herramientas tecnológicas innovadoras, se exploran métodos novedosos para la preservación de recursos energéticos. Dentro de este marco, se incluye la investigación en el ámbito de las telecomunicaciones, centrándose en la creación de nuevos procesos y herramientas que posibiliten la gestión eficiente de la información. En el contexto de este proyecto específico, se pretende emplear las telecomunicaciones como una herramienta fundamental para fortalecer el ahorro y optimizar el consumo eléctrico.

La eficiencia energética conduce a la disminución del consumo, lo que resulta en una reducción de los costos de facturación, contribuyendo así a optimizar los recursos económicos de las familias. Si se hace un análisis a una escala más amplia, considerando viviendas en una ciudad, se obtendría la cantidad total de energía ahorrada. La reducción en el consumo de electricidad también conlleva a una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que desempeña un papel significativo en la preservación del medio ambiente. Esto se logra al evitar desperdicios y consumir energía de manera más eficiente, ya sea mediante cambios en los hábitos o mediante la utilización de equipos con menor consumo energético [2].

En la sociedad y el ámbito privado, ha ganado popularidad la preocupación por nuestro planeta, y exhibir una imagen ecológica se percibe como un factor positivo en las interacciones sociales y comerciales [3]. Las empresas, de manera inteligente, han mostrado interés en la reducción de emisiones de carbono para ser percibidas como entidades sostenibles. Reconocen que estas estrategias no solo representan un gasto, sino más bien una inversión, tanto por el ahorro inmediato en consumo como por las consecuencias positivas en el ámbito mercadológico que conllevan [4].

Finalmente, pero de igual importancia, existe un riesgo directamente vinculado a la cantidad de consumo de energía. A medida que aumentan las cantidades netas de consumo, también crece el riesgo de que los incrementos en los precios de la energía o la escasez de suministro puedan afectar significativamente la rentabilidad o incluso la continuidad de un negocio en el mercado [5].

Este informe sigue una disposición estructurada que presenta de manera precisa los aspectos principales tratados en el proyecto. Inicialmente, la Sección 2 se enfoca en el Estado del Arte, ofreciendo una visión general del conocimiento actual en lo que respecta a la calidad del agua y los sistemas de calidad. Posteriormente, en la Sección 3, se proporciona una descripción detallada del sistema propuesto, destacando con minuciosidad sus atributos y el modo en que opera.

En la Sección 4, se detalla a fondo la metodología TDDM4IoTS que se utilizó durante la implementación del sistema. La Sección 5 se centra en analizar los resultados obtenidos y su significado. Finalmente, la Sección 6 engloba las conclusiones derivadas de los descubrimientos.

## **1.1 Antecedentes**

En el contexto moderno de la sociedad actual, donde la eficiencia energética y la sostenibilidad son imperios incuestionables, surge la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras que permitan a los usuarios tener un mayor control sobre su consumo de energía en el entorno doméstico. En este sentido, se procuró aprovechar tecnologías avanzadas como la computación en la nube y el Internet de las Cosas (IoT), especialmente adaptados para dispositivos con sensores que ayuden a obtener resultado de mediciones precisas. Con respecto a las últimas tendencias se observa una evolución de las tecnologías de desarrollo de los sensores “inteligentes”, los cuales pueden ser fácilmente utilizados y desplegados para diversos usos, no solo en el área de la electricidad, como se aplican en este proyecto sino también en otros medios como el hidráulico, entre otros. Estos dispositivos también tienen la ventaja de poder transmitir la información recopilada por medio del internet, poniéndola a disposición desde cualquier sitio [6].

## **1.2 Pregunta de investigación y objetivos**

La pregunta de investigación que guía este estudio es: ¿Cuáles son las características de los sistemas de monitoreo de energía en el hogar que se han desarrollado hasta el momento? Esta pregunta surge a partir de la necesidad de conocer el estado actual en cuanto a características de los sistemas de monitoreo de energía existentes. Para abordar esta pregunta de investigación, se plantean objetivos que serán descritos en la siguiente sección.

### **Objetivo general**

- Diseñar e implementar un sistema IoT(Internet de las cosas) de Monitoreo de Consumo de Energía con sensores de corriente, una aplicación web y móvil, así permitiendo a los usuarios monitorear y gestionar el consumo eléctrico en tiempo real para promover la eficiencia energética y la reducción de costos.

### **Objetivo específico**

- Investigar y seleccionar las tecnologías más apropiadas de Internet de las Cosas (IoT) para la recolección en tiempo real de datos vinculados con el consumo eléctrico.
- Llevar a cabo una revisión exhaustiva del estado actual de los sistemas de monitoreo de energía eléctrica para identificar tanto las limitaciones como las oportunidades existentes.
- Definir las características principales de IoT para monitoreo de consumo de Energía.
- Desarrollar una plataforma de comunicación sólida que posibilite la transmisión segura y eficiente de datos entre los dispositivos de medición y el centro de control.
- Crear un sistema de gestión de datos que permita almacenar, procesar y analizar de manera efectiva la información recolectada.
- Establecer una plataforma segura de comunicación entre el dispositivo y la aplicación web y móvil, garantizando así una transmisión confiable de datos y así poder gestionar el consumo desde cualquier ubicación.

- Realizar pruebas del sistema en entornos reales para asegurar su funcionalidad, confiabilidad y precisión.
- Documentar de manera detallada todo el proceso de desarrollo, desde la investigación inicial hasta las pruebas y los resultados finales, con el fin de dar posible replicación y mejora en futuros proyectos.

## 2 Estado del arte

Para obtener un punto de partida se realizó una búsqueda en bases de datos bibliográficas, páginas webs confiables y editoriales académicas como IEEE Xplore, MDPI y Springer. Se utilizó la siguiente cadena de búsqueda:

*(system OR "software" OR application OR programmed) AND ("IOT" OR web app OR mobile app) AND ("consumption" OR monitoring OR control) AND ("electric" OR electricidad OR power)*

Al utilizar esta cadena de búsqueda se consiguió información sobre Sistemas de monitoreo de electricidad en el hogar aplicando Internet de las cosas (IoT). La elaboración de esta investigación pretende responder a la pregunta ¿Cuáles son las características de los sistemas de monitoreo de electricidad se han desarrollado hasta ahora? Para ello se realizó la búsqueda antes mencionada. A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en cada investigación.

Los proyectos revisados presentan una variedad de tecnologías, desde placas Arduino hasta módulos Wi-Fi y microcontroladores específicos. Diversos sensores, como el sensor de corriente PZEM-004T, sensor de voltaje y corriente INA219, demuestran la importancia de recopilar datos precisos. La conectividad a plataformas web, como Thingspeak, y la aplicación de metodologías ágiles son comunes en varios proyectos, resaltando la accesibilidad y eficiencia en la visualización de datos. Se observa una necesidad común de abordar desafíos como la adaptabilidad en espacios reducidos y la falta de especificidad en la metodología de desarrollo. La propuesta del proyecto EnergySystem se basa en la implementación de tecnologías como ESP8266, MKR WiFi 1010 y Adafruit ESP32 Feather, junto con sensores de corriente y voltaje, para abordar las limitaciones encontradas en proyectos anteriores.

EnergySystem se rige como un sistema innovador de monitoreo de consumo eléctrico en hogares mediante sensores de corriente, una interfaz web y móvil, destacando por su enfoque centrado en el monitoreo de la energía, obteniendo una eficiencia energética mayor. En contraste con otros proyectos, como el basado en Arduino IoT Cloud de Tan et al [7] que emplea tecnologías Arduino y plataformas en la nube, o iniciativas como la de Himer et al [8] que utilizan tecnologías específicas como micro-CPV en el techo para generación eficiente de energía, mientras que otros, como el que utiliza Infineon MCU Redwanul et al [9] se enfocan en el análisis en tiempo real y la generación eficiente de energía, proyectos como el de Prakashraj et al [10], que utiliza un sistema basado en la plataforma Blynk IoT, o el de Azha et al [11] con la integración de GPRS en un hogar inteligente, muestran diferentes perspectivas y aplicaciones de IoT en la gestión energética. La comparación revela que nuestro trabajo destaca al proporcionar una solución integral que equilibra con respecto

a la eficiencia energética, la monitorización en tiempo real y la interfaz de usuario amigable, superando a otros enfoques en términos de adaptabilidad y accesibilidad.

El proyecto "Arduino IoT Based Energy Meter" de Patel et al [12], se observa una sólida implementación de un medidor de energía inteligente mediante Arduino y la plataforma Arduino IoT Cloud. Sin embargo, en comparación con el proyecto en desarrollo, se identifican áreas de mejora en cuanto a la amplitud de las funcionalidades y la interfaz de usuario propuestas. EnergySystem tiene el potencial de superar a este proyecto al ofrecer una aplicación web más avanzada con herramientas interactivas para el monitoreo y la mejora continua del consumo de energía, proporcionando una experiencia más completa y centrada en el usuario.

El trabajo de Hariharan et al [13] se enfoca en el monitoreo del consumo de energía en sistemas domésticos inteligentes. Este utiliza tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), sensor de corriente, base de datos en la nube y una aplicación de Android para crear una solución integral. El sensor de corriente recopila datos de consumo, que son enviados y almacenados en la nube, permitiendo el monitoreo en tiempo real.

Sin embargo, a diferencia de energysystem este no tiene la capacidad de enviar alertas por picos de consumo configurables por el usuario lo cual es un punto a favor de nuestro sistema ya que se podrá mantener al tanto de la situación de consumo de energía del usuario sin necesidad de que este monitoreando el consumo de energía mediante la aplicación todo el tiempo.

Como el Shin et al [14] el cual introduce un medidor de consumo de energía inteligente basado en un ESP32 con sensor de corriente (CT) y Node MCU. Este sistema permite una gestión eficiente del consumo energético al medir con precisión las unidades de corriente del medidor de energía del dispositivo electrónico. Los datos analizados se envían a una aplicación web basada en la nube, proporcionando información detallada y análisis en tiempo casi real.

En este aspecto, energysystem presenta una mejora significativa al proporcionar información en tiempo real. Esta característica beneficia al usuario al mantenerlo informado sobre su consumo de energía en todo momento, brindándole una visión actualizada y detallada de sus patrones de consumo.

Respecto al trabajo de Handoko et al [15] se puede destacar que el nuestro va implementar un sistema de notificaciones inteligentes que alerte a los usuarios sobre patrones inusuales de consumo o sugerencias personalizadas para optimizar su eficiencia energética, por otra parte, se encontró que el artículo de Chooruang et al [16] no presenta un enfoque más robusto en la seguridad y privacidad de los datos, abordando de manera proactiva las preocupaciones relacionadas con la gestión segura de la información de consumo de energía.

El proyecto EnergySystem es un sistema innovador de monitoreo de consumo de energía en el hogar basado en Internet de las cosas (IoT). Este sistema utiliza sensores de corriente para medir el consumo eléctrico de dispositivos conectados en el hogar. Además, presenta una interfaz de usuario a través de una aplicación web y móvil que permite a los usuarios monitorear su consumo de energía en tiempo real y acceder a diversas funcionalidades para

mejorar la eficiencia energética, los usuarios pueden recibir alertas personalizadas sobre patrones de consumo inusuales, permitiéndoles tomar medidas proactivas para optimizar su eficiencia y reducir costos.

La tecnología que mas se adapta a nuestro problema serían el ESP32 ya que es un microcontrolador de bajo consumo y alto rendimiento que combina un procesador de doble núcleo Xtensa LX6 a 240 MHz, conectividad Wi-Fi y Bluetooth, y una amplia gama de periféricos integrados.

sensor de voltaje (PT), detecta cambios en el voltaje aplicado al circuito al ajustar manualmente el potenciómetro. El valor de voltaje se puede leer mediante un microcontrolador u otro dispositivo de adquisición de datos.

Sensor de corriente (CT) utilizan el principio de inducción electromagnética para medir la corriente que fluye a través de un conductor.

Varistor es un dispositivo semiconductor cuya resistencia eléctrica varía en función del voltaje aplicado a sus terminales. Cuando la tensión aplicada al varistor supera un cierto umbral, la resistencia del varistor disminuye abruptamente, lo que permite desviar la corriente excesiva y proteger los componentes electrónicos sensibles conectados en el circuito.

Varias de las desventajas que tiene este proyecto es la dependencia de la conectividad a Internet: Los sistemas IoT requieren una conexión a Internet estable para funcionar correctamente. Si hay interrupciones en la conexión, el monitoreo y control de energía pueden verse afectados, Compatibilidad y estándares: Existe una variedad de dispositivos y protocolos IoT en el mercado. Asegurar la interoperabilidad y la compatibilidad entre diferentes dispositivos puede ser un desafío, especialmente si se utilizan productos de diferentes fabricantes.

Es crucial considerar que la efectividad y la utilidad de las soluciones de monitoreo de consumo de energía en hogares dependen de una serie de factores. Entre ellos se incluyen la tecnología utilizada, la precisión de los sensores, la disponibilidad de datos en tiempo real y la capacidad de alerta ante patrones anómalos de consumo. Cada tecnología y enfoque tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la elección de la solución más adecuada dependerá de las necesidades específicas de los usuarios y del entorno en el que se implementará. Por lo tanto, la eficacia del sistema estará estrechamente vinculada a la selección adecuada de los componentes tecnológicos, así como a su integración y configuración óptimas para cumplir con los objetivos de monitoreo y gestión de energía del hogar.

### **3 Sistema propuesto**

Se presenta EnergySystem, un sistema inteligente y novedoso diseñado para el monitoreo de la energía en el hogar. Este sistema se destaca por su capacidad para supervisar y monitorear con precisión los parámetros del consumo de energía eléctrica en el hogar.

La implementación de EnergySystem se respalda en una plataforma web y una aplicación móvil, brindando a los usuarios la posibilidad de monitorear de manera remota y fácilmente

accesible los datos del consumo energético. Este enfoque facilita la toma de decisiones y ajustes según las circunstancias.

Con una interfaz intuitiva y herramientas eficientes, EnergySystem representa un avance significativo en la mejora del monitoreo eléctrico y la garantía del consumo eléctrico en diversos entornos.

El sistema será implementado en un módulo Adafruit ESP32 Feather, junto a un grupo de sensores como: sensor de corriente (CT) y Sensor de voltaje (PT). También, componentes necesarios para la captación, procesamiento y filtración de los datos como: Jack de audio hembra 3.5mm, Conectores hembra SIL, Varistor, Fusible 240v 200ma, Bobina choke. Finalmente, para visualizar los datos en tiempo real el uso de una pantalla OLED.

Estos componentes de hardware están integrados con una aplicación móvil que permite a los usuarios visualizar el sistema de monitoreo eléctrico, supervisar en tiempo real los datos obtenidos por los sensores, y a través de la plataforma web, acceder al historial de registros y ajustar los parámetros de control eléctrico.

EnergySystem consta de tres elementos esenciales: el dispositivo en sí, la aplicación móvil y la plataforma web asociada. A través de esta solución, el objetivo es informar a los usuarios sobre el consumo de energía eléctrica en el hogar, donde se instalan los módulos o sensores.

Basándonos en la revisión de enfoques para desarrollar sistemas IoT, se observa que la metodología TDDM4IoTS, concebida por Guerrero [17], se adapta mejor al ciclo de vida del proyecto EnergySystem. También se utilizó la herramienta TDDT4IoTS, disponible en el sitio web de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ).

Esta aplicación automatiza la generación de parte del software necesario para el procesamiento de datos y la interacción con el usuario a partir de los casos de uso. TDDM4IoTS abarca todos los aspectos relacionados con los sistemas IoT, desde una evaluación preliminar hasta pruebas de código y tareas de mantenimiento del software [17].

### 1.3 Funcionalidades de la Aplicación Web:

Para la gestión y el manejo de los datos que enviara el dispositivo IOT, se utilizara una aplicación web, la cual contara con diversas funcionalidades que les permitirá a los usuarios llevar un control preciso del consumo de energía de los dispositivos que tengan en el hogar.

Proyecto basado en IOT que utiliza:

**Sensores:** Sensor de corriente para medir el consumo eléctrico.

**Aplicación Web:** Permite a los usuarios monitorear el consumo de energía en tiempo real.

A continuación, se muestran algunas de las funcionalidades que tendrá la Aplicación Web:

- **Visualización valores energéticos:** Muestra los valores de la energía, como: El voltaje, la corriente y la potencia en tiempo real.
- **Visualización en Tiempo Real:** Muestra el consumo de energía actualizado en intervalos regulares.

- **Histórico de Consumo:** Permite a los usuarios ver el historial de consumo de energía en gráficos diarios, semanales o mensuales.
- **Alertas de Consumo:** Configuración de alertas para notificar a los usuarios cuando el consumo de energía excede ciertos umbrales.
- **Generación de informes automáticos:** Crea informes y enviarlos por correo electrónico a los usuarios de forma regular. Estos informes podrían incluir resúmenes mensuales, consejos de ahorro de energía y comparaciones de consumo.
- **Integración con Tarifas Eléctricas Dinámicas:** Si es relevante para la ubicación del usuario, la aplicación podría integrarse con tarifas eléctricas dinámicas para ofrecer estimaciones de costos en tiempo real basadas en el consumo actual.

#### 1.4 Funcionalidades de la Aplicación Móvil:

Para la gestión y el manejo de los datos que enviara el dispositivo IOT, se utilizara una aplicación móvil, la cual contara con diversas funcionalidades que les permitirá a los usuarios llevar un control preciso del consumo de energía de los dispositivos que tengan en el hogar. A continuación, se muestran algunas de las funcionalidades que tendrá la Aplicación Móvil:

- **Visualización valores energéticos:** Muestra los valores de la energía, como: El voltaje, la corriente y la potencia en tiempo real.
- **Histórico de Consumo:** Permite a los usuarios ver el historial de consumo de energía en gráficos diarios, semanales o mensuales.
- **Notificaciones:** Configuración para dar notificaciones a los usuarios cuando el consumo de energía excede ciertos umbrales.
- **Generación de informes:** Crea informes y descargarlo en el dispositivo. Estos informes podrían incluir resúmenes mensuales, consejos de ahorro de energía y comparaciones de consumo.
- **Integración con Tarifas Eléctricas Dinámicas:** Si es relevante para la ubicación del usuario, la aplicación podría integrarse con tarifas eléctricas dinámicas para ofrecer estimaciones de costos en tiempo real basadas en el consumo actual.

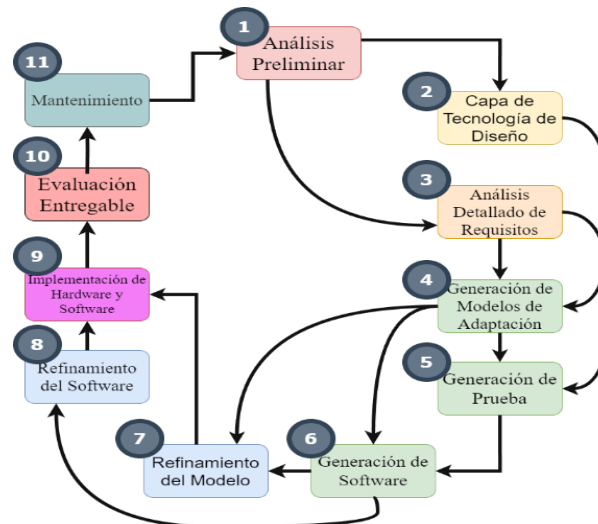
## 4 Metodología de desarrollo

En su investigación, Guerrero-Ulloa et al [17], introducen una estrategia conocida como TDDM4IoTS (Metodología de Desarrollo Guiado por Pruebas para Sistemas Basados en IoT), específicamente diseñada para la creación de sistemas basados en Internet de las cosas (IoT). Esta metodología fusiona principios de Desarrollo Guiado por Pruebas (TDD), Ingeniería Dirigida por Modelos (MDE) y enfoques ágiles. TDDM4IoTS subraya la importancia de emplear herramientas que aseguren que se cumplen los requisitos del cliente, proponiendo el uso de casos en lugar de descripciones en lenguaje natural para especificarlos. La versatilidad de esta metodología se refleja en su capacidad para adaptarse a una variedad de proyectos de IoT, permitiendo flexibilidad en su aplicación conforme a la naturaleza específica del proyecto y las habilidades del equipo.

Esta metodología abarca todas las fases del ciclo de vida de los sistemas basados en IoT, facilitando una adaptación flexible según la naturaleza del proyecto, las competencias del



equipo y otros factores relevantes. Tiene 11 fases distintas: desde el análisis preliminar y el diseño de la capa tecnológica, la generación de pruebas, el desarrollo de software, la optimización de modelos y software, y, finalmente, la evaluación de resultados y el mantenimiento continuo. Como se observa en la **Figura 1**.



*Figura 1. : Etapas de la metodología TDDM4IoTS, [17]*

### 1.5 Análisis preliminar

Se reconoció que a muchas personas les preocupa saber el gasto de energía que tienen dentro de sus domicilios. En respuesta a esta situación, se propone la creación de un sistema que habilite a los usuarios tener un mayor seguimiento del consumo de energía. Este sistema debe ser fácil de utilizar y accesible, considerando que los usuarios podrían carecer de experiencia técnica en este ámbito. Es esencial que los usuarios reciban notificaciones en caso de que el consumo de energía supere los límites establecidos, permitiéndoles tomar medidas oportunas para prevenir pérdidas o daños. Se consideró que el sistema sea económico en costos y fácil de instalar en los hogares de los usuarios, ya que muchos interesados en el monitoreo del consumo de energía no tienen acceso a grandes áreas para implementar sistemas complejos. Basándonos en estas consideraciones, se ha iniciado la fase de análisis inicial para sentar las bases en el desarrollo de un sistema que satisfaga las necesidades de aquellos preocupados por el consumo eficiente de energía.

#### Análisis de requisitos

A partir de una revisión exhaustiva de la investigación actual en este ámbito, se han identificado varios dispositivos diseñados para supervisar aspectos como la eficiencia energética, la demanda eléctrica, la temperatura y otros parámetros relevantes. Como resultado, se han establecido condiciones específicas como parte del proceso de evaluación de necesidades:

#### Requisitos funcionales:

- Posibilitar a los usuarios registrar cuentas proporcionando información general.

- Proporcionar información en tiempo real sobre el consumo de energía en el hogar.
- Mostrar un apartado donde muestra el historial de consumo de energía.
- Automatizar la generación de informes y facilitar a los usuarios la exportación de registros históricos sobre el consumo de energía en un formato descargable.
- Ofrecer alternativas para acceder y recuperar contraseñas descuidadas.
- Integración con tarifas eléctricas dinámicas.
- Dar la opción de escoger el rango de fecha para la generación de reportes.
- Permitir a los usuarios programar alertas cuando se exceda un límite impuesto.
- Enviar notificación a los usuarios cuando exista un consumo excesivo o baja de los parámetros de la energía.

#### Requisitos no funcionales:

- Suministrar una guía integral y comprensible para el mantenimiento y la resolución de problemas.
- Maximizar la eficiencia en la utilización de recursos con el fin de asegurar una relación costo-beneficio positivo.
- Integrar un sólido mecanismo de autenticación (Token) para garantizar que solo los usuarios autorizados tengan acceso al sistema y a sus datos.
- Facilitar el acceso independientemente del nivel de habilidad técnica del usuario.
- Las interfaces tanto de la aplicación web y móvil, deben ser sencillas e intuitivas para facilitar su uso.
- El sistema debe de operar y funcionar la mayor parte del tiempo posible de manera segura.
- Garantizar respuestas rápidas al representar los datos en tiempo real e informes generados.
- Optimizar el tiempo de respuesta e interacción con las gráficas de los resultados.

#### Análisis de tecnología

A partir de los requisitos recopilados, fue crucial definir la tecnología que se utilizó tanto en la construcción del dispositivo como en el desarrollo de las aplicaciones móviles y web. A continuación, se describen las categorías de tecnología evaluadas.

En la **Tabla 1**, se muestran los elementos utilizados en la fabricación del sistema de monitoreo de consumo de energía eléctrica en el hogar.

*Tabla 1. Componentes utilizados en el desarrollo del sistema.*

Componente	Descripción
Sensor de corriente (CT)	Un dispositivo conocido como sensor de corriente o transductor de corriente se emplea para evaluar el flujo de corriente en los circuitos eléctricos. Hay varios tipos diseñados para medir corrientes tanto de corriente alterna (CA) como de corriente continua (CC), como los basados en el efecto Hall y los transformadores. Estos sensores aplican diversos

	métodos de detección para llevar a cabo esta función. [18]
Pantalla OLED	Una pantalla OLED es una pantalla de visualización que utiliza tecnología OLED (Diodo Orgánico de Emisión de Luz). Estas pantallas son conocidas por ofrecer una alta calidad de imagen y un bajo consumo de energía, lo que las hace adecuadas para una variedad de aplicaciones electrónicas, como relojes inteligentes, dispositivos de seguimiento de la salud, medidores de actividad, y otros dispositivos portátiles [19].
Sensor de voltaje (PT)	Los dispositivos de detección de voltaje se pueden conectar a diversos activos, maquinaria o equipos, proporcionando un monitoreo continuo las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Estos sensores buscan constantemente datos de voltaje que podrían señalar posibles problemas. La presencia de un voltaje bajo puede indicar un posible inconveniente, mientras que un voltaje elevado puede representar un riesgo para otros activos. Si se exceden los niveles establecidos, se emiten alertas inmediatas a un sistema informático centralizado [20].
Adafruit ESP32 Feather	La placa Adafruit Feather HUZZAH32 es un dispositivo de conectividad Wifi que se basa en el conocido ESP32 (WROOM32). A diferencia de las placas con microcontrolador AVR, esta placa utiliza el ESP32 como su procesador principal. Aunque es completamente compatible y programable con Arduino, presenta una ventaja significativa al ser considerablemente más potente, funcionando a 240 MHz gracias a su procesador Tensilica LX6 [21].
Jack de audio hembra 3.5mm	El cable de audio Jack se destaca como una de las conexiones más populares en la actualidad y, sin duda, es la preferida para dispositivos de entrada y salida de audio, como altavoces, micrófonos, auriculares, entre otros. Aunque la tendencia apunta hacia la creciente popularidad de dispositivos de audio inalámbricos, el conector Jack mantiene su posición privilegiada debido a sus propiedades y ventajas, siendo la elección predominante para la mayoría de los desarrolladores [22].
Conectores hembra SIL	Un conector hembra (comúnmente denominado jack o toma de corriente) es un dispositivo que, junto con el correspondiente <b>conector macho</b> , establece el contacto entre dos partes de un circuito eléctrico. Es un receptáculo que recibe y sujeta el conector macho en su lugar.
Varistor	Componente electrónico que exhibe una curva característica similar a la de un diodo. La denominación proviene de la combinación de las palabras en inglés "variable resistor". Estos componentes se usan para salvaguardar circuitos contra fluctuaciones de voltaje, al integrarse de forma que, al activarse el varistor, la corriente no fluya a través de elementos sensibles del circuito. También se le conoce como Resistor Dependiente de Voltaje (VDR).

Fusible 240v 200ma	<p>Un fusible es un componente presente en instalaciones eléctricas que se corta o funde en caso de que la corriente supere un nivel determinado.</p> <p>Estos dispositivos están conformados por una lámina o un filamento fabricado con una aleación o metal que tiene un punto de fusión bajo. Este elemento se sitúa estratégicamente en la instalación eléctrica para fundirse si la intensidad de la corriente sobrepasa cierto umbral. De esta manera, el fusible interrumpe la corriente, protegiendo la integridad de los conductores y reduciendo el riesgo de incendios o averías.</p>
Bobina choke.	<p>Está diseñado para exhibir una reactancia significativa a una frecuencia o conjunto de frecuencias específicas. Se usa para bloquear el flujo de corriente alterna de una sección a otra en un circuito, mientras permite el paso de corriente continua. Alternativamente, puede utilizarse para obstaculizar la corriente en modo común mientras facilita el paso de la corriente en modo diferencial. Estas bobinas son sumamente útiles en dispositivos como televisores y otros aparatos, desempeñando funciones fundamentales como filtros.</p>

Una vez que se haya finalizado la evaluación de los componentes relevantes, se mostrarán en la **Tabla 2** las tecnologías utilizados para desarrollar las aplicaciones móvil y web, así como los servicios relacionados.

*Tabla 2. Herramientas de desarrollo utilizadas para el aplicativo móvil y web.*

Tecnologías	Descripción
Visual studio code	Un editor de código fuente desarrollado por Microsoft que ofrece soporte para múltiples lenguajes de programación y características avanzadas para facilitar el desarrollo de software [23].
Postman	Una herramienta que permite a los desarrolladores probar, desarrollar y documentar APIs de forma más eficiente, facilitando la interacción con servicios web y la realización de pruebas automatizadas [24].
Postgresql	Un sistema de gestión de bases de datos relacional de código abierto y potente, conocido por su fiabilidad, robustez y capacidad para manejar grandes volúmenes de datos [25].
Node.js	Un entorno de ejecución de JavaScript del lado del servidor que permite a los desarrolladores crear aplicaciones web escalables y de alto rendimiento [26].
Next.js	Un marco de desarrollo de aplicaciones web de React que ofrece renderizado del lado del servidor, generación de sitios estáticos y otras características avanzadas para la creación de aplicaciones web modernas [27].
Tailwind CSS	Un framework de CSS utilitario que permite a los desarrolladores crear interfaces de usuario personalizadas y responsivas de manera eficiente, utilizando clases predefinidas para estilizar los elementos [28].

Express	Un framework de desarrollo web para Node.js que simplifica la creación de aplicaciones web y APIs mediante el manejo de rutas, middleware y otras funciones comunes [29].
Android Studio	El entorno de desarrollo integrado oficial para la creación de aplicaciones Android, que proporciona herramientas y recursos para desarrollar, depurar y optimizar aplicaciones móviles para dispositivos Android [30].
IDE Arduino	Un entorno de desarrollo integrado específicamente diseñado para la programación de dispositivos Arduino, que incluye un editor de código, herramientas de compilación y depuración, y funciones para cargar el código en placas Arduino [31].

## 1.6 Análisis de viabilidad

Es esencial llevar a cabo un análisis exhaustivo de viabilidad para garantizar que nuestro proyecto de monitoreo de consumo eléctrico en hogares pueda cumplir con sus objetivos de manera efectiva y sostenible. Este proceso nos permitirá evaluar en detalle los aspectos relacionados con el desarrollo, implementación y mantenimiento de la aplicación. Al realizar este análisis, podremos obtener una comprensión clara de los desafíos y oportunidades que enfrentamos, lo que nos permitirá tomar decisiones informadas en términos de diseño, tecnología, recursos y estrategias de mercado.

En este contexto, el análisis de viabilidad considerará aspectos como la disponibilidad y confiabilidad de los sensores de corriente y voltaje, la accesibilidad y usabilidad de la interfaz web y móvil, así como la capacidad de la aplicación para enviar alertas personalizadas sobre patrones de consumo inusuales. Además, se evaluará la escalabilidad del sistema, la viabilidad económica en términos de costos de desarrollo e implementación, y la demanda del mercado para una solución de monitoreo de consumo eléctrico en hogares.

Al realizar este análisis de viabilidad integral, podremos identificar los posibles obstáculos y áreas de mejora, así como aprovechar las oportunidades disponibles para garantizar el éxito a largo plazo de nuestro proyecto. Esto nos permitirá tomar decisiones fundamentadas y estratégicas para desarrollar e implementar una solución de monitoreo de consumo eléctrico que sea efectiva, sostenible y capaz de satisfacer las necesidades y expectativas de los usuarios. A continuación, se presenta el análisis realizado en diferentes aspectos de viabilidad:

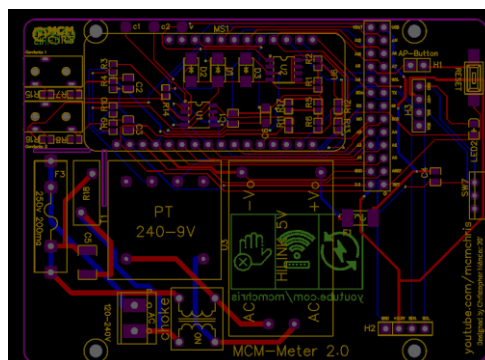
- Viabilidad tecnológica:** Con la gran variedad de tecnologías y componentes existentes. Hemos utilizado un sensor de corriente (CT) para medir con precisión la corriente eléctrica que fluye a través de los dispositivos en el hogar. Además, hemos implementado un sensor de voltaje (PT) para medir el voltaje en el circuito y complementar nuestras mediciones de consumo de energía. Para la conectividad y la transmisión de datos, hemos empleado el microcontrolador Adafruit ESP32 Feather, que nos proporciona capacidades Wi-Fi y Bluetooth para la comunicación inalámbrica. Utilizamos conectores hembra SIL para facilitar el ensamblaje y la conexión de los componentes del sistema. Para garantizar la seguridad y la protección de nuestro sistema, hemos integrado un varistor y un fusible 240v 200ma para protegerlo contra sobretensiones y sobrecorrientes. También hemos incorporado una bobina choke para filtrar el ruido eléctrico y estabilizar la corriente en el circuito.

- **Viabilidad económica:** La implementación de un sistema de monitoreo y control de energía con IoT puede ser algo costosa, además de la computadora o un dispositivo móvil, esta el costo que llevan los componentes para tener el dispositivo IoT.
- **Demanda:** la demanda ha sido un factor crucial que ha impulsado nuestra iniciativa. Desde el principio, nuestro objetivo principal ha sido abordar la necesidad de monitorear y gestionar de manera eficiente el consumo eléctrico en los hogares. Esta demanda surge de la creciente conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética y la necesidad de reducir el consumo de energía para promover la sostenibilidad ambiental.
- **Impacto social:** Al permitir a los usuarios monitorear su consumo de energía de manera efectiva, nuestro proyecto busca empoderar a las personas para que tomen decisiones informadas sobre su uso de la energía. Esto no solo les brinda un mayor control sobre sus facturas de energía, sino que también promueve un comportamiento más consciente y responsable en términos de consumo de recursos.

### 1.7 Diseño de la capa Tecnológica

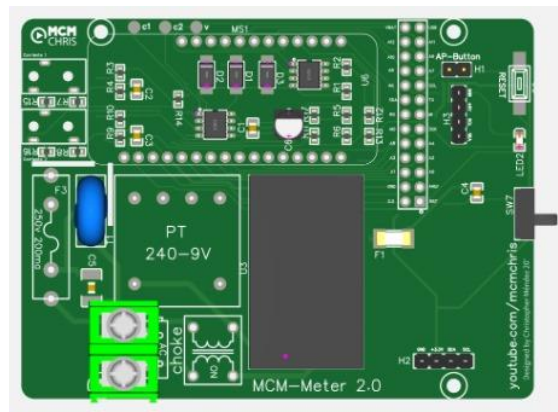
Se presenta una placa que nos ayudara en el funcionamiento de nuestros componentes para monitorear el consumo de energía eléctrica en el hogar. Un medidor de energía diseñado en torno al microcontrolador ESP32 (Adafruit ESP32 Feather), con la capacidad de medir la energía en sistemas domésticos monofásicos de 120 o 240 voltios (fase partida). Este dispositivo monitoriza dos potenciales mediante un solo medidor de corriente (CT no invasivo) y un sensor de voltaje (PT). La información recopilada se transmite a una Api que se encarga de recibir procesar los respectivos datos, lo que posibilita la supervisión de los datos en tiempo real desde cualquier parte del mundo, ya sea mediante un ordenador o un teléfono móvil.

En la **Figura 2** podemos observar el esquema de la placa PCB, la cual realiza la recolección y tratamientos de los datos.



*Figura 2. Esquema de la placa PCB.*

En la **Figura 3** se observa el esquema de los componentes de la placa PCB, como va colocados y ordenados en la misma.



*Figura 3. Esquema de componentes de la placa PCB.*

En la **Figura 4** se observa el sensor de corriente (no invasivo), este recolecta los datos de la corriente eléctrica.



*Figura 4. Sensor de corriente no invasivo*

En la **Figura 5**, se presenta un diagrama de flujo del sistema, que consta de varios componentes interactuando entre sí para proporcionar mediciones de energía eléctrica en tiempo real. A continuación, se describen los procesos realizados por cada componente y su interacción:

- **Cliente web/móvil:** El cliente web o móvil envía una solicitud HTTP GET/POST/PUT/DELETE al servidor para obtener o enviar datos.
- **API REST:** La API REST (Representational State Transfer) es una interfaz de programación de aplicaciones web que utiliza HTTP para acceder y manipular recursos web. En este caso, la API REST acepta las solicitudes HTTP del cliente web o móvil y las reenvía al servidor.

- **Servidor:** El servidor procesa las solicitudes HTTP recibidas a través de la API REST y realiza las acciones necesarias, como la comunicación con la base de datos.
- **Placa Arduino:** La placa Arduino está conectada al sensor de energía eléctrica SCT013 y se comunica con el servidor a través de una conexión serial. La placa Arduino recibe comandos del servidor para configurar el sensor y enviar mediciones de energía eléctrica al servidor.
- **Sensor de energía eléctrica (SCT013):** El sensor de energía eléctrica SCT013 mide la corriente eléctrica que fluye a través de un circuito y envía los datos al Arduino.
- **Base de datos:** La base de datos almacena las mediciones de energía eléctrica enviadas por la placa Arduino. La base de datos puede ser SQL o NoSQL, dependiendo de las necesidades del sistema.

El cliente web o móvil envía solicitudes HTTP al servidor a través de la API REST. El servidor procesa las solicitudes y recibe la información de la placa Arduino para medir la energía eléctrica. La placa Arduino envía las mediciones al servidor, que las almacena en la base de datos. El sistema puede mostrar las mediciones en tiempo real en el cliente web o móvil.

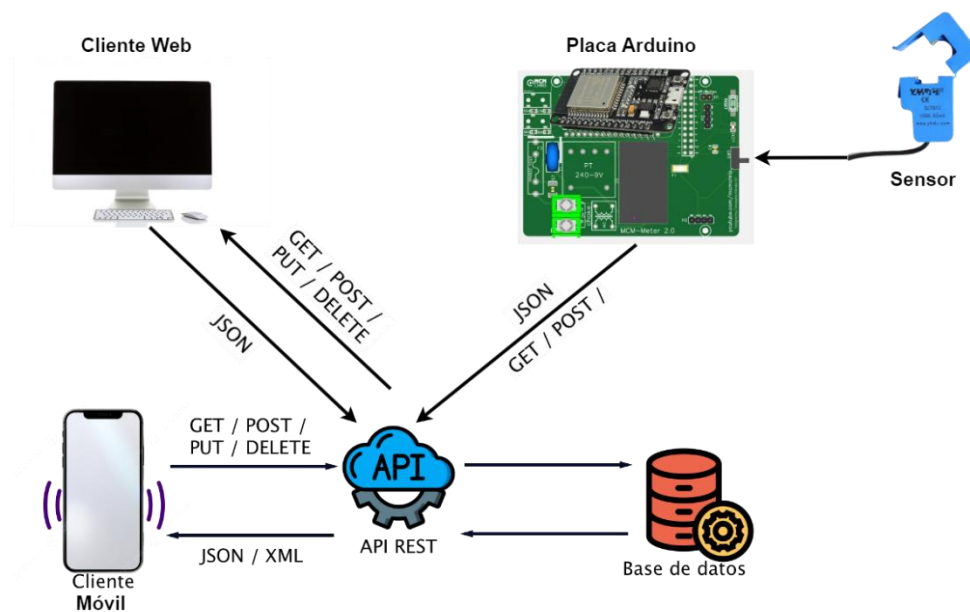


Figura 5. Estructura del proyecto.



### **Análisis de costo para el dispositivo de monitoreo energético del hogar**

Es esencial identificar el valor de cada elemento utilizado con el fin de calcular de manera precisa el costo total de construir un dispositivo similar al descrito en este documento. En consecuencia, se ha suministrado una descripción detallada de cada uno de estos componentes (consultar la **Tabla 3**, Costos de los componentes de hardware) para proporcionar al lector una comprensión clara de los precios a tener en cuenta en su mercado local.

*Tabla 3. Costos de los componentes de hardware.*

<b>Dispositivo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
Sensor de corriente (CT)	1	10,00
Pantalla OLED:	1	12,00
Sensor de voltaje (PT)	1	6,00
Adafruit ESP32 Feather:	1	13,00
Jack de audio hembra 3.5mm	1	2,00
Conectores hembra SIL	1	1,00
Varistor	1	1,00
Fusible 240v 200ma	1	1,00
Bobina choke.	1	1,00
CON_TERMINAL_BLOCK_02	1	0,50
10uF	3	0,50
22uF	1	0,50
100nF	1	1,00
10uF	1	2,00
M7_C95872	3	1,50
SCT1.0A	1	0,50
Fuse 20x5mm	1	0,50
AP	1	0,50
PZ254V-11-04P	1	0,50
CT	2	0,20
FC-2012HRK-620D	1	0,20
FEATHERWING_NOHOLES	1	0,20
choke_MINE_8X7mm	1	0,20
470K	6	1,00
100K	1	0,20
10K	1	0,20
18	2	0,20
1K	6	0,20
220	1	0,50
VDR	1	2,00.
TA-3522-A1	1	1,00
YHDC PE2012-M 220V 9V 0.6VA	1	0,50
MCP6002T-I/SN	2	1,00
HiLink 5V	1	0,20
RESET	1	0,85
2685Y-213CNG1SNA01	1	0,25

## 1.8 Análisis detallado de requisitos

La evaluación de requisitos fue esencial para elaborar de manera eficaz los casos de uso. Nos permitió comprender completamente las necesidades y expectativas de los usuarios, así como identificar los principales escenarios y funciones que debíamos abordar. Para facilitar una mejor visualización, los casos de uso se compartirán a través de su dirección de correo electrónico.

*Tabla 4. Caso de uso para iniciar sesión.*

<b>CASO DE USO</b>		Inicio sesión
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir que un usuario acceda al sistema EnergySystem mediante un proceso de inicio de sesión seguro.
<b>Precondición</b>		El usuario tiene credenciales válidas (nombre de usuario y contraseña).
<b>Postcondición</b>		El usuario ha iniciado sesión correctamente en el sistema.
<b>Descripción</b>		El proceso de inicio de sesión permite al usuario acceder a las funcionalidades del sistema EnergySystem, donde podrá gestionar y monitorear su consumo de energía.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario abre la aplicación o sitio web de EnergySystem.	
2		La aplicación presenta la interfaz de inicio de sesión, solicitando al usuario que ingrese sus credenciales.
3	El usuario ingresa email (UserAccount&\$email=string) y contraseña en los campos correspondientes.	
4	El usuario hace clic en el botón iniciar sesión	
5		El sistema valida la información y autentica al usuario (UserAccount[+validateC redentials]).
6		Si la autenticación es exitosa, el sistema redirige al usuario a la

		interfaz principal del sistema EnergySystem.
--	--	--

*Tabla 5. Caso de uso inicio sesión con Google.*

<b>CASO DE USO</b>		Inicio sesión (con Google)
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir a los usuarios acceder al sistema utilizando sus credenciales de Google.
<b>Precondición</b>		El usuario tiene una cuenta de Google.
<b>Postcondición</b>		El usuario ha iniciado sesión en el sistema utilizando sus credenciales de Google.
<b>Descripción</b>		Proporciona a los usuarios la posibilidad de iniciar sesión de manera rápida y segura mediante sus cuentas de Google.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario selecciona la opción de "Iniciar Sesión con Google".	
2		El sistema redirige al usuario a la página de inicio de sesión de Google.
3	El usuario ingresa sus credenciales de Google (correo electrónico y contraseña) en la página de Google.	
4		Google autentica las credenciales del usuario y devuelve una confirmación de autenticación al sistema.
5		El sistema verifica la confirmación de autenticación de Google y permite el acceso al usuario.
6	El sistema presenta al usuario una sesión iniciada en la interfaz principal	

Tabla 6. Caso de uso para registrar usuario

<b>CASO DE USO</b>		Registrar usuario
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir que un usuario se registre en el sistema EnergySystem.
<b>Precondición</b>		El sistema EnergySystem está operativo y disponible.
<b>Postcondición</b>		El usuario ha completado el registro exitosamente y ahora tiene una cuenta en el sistema.
<b>Descripción</b>		El proceso de registro permite a los usuarios crear una cuenta en EnergySystem, proporcionando la información necesaria (UserAccount) como el nombre de usuario (UserAccount&\$usuario=string), nombre (UserAccount&\$nombre=string) y contraseña (UserAccount&-contraseña=string). Después de completar los campos requeridos, el usuario envía la solicitud de registro. El sistema valida la información proporcionada, verifica que el nombre de usuario no esté registrado previamente UserAccount[+checkIfUsuarioExists] y crea una nueva cuenta (UserAccount[+createAccount]). Finalmente, el sistema confirma la creación de la cuenta para acceder a las herramientas de gestión de energía.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario accede a la página de registro en la aplicación o sitio web de EnergySystem.	
2		La aplicación presenta el formulario de registro con campos para la información necesaria.
3	El usuario completa el formulario, ingresando detalles como email (UserAccount&\$email=string), sus nombres y apellidos (UserAccount&+nombre_Apellidos=string), contraseña (UserAccount&-contraseña=string), una foto para el perfil (UserAccount&-urlFoto=string)	
4	El usuario hace clic en el botón “registrarse”	
5		El sistema valida el email del usuario ingresado (UserAccount[+checkIfemailExists]) y le asigna una id (UserAccount&\$iD_User=int) respectiva para ese usuario y registra la fecha en la que se creó la cuenta

		(UserAccount&+fecha_creacion=date).
6		El sistema crea una cuenta para el usuario UserAccount[+createAccount]) y le asigna un estado (UserAccount-&estado=bool) "true" para definir que la cuenta ya está activa.
7		Genera un mensaje de bienvenida y notifica al usuario sobre el éxito del registro.

*Tabla 7. Caso de uso para registrar usuario con Google.*

<b>CASO DE USO</b>		Registrar usuario (con Google)
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir que un usuario se registre en el sistema EnergySystem.
<b>Precondición</b>		El sistema EnergySystem está operativo y disponible.
<b>Postcondición</b>		El usuario ha completado el registro exitosamente y ahora tiene una cuenta en el sistema.
<b>Descripción</b>		El proceso de registro permite a los usuarios crear una cuenta en EnergySystem, proporcionando la información necesaria para personalizar su experiencia y acceder a las herramientas de gestión de energía.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario accede a la página de registro en la aplicación o sitio web de EnergySystem.	
2		La aplicación presenta el formulario de registro con campos para la información necesaria.
3	El usuario completa el formulario, ingresando detalles como nombre, dirección de correo electrónico, contraseña, y cualquier otra información requerida.	
4	El usuario hace clic en el botón "registrarse"	

5		El sistema crea una cuenta para el usuario, almacenando la información proporcionada en la base de datos.
6		Genera un mensaje de bienvenida y notifica al usuario sobre el éxito del registro.
7		El sistema confirma la cuenta del usuario y redirige al usuario a la interfaz principal de EnergySystem.

*Tabla 8. Caso de uso para Gestión de alertas*

<b>CASO DE USO</b>		Gestión de alertas
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir al usuario configurar y recibir alertas para estar informado sobre eventos críticos o cambios significativos en su consumo de energía.
<b>Precondición</b>		El usuario ha iniciado sesión en su cuenta.
<b>Postcondición</b>		El usuario ha configurado sus preferencias de alertas y recibe notificaciones según los eventos definidos.
<b>Descripción</b>		Este caso de uso describe cómo un usuario puede gestionar las alertas en el sistema para recibir notificaciones sobre situaciones específicas relacionadas con su consumo de energía.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario inicia sesión en el sistema EnergySystem.	
2		La aplicación presenta la interfaz principal.
3	El usuario accede a la sección de configuración de alertas.	
4		Muestra las opciones para configurar las alertas, como picos de consumo (EnergyQuality&\$Energy Levels=float).
5	El usuario asigna una X cantidad del consumo (EnergyQualitySettings[+setThresholds])	

6		El sistema guarda la X cantidad asignada por el usuario para posteriormente mandar una alerta si el consumo de energía llega a esa X cantidad
---	--	---

*Tabla 9. Caso de uso para Visualizar los valores de energía consumidos*

<b>CASO DE USO</b>		Visualizar los valores de energía consumidos
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir a los usuarios visualizar en tiempo real los valores de energía consumidos en su hogar, proporcionando información relevante para que puedan tomar decisiones informadas sobre el uso de la energía y mejorar la eficiencia energética.
<b>Precondición</b>		El sistema cuenta con datos de consumo de energía registrados a través de sensores de corriente.
<b>Postcondición</b>		El usuario puede ver de manera clara y comprensible los valores actuales de energía consumidos en su hogar.
<b>Descripción</b>		Este caso de uso se centra en la funcionalidad de visualización de los valores de energía consumidos, brindando a los usuarios una comprensión inmediata de su consumo eléctrico.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1		Los sensores del sistema monitorean constantemente la cantidad de energía consumida (EnergyFlowSensor.<+currentFlowRate=float&\$totalConsumptions=float)
2		Esta información se almacena en una base de datos.
3	El usuario accede a la interfaz web o móvil del sistema (EnergyFlowSensor[+retrieveConsumptionData]).	
4		El sistema presenta al usuario una pantalla principal con la información de consumo de energía en tiempo real, representada con

		gráficos y estadísticas sobre el consumo de energía.
5	El usuario observa los valores de energía consumidos, que se presentan de manera clara y comprensible en gráficos o tablas.	
6		El sistema actualiza dinámicamente los valores de consumo de energía para reflejar la información más reciente.

*Tabla 10. Caso de uso para visualizar historial de consumo*

<b>CASO DE USO</b>		Visualizar historial de consumo
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir a los usuarios acceder y revisar el historial de consumo de energía en su hogar a lo largo del tiempo, proporcionando una visión detallada de los patrones y cambios en el consumo.
<b>Precondición</b>		Existen datos históricos de consumo de energía registrados por el sistema.
<b>Postcondición</b>		El usuario puede acceder y revisar de manera efectiva el historial completo de consumo de energía en su hogar.
<b>Descripción</b>		Se utiliza información previamente registrada para construir un historial completo que permita a los usuarios tomar decisiones informadas sobre la gestión de la energía en su hogar.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario accede a la interfaz web o móvil del sistema.	
2		El sistema presenta al usuario una opción para acceder al historial de consumo de energía.
3	El usuario selecciona la opción de historial de consumo.	
4		El sistema recopila los datos del consumo de energía (ConsumptionHistory) y muestra una interfaz donde el usuario podrá filtrar los datos por fecha, como último mes", "última semana" o un rango de fechas personalizado



5	El usuario puede navegar a través de diferentes rangos de fechas (ConsumptionHistory) (ConsumptionHistory &+startDate=date&-endDate=date) y visualizar gráficos o tablas que representan el consumo de energía en esos intervalos.	
---	--	--

*Tabla 11. Caso de uso para generación de informes*

<b>CASO DE USO</b>		Generación de informes
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir al usuario configurar y recibir alertas para estar informado sobre eventos críticos o cambios significativos en su consumo de energía.
<b>Precondición</b>		El usuario ha iniciado sesión en su cuenta.
<b>Postcondición</b>		El usuario ha configurado sus preferencias de alertas y recibe notificaciones según los eventos definidos.
<b>Descripción</b>		Este caso de uso describe cómo un usuario puede gestionar las alertas en el sistema para recibir notificaciones sobre situaciones específicas relacionadas con su consumo de energía.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario inicia sesión en el sistema EnergySystem.	
2		Dentro del apartado historial el sistema le da la opción al usuario de generar un informe (EnergyReport).
3	El usuario elige la preferencia de su periodo y confirma la solicitud (EnergyReport&consumptionData=array).	
4		El sistema procesa la solicitud utilizando el método (EnergyReport[+generateReport])
5		El sistema recopila los datos de consumo del período solicitado y genera gráficos y análisis pertinentes
5		El sistema muestra el informe detallado al usuario, permitiéndole visualizar su consumo de energía.

*Tabla 12. Caso de uso para configuración de tarifas*

<b>CASO DE USO</b>		Configuración de tarifas
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir a los usuarios configurar las tarifas correspondientes al consumo de energía, definiendo cómo se calculará el costo en función de la cantidad de kilowatts consumidos.
<b>Precondición</b>		Existe un registro de consumo de energía.
<b>Postcondición</b>		Las tarifas de consumo de energía han sido configuradas y quedan reflejadas en el sistema.
<b>Descripción</b>		Este caso de uso se centra en la configuración específica de tarifas, permitiendo a los usuarios determinar cómo se calculará el costo asociado a la cantidad de kilowatts consumidos, con el objetivo de reflejar de manera precisa los costos asociados al consumo eléctrico.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario accede a la interfaz de configuración del sistema.	
2		El sistema presenta una opción para configurar tarifas de consumo de energía.
3	El usuario selecciona la opción de configurar tarifas.	
4		El sistema muestra una interfaz que permite al usuario ingresar una X cantidad de kwh o tomar los kwh del historial de consumo (EnergyRate&+kw=float).
5	El usuario ingresa la x cantidad de kwh que desea calcular (EnergyRateSettings[+setThresholds]).	
6		El sistema procesa la solicitud utilizando el método (EnergyRate[+generateRate])
7		El sistema calcula cuanto es el equivalente en dólares por la cantidad de kwh que ingreso el usuario.
8		El sistema muestra el informe detallado al usuario, permitiendole visualizar el costo por la cantidad de kwh ingresada.

*Tabla 13. Caso de uso para Configurar datos del usuario*

<b>CASO DE USO</b>		Configurar datos del usuario
<b>Actores</b>		Usuario
<b>Propósito</b>		Permitir a los usuarios gestionar y configurar sus datos personales en el sistema, brindando la posibilidad de mantener información actualizada y personalizada.
<b>Precondición</b>		El usuario ha iniciado sesión en el sistema.
<b>Postcondición</b>		Los datos del usuario han sido modificados y actualizados en el sistema.
<b>Descripción</b>		Este caso de uso se enfoca en la gestión de información específica del usuario, proporcionando a los usuarios la capacidad de personalizar y configurar sus datos personales.
<b>Flujo normal pasos:</b>	<b>Acción del actor</b>	<b>Respuesta del sistema</b>
1	El usuario selecciona la opción de configurar datos personales.	
2		El sistema muestra una interfaz que permite al usuario visualizar y modificar sus datos personales actuales.
3	El usuario realiza las modificaciones deseadas; como cambiar el nombre y apellidos (UsserAccuont&+nombre_Apellidos=string), la contraseña (UsserAccuont&-contraseña=string) y la foto de perfil (UsserAccuont&+url_foto=string).	
4		El sistema valida y almacena las modificaciones con el método (UserAccount[+UpdateAccountData]).
5	El usuario confirma la actualización de sus datos.	
6		El sistema actualiza los datos del usuario y confirma la modificación exitosa.
<b>Flujo alternativo</b>		
3	El usuario desea eliminar la cuenta (UsserAccuont&\$estado=bool).	
		El sistema cambia el estado de la cuenta de true a false con el método (UserAccount[+DeleteAccount]).

## 1.9 Generación y adaptación de modelos, pruebas y software

Durante esta etapa, utilizamos la herramienta TDDT4IoT para desarrollar el sistema. Esta herramienta se fundamenta en el patrón de diseño modelo-vista-controlador. A partir de los casos de uso definidos previamente, la herramienta genera el diagrama de clases, el cual a su vez posibilita la creación del código fuente de la aplicación web, sus interfaces de usuario iniciales y el modelo de la aplicación móvil.

Los casos de uso mencionados anteriormente ya fueron identificados previamente. Al emplear la herramienta, una ventana emerge solicitando la introducción de detalles y símbolos del caso de uso para configurar el proyecto. Esto resulta en la creación de un diagrama que abarca todos los casos de uso (ver **Figura 6**, Diagrama de caso de uso generado por TDDT4IoT).

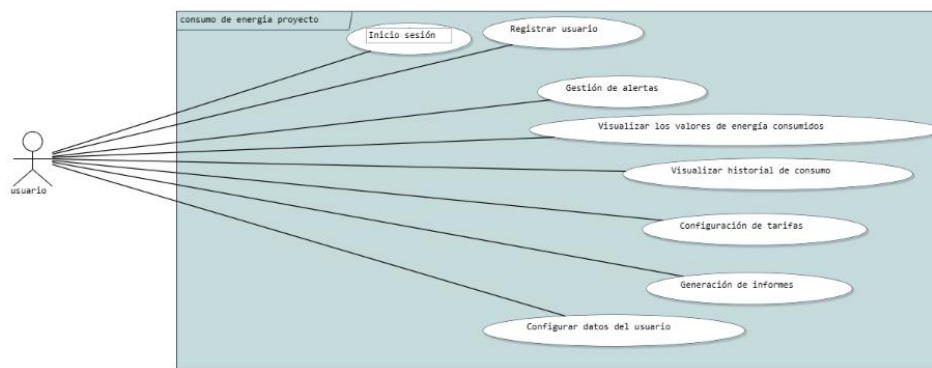


Figura 6. Diseño de casos de usos en TDDT4IoT.

Después de examinar minuciosamente los escenarios de uso, no fue preciso realizar modificaciones en el diagrama de clases. Este fue construido tomando como base las entidades que fueron identificadas en los casos de uso (ver **Figura 7**, Diagrama de clases generado por TDDT4IoT).

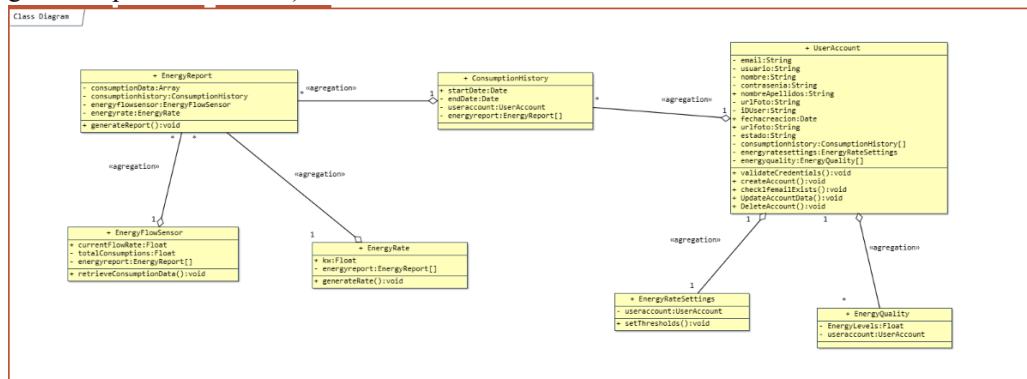


Figura 7. Diagrama de clases generado por TDDT4IoT

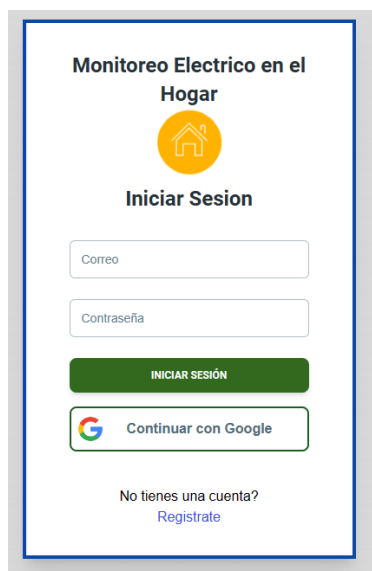
## Diseño de las interfaces

En esta sección se muestran las interfaces creadas para el monitoreo y gestión del consumo energético en el hogar, existen dos interfaces una web y otra móvil para poder interactuar con los valores generados la placa PCB y los sensores.

### Interfaces de la aplicación Web

Se presenta el primer diseño de la aplicación web de Energysystem.

En la **Figura 8** se muestra la página principal para poder iniciar sesión en la aplicación web de Energysystem.




The image shows a web interface for 'Monitoreo Electrico en el Hogar'. At the top, there is a title 'Monitoreo Electrico en el Hogar' and a yellow house icon. Below the icon is the text 'Iniciar Sesion'. There are two input fields: 'Correo' and 'Contraseña'. Below these fields is a green button labeled 'INICIAR SESIÓN'. Underneath the button is a 'Continuar con Google' button with the Google logo. At the bottom, there is a link that says 'No tienes una cuenta? Registrate'.

*Figura 8. Página para iniciar sesión en la aplicación web.*

En la **Figura 9** se muestra la página para poder registrarse en la aplicación web de Energysystem.

Monitoreo Electrico en el  
Hogar




Registrarse

Nombre y Apellido

Correo

Contraseña

Repita la Contraseña

 Registrarse con Google

Ya tiene una cuenta?  
[Inicia Sesión](#)

Figura 9. Página para registrarse en la aplicación web.

En la **Figura 10** se muestra la página principal (Home) de aplicación web de Energysystem, en donde se puede observar las diferentes opciones que nos ofrece en la barra lateral las cuales son: Home, Lecturas, Estadísticas, Histórico, Reportes, Perfil, Configuración.

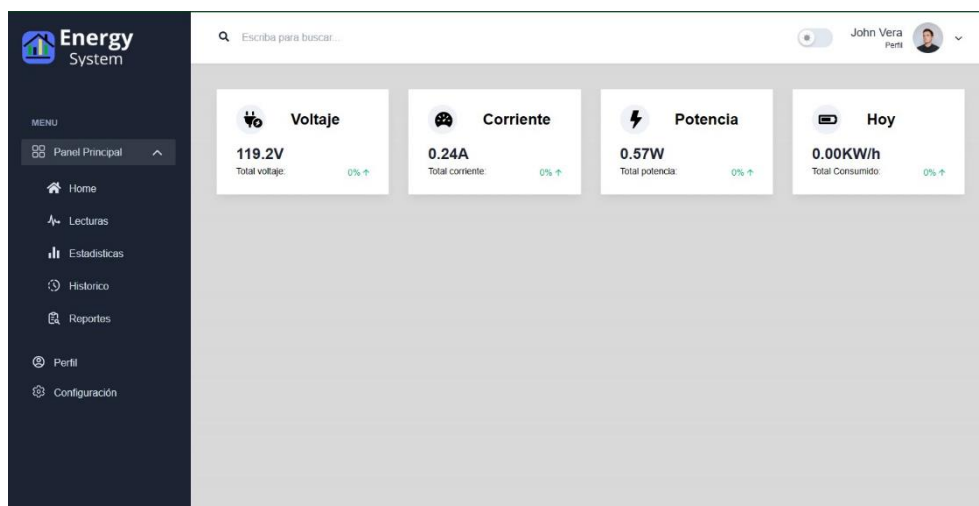
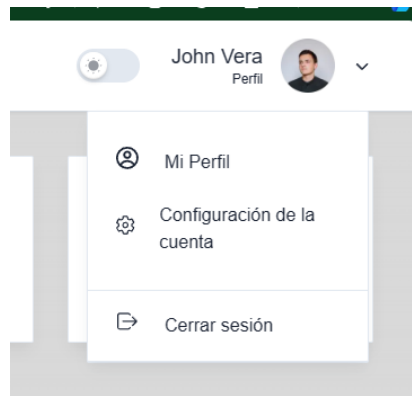


Figura 10. Presentación de los prototipos de la interfaz gráfica de la aplicación Web.

En la **Figura 11** se muestra un submenú de opciones para el usuario.

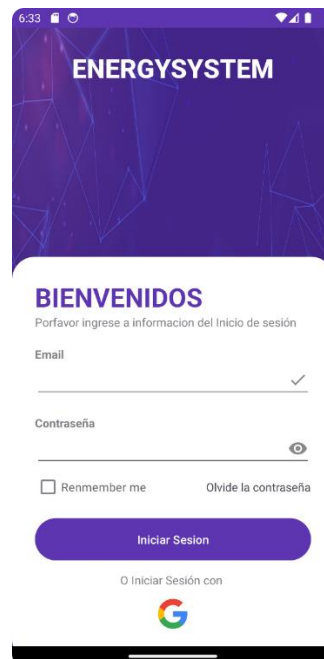


*Figura 11. Submenú de opciones para el usuario.*

### **Interfaces de la aplicación Móvil**

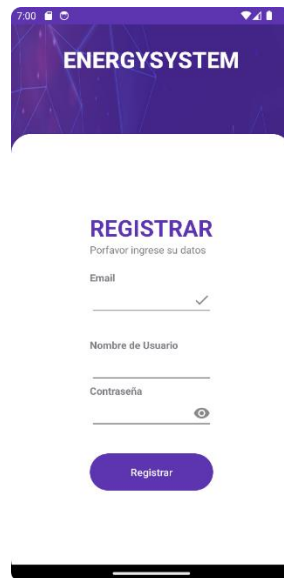
Se presenta el primer diseño de la aplicación móvil de Energysystem, la cual se empleará para visualizar datos en tiempo real del sistema del consumo de energía.

En la **Figura 12** se muestra la vista principal para poder iniciar sesión en la aplicación móvil.



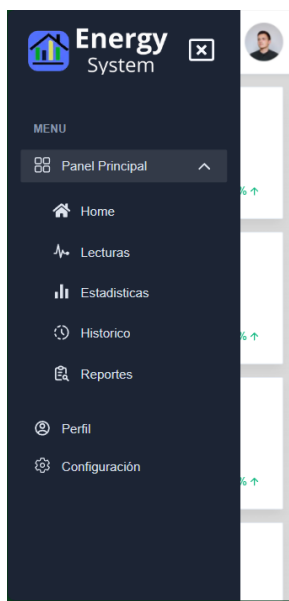
*Figura 12. Interfaz del Inicio de sesión en Móvil.*

En la **Figura 13** se muestra la vista para poder registrarse en la aplicación Móvil de Energysystem.



*Figura 13. Interfaz para Registrarse en Móvil.*

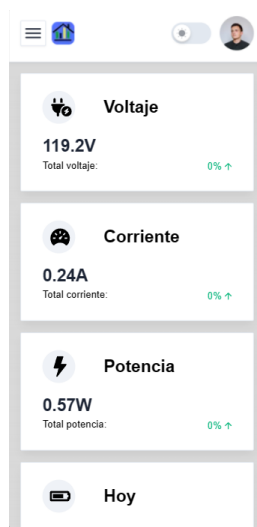
En la **Figura 14** se muestra el panel de opciones de la aplicación Móvil de Energysystem, en donde se puede observar las diferentes opciones que nos ofrece en la barra lateral las cuales son: Home, Lecturas, Estadísticas, Histórico, Reportes, Perfil, Configuración.



*Figura 14. Panel de opciones de la aplicación Móvil de Energysystem*

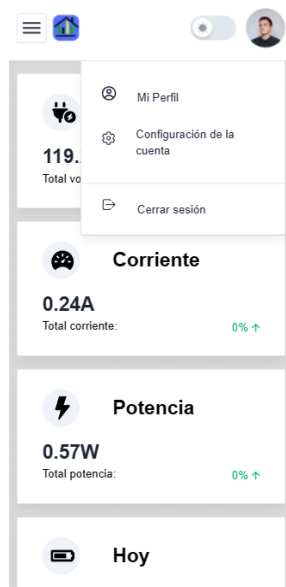


En la **Figura 15** se muestra la vista principal (Home) de aplicación Móvil de Energysystem, en donde se puede observar los siguientes recuadros que muestran información del consumo eléctrico el hogar como: el voltaje, la corriente, la potencia, y lo que se consumió en el día.



*Figura 15. Vista principal (Home) de aplicación Móvil de Energysystem*

En la **Figura 16** imagen se muestra un submenú de opciones para el usuario.



*Figura 16. Submenú de opciones para el usuario.*

## Placa PCB

Se presenta el primer diseño de la placa PCB.

En la **Figura 17** se presenta la parte delantera de la placa PCB, en donde se observan los diferentes componentes que la componen.



*Figura 17. Diseño de la placa PCB armada.*

En la **Figura 18** se presenta la parte posterior de la placa PCB donde se muestra las conexiones que se establecen entre los diferentes componentes.



*Figura 18. Parte posterior de la placa PCB armada.*

## 1.10 Evaluación de entregables

En esta etapa, nuestro objetivo es evaluar la usabilidad y el rendimiento del sistema Energysystem a través de pruebas realizadas por usuarios. Sin embargo, hasta el momento, no se han llevado a cabo todas las evaluaciones necesarias para obtener una valoración completa del sistema.

### **1.11 Mantenimiento**

Aunque Energysystem no inició esta fase en sus etapas iniciales debido a su condición como proyecto de pequeña escala, está contemplado en nuestros planes llevar a cabo la siguiente fase de mantenimiento de manera gradual. En una primera etapa, nos enfocaremos en el mantenimiento del software, lo que implica la revisión del código de la aplicación web. Posteriormente, procederemos con el mantenimiento de la aplicación móvil y el hardware, abordando aspectos como la configuración o la precisión en la recepción de datos obtenidos de los sensores.

### **1.12 Resultados y discusión**

Energysystem destaca en el campo del control de consumo de energía debido a sus características únicas. Este sistema incorpora diversos sensores que posibilitan la medición del consumo de energía del entorno en el que se encuentra.

Además, energysystem proporciona opciones a los usuarios que les permiten generar informes sobre el consumo diario de energía y conocer el costo por kilovatio consumido. Se ha verificado que el sistema es capaz de emitir alertas, las cuales son definidas por el propio usuario. Esto confiere a los usuarios la capacidad de establecer métricas personalizadas para recibir alertas en caso de que el consumo de energía alcance un umbral previamente establecido por el usuario mismo. Estas notificaciones se transmiten a través de alertas directas a los dispositivos móviles de los usuarios mientras utilizan la aplicación energysystem.

## **5 Conclusiones**

La revisión exhaustiva del estado del arte en sistemas de monitoreo de consumo de energía en el hogar ha proporcionado una visión integral de las tendencias actuales y las áreas críticas de desarrollo. En este panorama dinámico, se destaca la diversidad de tecnologías empleadas para la medición, desde dispositivos tradicionales de lectura directa hasta la proliferación de sensores inteligentes y sistemas de automatización del hogar.

La elección de la tecnología adecuada dependerá no solo de la precisión requerida, sino también de consideraciones prácticas, como la facilidad de implementación y la interoperabilidad con otros dispositivos domésticos.

Con la revisión del arte podemos establecer las funcionalidades y funciones que el proyecto va a realizar y por el área que se va a destinar.

### **Link de GITHUB**

[https://github.com/JohnVeraXD/Proyecto\\_Energy\\_System.git](https://github.com/JohnVeraXD/Proyecto_Energy_System.git)

## 6 Referencias

- [1] B. Oviedo, Á. Torres Quijije, J. L. Tubay, and J. P. Zamora, "Sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes Ad-Hoc e IoT Monitoring system for the management of electricity consumption using services in Ad-Hoc and IoT networks." [Online]. Available: <http://cienciaytecnologia.uteg.edu.ec>
- [2] V. Benavides, S. Reinel, S. Medina, and J. Fabian, "INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTRÓNICA".
- [3] J. B. Charry, J. J. Silva Londoño, C. S. Carees Quintero, O. C. Jaramillo Ramírez, F. H. Daza, and L. C. Bravo Gómez, "Electrical Signal Monitoring and Automatic Control System for Energy Efficiency with IoT Integration," *Produccion y Limpia*, vol. 17, no. 2, pp. 53–71, 2021, doi: 10.22507/PML.V17N2A4.
- [4] T. DE Maestría, I. José Alfonso Ureña Pajón, and J. Sandoval Gio, "INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MÉRIDA Desarrollo de software embebido y de plataforma IoT para equipos de monitoreo de consumos de energía eléctrica Para obtener el grado de Maestro en Ingeniería," 2019.
- [5] P. De Desarrollo T E M and B. Xavier, "ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN EDINSON RAÚL CÁCERES ALVARADO," 2019.
- [6] H. F. Chinchero and J. M. Alonso, "Development of an IoT-Based Electrical Consumption Measurement and Analysis System for Smart Homes and Buildings," *21st IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2021 5th IEEE Industrial and Commercial Power System Europe, IEEEIC/I and CPS Europe 2021 - Proceedings*, 2021, doi: 10.1109/IEEEIC/ICPSEUROPE51590.2021.9584630.
- [7] Y. S. Tan, Y. T. Ng, y J. S. C. Low, "Internet-of-Things Enabled Real-time Monitoring of Energy Efficiency on Manufacturing Shop Floors," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 61, 2017.
- [8] Himer et al., "Energy Consumption Monitoring System Based on IoT for Residential Rooftops," in *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on*, 4th ed., vol. 11, 2023.
- [9] R. Islam, S. Sarker, S. Mazumder, I. Ranim, y A. Rahman, "An IoT based Real-time Low Cost Smart Energy Meter Monitoring System using Android Application," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2019.
- [10] K. Prakashraj, G. Vijayakumar, S. Saravanan, y S. Saranraj, "IoT based energy monitoring and management system for smart home using renewable energy resources," *IEEE Transactions on*, 2021.

- [11] Airul Azha, Abd Rahman, Ahmad Hafez Nawi, Raja Mohd Fuad, and Tengku Aziz, *Improving Power Consumption of Wireless Home Automation System with Secured Smart Energy Controller*. 2023.
- [12] H. K. Pate, T. Mody, and A. Goyal, *Arduino Based Smart Energy Meter using GSM. Conferencia: 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)*. 2019.
- [13] R. Hariharan, R. Agarwal, M. Kandamuru, y A. Gaffar, "Energy consumption monitoring in smart home system," vol. 1085, IEEE Transactions on, 2018.
- [14] H. Shin, H. Han, S. Kim, S. Park, and S. Park, "Monitoring System for Efficient ESS Charging/Discharging Scheduling based on Intelligent IoT Platform," in *IEEE International Conference on Consumer Electronics-Asia (ICCE-Asia)*., 2022, pp. 1–4.
- [15] Handoko Rusiana Iskandar, Nana Heryana, Susanto Sambasri, Agus Purwadi, Dede Irawan Saputra, and Marsudiono, "Iot based energy monitoring system using esp8266," 2022.
- [16] K. Chooruang y K. Meekul, "Design of an IoT Energy Monitoring System," IEEE Transactions on, 2018.
- [17] G. Guerrero-Ulloa, M. J. Hornos, and C. Rodríguez-Domínguez, "TDDM4IoTS: A Test-Driven Development Methodology for Internet of Things (IoT)-Based Systems," *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1193 CCIS, pp. 41–55, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-42517-3\_4.
- [18] S. Moench *et al.*, "AlScN-Based SAW Magnetic Field Sensor for Isolated Closed-Loop Hysteretic Current Control of Switched-Mode Power Converters," *IEEE Sens Lett*, vol. 6, no. 10, Oct. 2022, doi: 10.1109/LSSENS.2022.3205853.
- [19] K. H. Seol, Y. I. Kim, S. Park, and H. Nam, "Simultaneous Emission AC-OLED Pixel Circuit for Extended Lifetime of OLED Display," *IEEE Journal of the Electron Devices Society*, vol. 6, pp. 835–840, 2018, doi: 10.1109/JEDS.2018.2859271.
- [20] Xiaojun Tang; Pan Pan; Feng Zhang; Ling Yan; Yangyu Lv; Yi Wu; Mingzhe Rong; Berihun Gebreyohannes Teklu, "Self-correction sensor for measuring medium DC voltage based on resistance voltage divider," *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 2022, doi: 10.17775/cseejpes.2021.00790.
- [21] lady ada, "Overview | Adafruit HUZZAH32 - ESP32 Feather | Adafruit Learning System." Accessed: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://learn.adafruit.com/adafruit-huzzah32-esp32-feather/overview>
- [22] H. Chen, IEEE Reliability Society, Inner Mongolia University of Technology, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *Failure Analysis of Rectangular Electrical Connectors for Gold-plated Jack Surface Discoloring*. 2019.

- [23] A. Del Sole, "Introducing Visual Studio Code," *Visual Studio Code Distilled*, pp. 1–17, 2023, doi: 10.1007/978-1-4842-9484-0\_1.
- [24] P. Prakash Kore, M. Jaywant Lohar, M. Tanaji Surve, and S. Jadhav, "API Testing Using Postman Tool," vol. 10, 2022, doi: 10.22214/ijraset.2022.48030.
- [25] M. Gibert, G. Oscar, and P. Mora, "Bases de datos en PostgreSQL".
- [26] B. B. Nielsen, B. Hassanshahi, and F. Gauthier, "Nodeest: Feedback-driven static analysis of Node.js applications," *ESEC/FSE 2019 - Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, pp. 455–465, Aug. 2019, doi: 10.1145/3338906.3338933.
- [27] V. P. Yahoo and V. Patel, "Analyzing the Impact of Next.JS on Site Performance and SEO," *Article in International Journal of Computer Applications Technology and Research*, vol. 12, no. 10, pp. 2319–8656, 2023, doi: 10.7753/IJCATR1210.1004.
- [28] M. Christian Klimm and S. Bente, "Design Systems for Micro Frontends An Investigation into the Development of Framework-Agnostic Design Systems using Svelte and Tailwind CSS".
- [29] M. Huang *et al.*, "Development and implementation of a blood donor management system," *ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 1–5, Aug. 2023, doi: 10.1145/3617733.3617734.
- [30] L. A. Allison and M. M. Fuad, "Inter-App Communication between Android Apps Developed in App-Inventor and Android Studio", doi: 10.1145/2897073.2897117.
- [31] "ESP8266 NodeMCU Using Arduino IDE: Getting Start With ESP8266 (iot hands on projects) | Guide books | ACM Digital Library." Accessed: Mar. 12, 2024. [Online]. Available: <https://dl.acm.org/doi/book/10.5555/3265407>

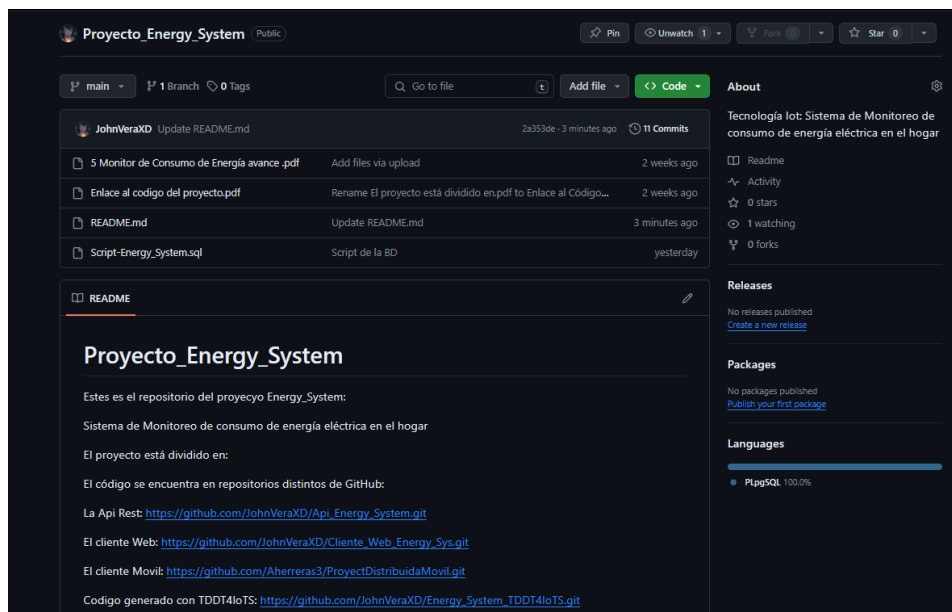
## 7 Anexos

En la **Figura 19** se observa la placa ya con todos los componentes integrados.



*Figura 19. Placa PCB armada con todos los compontes.*

En la **Figura 20** se muestra el repositorio principal el cual dirige a los repositorios del proyecto, ya que el código está distribuido por partes.



*Figura 20. Repositorio principal.*

En la **Figura 21** se muestra el repositorio que alberga el código generado utilizado la herramienta TDDT4IoTS, para Energy\_System.

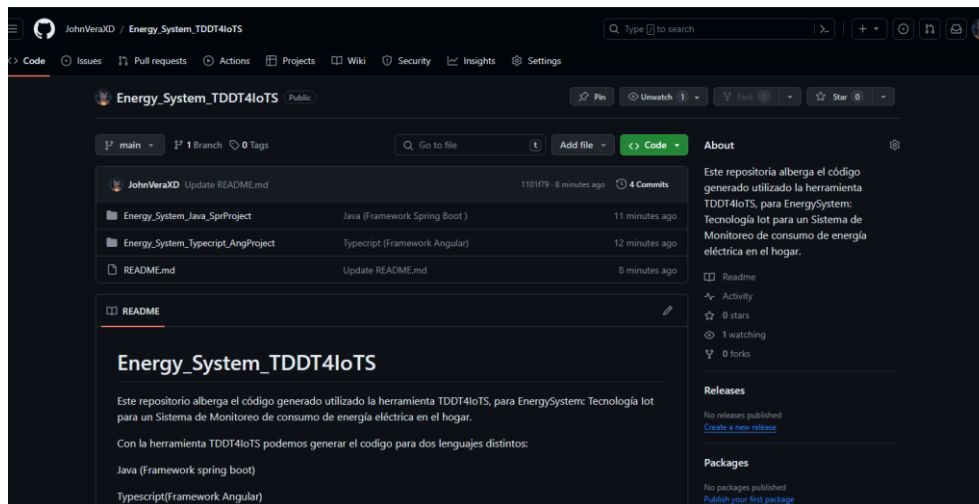


Figura 21. Repositorio del código generado con la herramienta TDDT4IoTS.

En la **Figura 22** se muestra el repositorio de la Api Rest de Energy\_System.

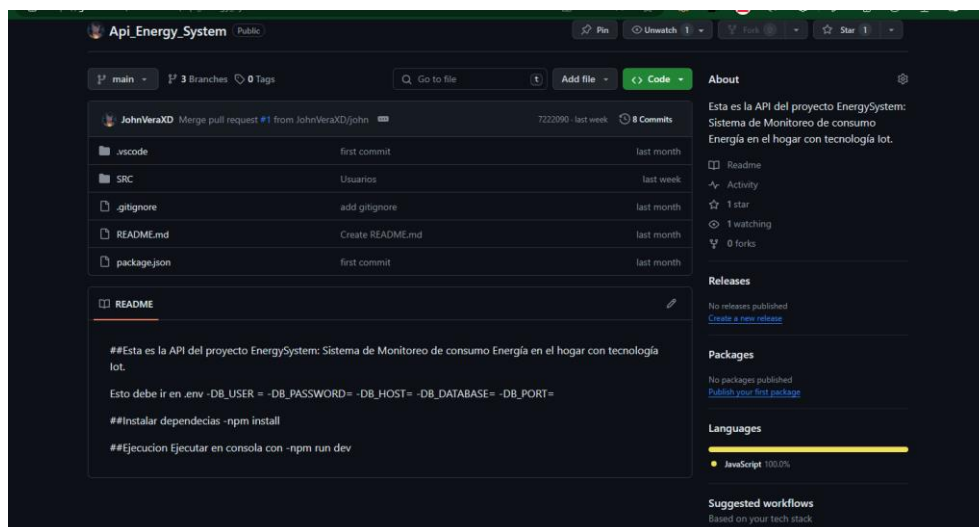
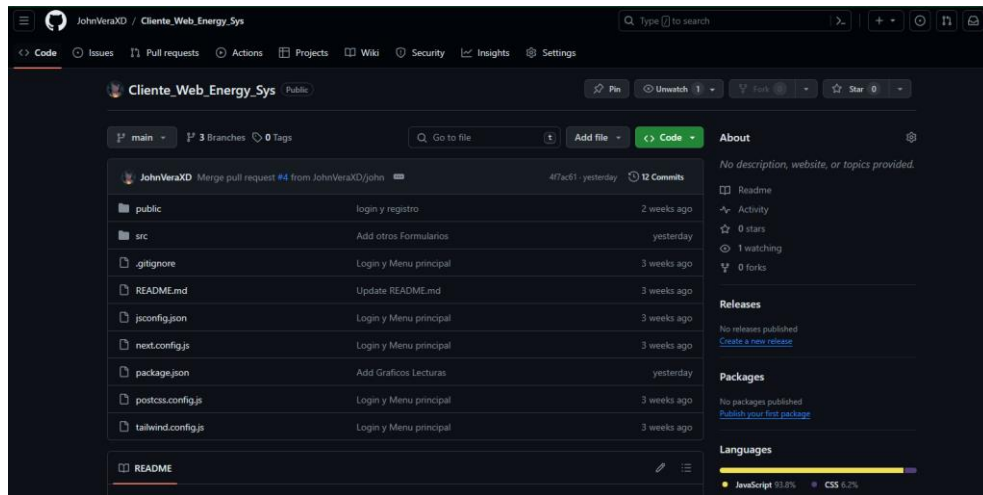


Figura 22. Repositorio de la Api Rest de Energy\_System.

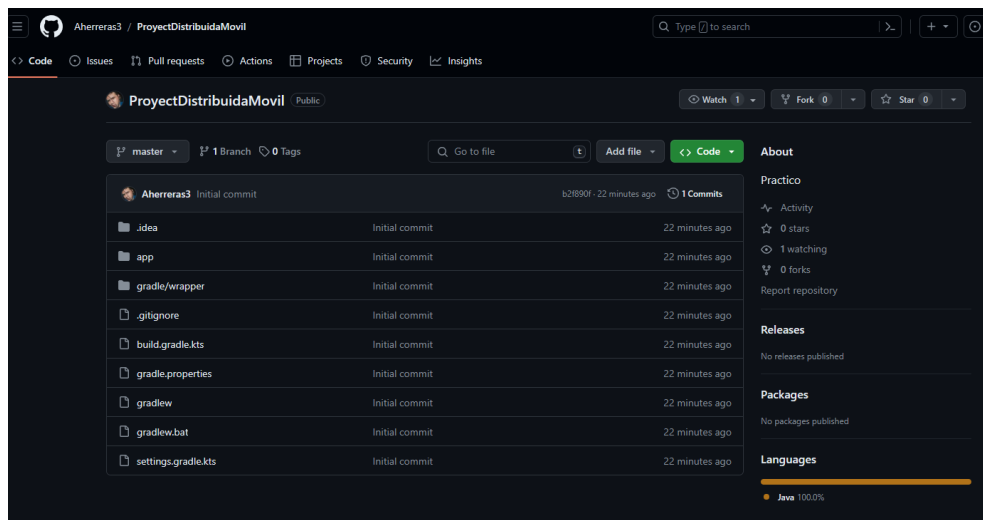


En la **Figura 23** se muestra el repositorio del Cliente web de Energy\_System.



*Figura 23. Cliente web de Energy\_System.*

En la **Figura 24** se muestra el repositorio del Cliente Móvil de Energy\_System.



*Figura 24. Cliente Móvil de Energy\_System*

En la **Figura 25** se muestra la interfaz para las lecturas de la energía eléctrica.

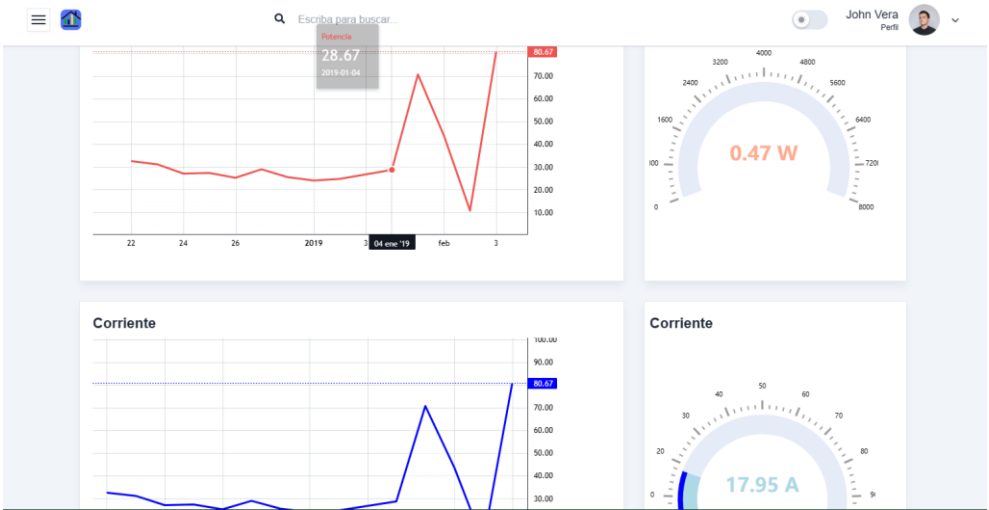


Figura 25. Interfaz para las Lecturas