

**Desarrollo de un prototipo de sistema de monitoreo de variables para baterías del sistema
de respaldo de energía en la empresa STB**

Brandon Arley Moncayo Arévalo

Asesor

Edison Andres Arteaga

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería de Telecomunicaciones

2025

Contenido

Introducción	10
Planteamiento del Problema	12
Justificación	14
Objetivos	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Referencial.....	17
Marco Conceptual.....	17
Monitoreo TI para Empresas	17
Amperaje y Voltaje.....	17
Temperatura y Humedad	18
Aplicaciones para Almacenaje de Datos para Iot	18
Aplicaciones de Iot	19
Iiot.....	20
Protocolos Iot	22
Placas y sensores.....	22
Plataformas Iot	25
Estado del Arte.....	27
Proyectos Iot Agro	28
Proyectos Iot Industriales.....	30
Metodología	34
Enfoque.....	34

Alcance	34
Población.....	34
Muestra	34
Fases del Proyecto.....	34
Fase 1 Diseño del Sistema de Monitoreo Iot	36
Recursos Necesarios para la Implementación.....	36
Diseño de la Solución	37
Especificaciones Técnicas	37
Planos.....	41
Fase 2 Implementación del Sistema de Monitoreo Iot.....	43
Selección de Recursos Tecnológicos	43
Elección de la Plataforma Iot.....	43
Implementación.....	47
Algoritmos	47
Código.....	48
Exportación de Datos en ThingSpeak.....	48
Simulación	49
Fase 3 Prueba del Sistema de Monitoreo Iot en un Entorno Controlado.....	51
Explicación del Funcionamiento.....	51
Enlace del Video con la Explicación del Funcionamiento	55
Autenticación en Thingspeak para Garantizar la Integridad de la Información.	55
Alertas.....	56
Comparación de Resultados con el Multímetro.....	57

Como la Temperatura Afecta a la Vida de la Batería	59
Recomendaciones	61
Plan de Mantenimiento	61
Plan de Mantenimiento Correctivo	61
Plan de Mantenimiento Predictivo	61
Plan de Mantenimiento Preventivo	62
Plan de Mejoras	62
Plan de Mejoras a Corto Plazo	62
Plan de Mejoras a Mediano Plazo	62
Resultados Obtenidos	63
Discusión Proyectos Iot Agro	63
Discusión Proyectos Iot Industriales	64
Conclusiones	66
Referencias Bibliográficas	67

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Esp32 vs Arduino y Esp8266</i>	23
Tabla 2 <i>Dht22 vs Dht11 y Sht20</i>	24
Tabla 3 <i>Fz0430 vs Ina3221</i>	24
Tabla 4 <i>Análisis Comparativo de Plataformas Iot</i>	25
Tabla 5 <i>Recursos</i>	36
Tabla 6 <i>Especificaciones</i>	37
Tabla 7 <i>Matriz de Selección Plataforma Iot</i>	43
Tabla 8 <i>Matriz de Selección para Protocolos Iot</i>	45
Tabla 9 <i>Valores de Porcentaje de Batería</i>	47

Lista de figuras

Figura 1 <i>Árbol de Problema</i>	13
Figura 2 <i>Tarjeta de Desarrollo Esp32 Wi-Fi Bluetooth</i>	39
Figura 3 <i>Módulo Sensor de Temperatura y Humedad Dht22</i>	39
Figura 4 <i>Sensor Voltaje Análogo Arduino Voltímetro 0-25v Fz0430</i>	40
Figura 5 <i>Batería Megabat Pro Mtx9a Bs 12v 9ah</i>	40
Figura 6 <i>Esquema de Montaje en Fritzing</i>	41
Figura 7 <i>Pines Esp32</i>	41
Figura 8 <i>Diagrama de Bloques del Proceso</i>	48
Figura 9 <i>Simulación con 14.6v</i>	49
Figura 10 <i>Simulación con 12v</i>	50
Figura 11 <i>Simulación con 9.2v</i>	50
Figura 12 <i>Montaje Físico</i>	51
Figura 13 <i>Puerto Serial con Datos Capturados de las Variables</i>	52
Figura 14 <i>ID del Canal y Plataforma de Visualización</i>	52
Figura 15 <i>Thingspeak Visualización de la Temperatura</i>	53
Figura 16 <i>Thingspeak Visualización de la Humedad</i>	53
Figura 17 <i>Thingspeak Visualización del Voltaje</i>	54
Figura 18 <i>Thingspeak Visualización del Nivel de Batería</i>	54
Figura 19 <i>Visualización de las Variables Vistas Desde el Celular</i>	55
Figura 20 <i>Autenticación en ThingSpeak</i>	56
Figura 21 <i>Alertas en Whatsapp</i>	57
Figura 22 <i>Valor del Voltaje Capturado por el Prototipo</i>	58

Figura 23 <i>Valor de Voltaje Medido en el Multímetro</i>	58
Figura 24 <i>Efecto del Comportamiento de la Temperatura</i>	60

Resumen

La empresa colombiana STB se enfrenta a un desafío crítico: la falta de monitoreo en tiempo real de variables clave como voltaje, amperaje (nivel de batería), humedad y temperatura en áreas donde operan las baterías de los sistemas de respaldo de energía. Esta ausencia de monitoreo implica daños al sistema y un desgaste prematuro de las baterías, lo que afecta la productividad y la rentabilidad de la empresa. Para abordar esta problemática, se propone desarrollar un prototipo que utilice sensores y tecnología IoT para monitorear continuamente estas variables. La implementación de esta solución busca contribuir a la eficiencia y seguridad en la empresa, disminuir los costos y prolongar la vida útil de los equipos.

Palabras clave: IOT, monitoreo, MQTT, voltaje, amperaje, humedad, temperatura

Abstract

The Colombian company STB faces a critical challenge: the absence of real-time monitoring of key variables such as voltage, current (battery level), humidity, and temperature in the areas where backup power system batteries operate. This absence of monitoring leads to system damage and premature battery wear, negatively impacting the company's productivity and profitability. To address this issue, we propose developing a prototype that uses sensors and IoT technology to continuously monitor these variables. Implementing this solution aims to improve the company's efficiency and safety while reducing costs and extending the lifespan of the equipment.

Keywords: IOT, monitoring, voltage, amperage, humidity, temperature

Introducción

En el presente proyecto se integra el internet de las cosas (IoT) para contribuir al monitoreo y mantenimiento, con el fin de evitar incidentes que puedan dañar un sistema de respaldo de energía. El sistema de monitoreo pretende que la comunicación e información sean en tiempo real. La finalidad de este proyecto es prevenir daños al sistema de respaldo y prolongar su vida útil. El enfoque de este trabajo es desarrollar un prototipo a escala que permita el monitoreo de variables como temperatura, humedad, voltaje y amperaje (nivel de batería) en un entorno controlado, mediante conocimientos en ingeniería y telecomunicaciones.

León (2020) menciona que el internet industrial de las cosas (IIoT) es un sistema contenido en un sistema más amplio, el internet de las cosas, centrado en dispositivos y objetos inteligentes que funcionan en el ámbito empresarial. Este sistema incluye el uso de máquinas, sensores, plataformas de *software*, herramientas y servidores de aplicaciones en la nube para monitorear, recolectar y transmitir datos a la nube, los cuales finalmente se procesan y analizan. En los sistemas de respaldo de energía, el IIoT permite realizar un mantenimiento predictivo, anticipar fallos y tomar medidas preventivas antes de los incidentes.

El monitoreo de variables ha tenido un desarrollo en la industria, con proyectos anteriores como el de Rojas et al. (2019), quienes diseñaron un módulo que recibía las lecturas de consumo eléctrico transmitidas a través de las tecnologías actuales de internet móvil (GSM e IoT) a un servidor web, donde el cliente podía visualizarlas mediante un inicio de sesión (nombre de usuario y contraseña). Su trabajo se basó en el uso de una placa microcontroladora conectada a medidores de voltaje y corriente. Sin embargo, en el caso de la empresa en cuestión, el sistema de monitoreo para las baterías de respaldo de energía es inexistente, y además incorpora las variables de humedad y temperatura, cuya medición permite detectar condiciones ambientales

que afectan la vida útil de las baterías. Esta carencia representa un riesgo significativo, pues la falta de datos en tiempo real puede generar fallos (Rojas et al., 2019).

Este proyecto busca implementar y probar un prototipo a escala del sistema de monitoreo que permita visualizar las variables críticas de una batería en un entorno controlado, y que a su vez sirva como base para implementaciones en otros contextos industriales.

Planteamiento del Problema

En la empresa STB ubicada en Colombia, se requiere monitorear variables críticas como el voltaje, amperaje (nivel de batería), humedad y temperatura en el área del sistema de respaldo de energía. Actualmente, no se está midiendo en el lugar estas variables, lo que implica un alto riesgo de disminución en la vida útil de las baterías, lo que puede afectar la productividad y rentabilidad de la empresa. Según un estudio del Instituto Ponemon (2016), de media, en data center el coste de una interrupción de energía imprevista por minuto en es de casi 9.000 dólares por incidente, varía según el tamaño de la empresa y la magnitud de sus actividades.

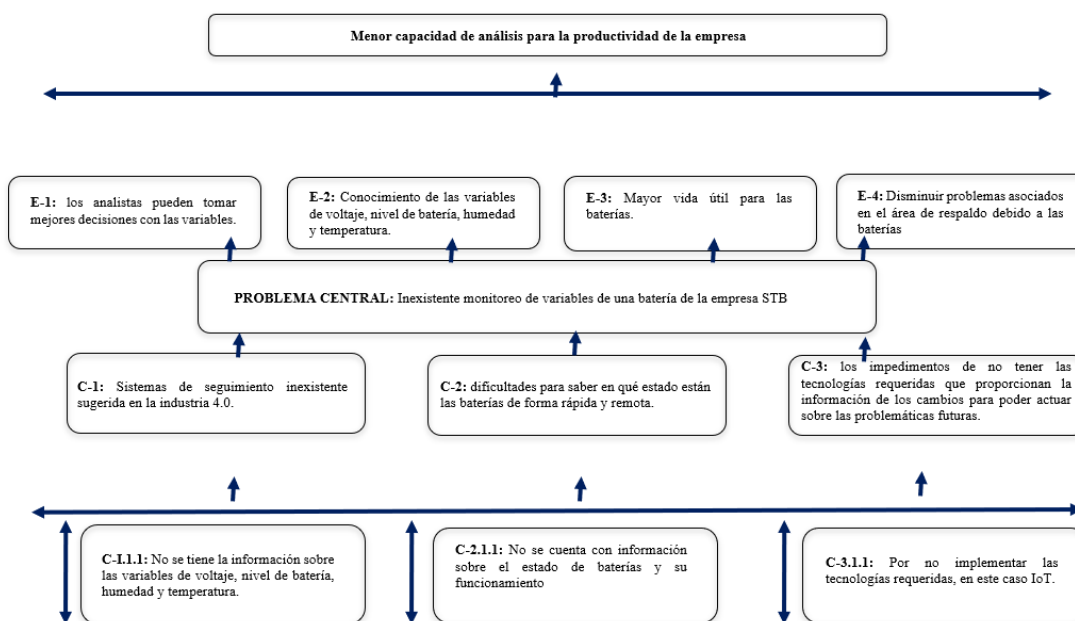
La falta de datos en tiempo real sobre las variables críticas impide un diagnóstico rápido y completo de la planta. En cambio, el monitoreo en tiempo real puede ayudar a localizar el problema de inmediato lo que puede mantener a la planta funcionando de forma estable a largo plazo. Si las baterías están en perfecto estado el sistema puede ofrecer un buen servicio como cuando se corta la energía, cuando hay baja tensión y sobre tensión, esto evita que se apaguen o se quemen los equipos (Solar Center, 2020)

El problema radica en que no se dispone de un método para medir estas variables de forma continua y en tiempo real en el lugar, lo que hace difícil detectar problemas en las baterías de manera oportuna. Como resultado, la empresa se enfrenta a una disminución en horas activas del servicio en casos de corte de energía repentinos, lo cual quita seguridad a los clientes y algunos se cambian de ISP. Como mencionó Meteora Academy (2021) “Las baterías de auto para estos sistemas suelen durar de 2.5 a 3 años, las baterías estacionarias se pueden descargar y duran 4 a 5 años” (24:11). Esto afecta a las horas operativas y también hay que tener en cuenta que la temperatura afecta a la vida útil de las baterías (Garayalde et al., 2017).

Para solucionar este problema, se plantea la idea de desarrollar un prototipo a escala que permita monitorear en tiempo real y de forma remota las diferentes variables que determinan el funcionamiento de las baterías. La idea propuesta implica la implementación de diferentes tipos de sensores y aplicaciones IoT. Con la implementación del sistema, se espera dar seguridad y aumentar la información para tomar mejores decisiones y así lograr tener más vida útil en las baterías y equipos.

Figura 1

Árbol de Problema



Nota. En esta figura podemos ver el problema central sus causas y efectos de forma que se puede entender mejor el problema de este proyecto. Elaboración propia.

Justificación

Es prioritario abordar y resolver una de las principales dificultades que actualmente afecta a la empresa STB. Como se ve en la Figura 1, esta situación problemática constituye el eje central de este proyecto aplicado, cuyo objetivo es analizarla en profundidad y proponer soluciones efectivas para su solución.

Se propone un sistema de monitoreo de variables de una batería de dicha empresa, por medio de un prototipo a escala utilizando tecnología del internet de las cosas, buscando dar una solución a esta necesidad y aplicando los conocimientos aprendidos.

La tecnología IoT es una herramienta emergente y en constante evolución, que actualmente está siendo aplicada en el mundo empresarial, lo que permitirá a la empresa mantenerse actualizada y competitiva en el mercado.

Como caso de éxito, tenemos la gran empresa Harley Davidson, simplificó todo en una sola red, consolidó los datos y habilitó una de sus fábricas íntegramente con IoT, teniendo como resultado una resolución de problemas de días a segundos. Con la implementación del IoT ha conseguido incrementar un 80% la productividad de la empresa, reduciendo su ciclo de fabricación de 18 meses a 2 semanas y mejorando la rentabilidad entre un 3% y 4%. (Kranz, 2017, p.22)

Otro caso de éxito es el de la empresa PepsiCo, tenía las infraestructuras de sus áreas de TI y TO muy ineficientes, con costes muy elevados, el IoT permite al personal de soporte se comunique con todos los componentes de la infraestructura mediante una monitorización remota continua, con el servicio (IaaS) obtuvieron mayor fiabilidad del sistema de producción, menos cortes de inactividad y soporte, comunicación optimizada mediante la monitorización remota. (Kranz, 2017)

En un futuro se espera que los resultados de este proyecto de investigación puedan ser replicados en otras áreas de la empresa, lo que permitirá un uso más amplio y provechoso de la tecnología IoT en la optimización de los procesos de producción.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un prototipo de monitoreo de variables de voltaje, amperaje, humedad y temperatura para una batería de la empresa STB.

Objetivos Específicos

Diseñar un sistema IoT para el monitoreo de voltaje, amperaje, humedad y temperatura.

Implementar el prototipo con sensores adecuados y comunicación IoT.

Validar el funcionamiento del sistema en un entorno controlado.

Marco Referencial

En un proyecto es muy importante tener una base de teoría para moverse de forma más eficiente a la hora de implementar con un marco conceptual, también saber qué proyectos hay con similitud para ahorrar tiempo y evitar volver a inventar la rueda.

Marco Conceptual

Una base de teoría. Volvemos a ver conceptos como amperaje y voltaje y mucho más, relacionado con este trabajo de grado, se ve todo lo necesario para empezar con el proyecto de forma conceptual.

Monitoreo TI para Empresas

Administrar y controlar su infraestructura de TI, o todo el ecosistema de servicios, dispositivos físicos, aplicaciones, software y bases de datos que respaldan sus operaciones, es clave para la estabilidad, seguridad, rentabilidad y reputación de su negocio. La vigilancia de la infraestructura tecnológica es el seguimiento y control de todos los factores que componen el entorno tecnológico y digital de una empresa. “Esto incluye hardware de red (enrutadores y conmutadores), firewalls, redes privadas virtuales (VPN), procesadores, memoria de servidor, ancho de banda, aplicaciones, sistemas y bases de datos; y el rendimiento y la disponibilidad de los dispositivos de red” (E-dea Networks SAS, 2022)

Amperaje y Voltaje

El voltaje se llama fuerza electromotriz (EMF); EMF es la fuerza o presión eléctrica creada cuando los electrones y los protones se separan entre sí. La fuerza resultante empuja una carga de la misma polaridad en dirección opuesta a la carga opuesta. Este proceso tiene lugar en la batería, donde los electrones se liberan del terminal negativo de la batería debido a una acción

química, después de lo cual los electrones se mueven al terminal opuesto o positivo a través de un circuito externo. (Álvarez, 2011)

La corriente eléctrica es una corriente de carga que se crea por el movimiento de electrones en los circuitos eléctricos, la corriente es causada por el flujo de electrones libres. Cuando se aplica un voltaje o presión eléctrica y hay un camino para que fluya la corriente, los electrones se mueven a lo largo del camino del polo negativo al polo positivo. El polo negativo repele los electrones y el polo positivo los atrae. (Álvarez, 2011)

Temperatura y Humedad

(Cárdenas, s/f) explica que la humedad relativa y la temperatura están estrechamente relacionadas, y que su comprensión es esencial para el análisis de condiciones ambientales. A continuación, se describe este concepto de manera detallada:

La humedad relativa indica la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire a una temperatura dada, es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua en un metro cubico de aire, sobre la cantidad de vapor que este volumen de aire puede contener a la misma temperatura estando saturado. La temperatura, es el nivel de energía cinética asociada con el movimiento de las partículas y que produce la sensación de calor o frío en un sistema. Estas dos variables están íntimamente relacionadas, la humedad relativa es una función inversa de la temperatura, es decir, cuando una aumenta la otra disminuye y viceversa, dicho de otra forma, a medida que va aumentando la temperatura del aire, éste es capaz de contener más humedad, y a menor temperatura menor es la capacidad del aire para contener vapor de agua. (p. 1)

Aplicaciones para Almacenaje de Datos para Iot

Las aplicaciones para IoT son esenciales para realizar la gestión, hacer el almacenamiento y el análisis de los datos que se generan por dispositivos enlazados. IoT tiene la tendencia de usar grandes cantidades de datos por los sensores y dispositivos, hay que contar con una solución relacionada con el almacenamiento teniendo en cuenta lo escalable, eficiencia y su seguridad.

Para las aplicaciones IoT, la solución de almacenamiento debe ser apta para los requerimientos de la red, la cantidad de los dispositivos que se manejen, el envío de datos y como se necesita analizarlos. Las plataformas en la nube, las bases de datos, y los sistemas de procesamiento son fundamentales para gestionar lo complejo y la escalabilidad de los datos. También, el almacenamiento cercano a los dispositivos IoT y los recursos híbridos permiten eficacia y menos latencia en procesar datos.

Aplicaciones de Iot

IoT ha avanzado tanto en los últimos años que hoy en día abarca casi todos los aspectos de la vida que podamos imaginar, pero aquí están los que más desarrollo y visibilidad han ganado en los últimos años. Tenemos las siguientes aplicaciones:

Hogar inteligente: las aplicaciones en este campo son muy diversas, desde controlar la temperatura del hogar, subir y bajar las cortinas de forma remota, hasta neveras inteligentes que nos avisan cuando nos quedamos sin comida. Si lo desea, puede incluso hacernos un pedido en la tienda. (Loureiro, 2015, p.23)

Smart City: Las ciudades inteligentes son otra de las áreas en las que empresas e instituciones han invertido recientemente. El concepto es muy simple porque tiene la mayor cantidad de información que hace la vida más fácil a los ciudadanos. (Loureiro, 2015, p.24)

Smart Farming: A pesar de que es difícil comenzar en este entorno, probablemente porque es un área donde el desarrollo tecnológico nunca ha sido una prioridad, está tratando de cambiar la forma de trabajar de los agricultores. Por ejemplo, tenemos a Libelium, una empresa española que comercializa baldosas Waspnote que contribuyen a la Agricultura Inteligente. (Loureiro, 2015, p.24)

Iiot

Internet Industrial de las cosas (IIoT) es un sistema contenido en un sistema más amplio, en Internet de las Cosas; concentrado en dispositivos y objetos inteligentes que funciona en el ámbito empresarial. Cuenta con el uso de máquinas, sensores, plataforma de softwares, herramientas y servidores de aplicaciones en la nube, para monitorear, recolectar, transmitir datos a la nube y finalmente procesar y analizar esos datos. Toda la información proviene de las aplicaciones de IIoT como la robótica, gestión logística, automatización industrial y mantenimiento predictivo.

En relación con el IoT y la industria (León, 2020) explica que:

Automatización industrial: Es una de las aplicaciones más importantes y comunes de Internet de las cosas. Con el rápido crecimiento de las tecnologías de sensores, control y automatización, muchos sistemas de control como el controlador lógico programable (PLC), el control de supervisión y la adquisición de datos (SCADA) y el control de automatización programable (PAC) están desempeñando un papel importante en la automatización de las industrias mediante el uso de herramientas de software y hardware especialmente diseñados para analizar los datos y su comportamiento para las mejoras. (p. 107).

Robótica inteligente: En la actualidad muchas empresas están desarrollando sistemas de robótica inteligente para fabricas con Internet de las Cosas (IoT). La robótica inteligente asegura el control de herramientas y materiales en la recta de fabricación con precisión y eficiencias precisas. Lo que se busca es establecer una mayor precisión utilizando brazos

robóticos inteligentes. Los robots se programan para realizar tareas complejas con sensores integrados para análisis en tiempo real. Estas redes robóticas están conectadas a una nube para monitoreo y control (p. 108).

Mantenimiento predictivo: Las máquinas industriales con sensores inteligentes monitorean el estado físico de cada componente de dicha máquina y pueden detectar cualquier problema crítico antes de que el sistema este completamente inactivo. Los sensores inteligentes activarán una advertencia de mantenimiento al sistema centralizado y los mensajes de alerta se enviarán a personas o grupos responsables (p. 109).

La integración de herramientas inteligentes / wearables: La integración de sensores inteligentes en herramientas y máquinas permite a la parte laboral realizar tareas con mayor precisión y eficiencia. Los dispositivos portátiles y los smart glasses ayudan a los empleados a reducir los errores y mejorar la seguridad en los ámbitos laborales. Existen dispositivos portátiles que envían mensajes de advertencia en el momento de presentarse emergencias, como incendios o fugas de gas. Los wearables monitorean constantemente el estado de salud de las personas y proporcionan retroalimentación, en caso de que no sea adecuada para una tarea en específico. (León, 2020, p. 109)

Integración de software para la optimización del producto: Las grandes empresas están implementando software de acuerdo con sus necesidades para un análisis de grandes cantidades de datos recopilados de extensas redes y máquinas con sensores. El análisis de los datos y el entendimiento del comportamiento a lo largo del tiempo proporciona una visión general de las estrategias de mejora de procesos para la optimización del producto. La solución de análisis inteligente es uno de los componentes más relevantes de cualquier sistema IoT para la mejora y optimización del sistema (p. 110).

Vehículos autónomos: Las industrias automotrices están utilizando IoT para permitir que los vehículos autónomos suministren productos y gestionen la logística dentro de las instalaciones de la empresa. Los vehículos inteligentes pueden detectar congestiones de tráfico a lo largo de su camino y hacer que la desviación para llegar a su destino sea en el menor tiempo posible. Estos vehículos están equipados con muchos sensores inteligentes que detectan continuamente datos de ubicación mediante GPS y tecnologías inalámbricas para la comunicación con la estación de control (p. 111).

Administración de energía: IoT puede ofrecer mejores soluciones para la administración de energía en las industrias. Los sensores específicos pueden detectar el entorno y activar el control de encendido/apagado de luces, aires acondicionados, controles de humedad, flujo de líquido, etc., para una gestión eficiente de la energía. Edge Computing puede dar un aporte importante a estas aplicaciones de IIoT, acercando la computación y el almacenamiento de datos a la ubicación donde se requiera, para mejorar los tiempos de respuesta y evitar un alto consumo de ancho de banda (p. 112).

Protocolos Iot

HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto) HTTP es un protocolo muy utilizado para transferir páginas web y datos a través de Internet. Esta tecnología es fácil de implementar y aprovecha la infraestructura web existente. HTTP suele implementarse en sistemas domésticos inteligentes que requieren integración con servicios web. (A1 Digital, 2024)

(Microsoft Azure, s/f) indica que:

Protocolo de aplicación restringida (CoAP) Protocolo de red y ancho de banda restringidos diseñado para que dispositivos con capacidad limitada puedan conectarse en la comunicación entre máquinas. CoAP es también un protocolo de transferencia de documentos que se ejecuta a través del protocolo de datagramas de usuario (UDP).

Data Distribution Service (DDS) Protocolo de comunicación punto a punto versátil que hace de todo, desde ejecutar pequeños dispositivos hasta conectar redes de alto rendimiento. DDS optimiza la implementación, aumenta la confiabilidad y reduce la complejidad.

Transporte de telemetría de cola de mensajes (MQTT) Protocolo de mensajería diseñado para la comunicación ligera entre máquinas que se usa principalmente para las conexiones de poco ancho de banda con ubicaciones remotas. MQTT utiliza un patrón de publicación-suscripción y es ideal para dispositivos pequeños que requieren un uso eficiente del ancho de banda y de la batería.

Placas y sensores

Tabla 1*Esp32 vs Arduino y Esp8266*

Categoría	ESP32	ESP8266	Arduino
Procesamiento	Más potencia de procesamiento	Segundo lugar	Último lugar
Conectividad	Wi-Fi + Bluetooth	Solo Wi-Fi	Requiere módulos externos
Facilidad de uso	Empate (los tres)	Empate (los tres)	Empate (los tres); mejor para principiantes
Costos	Tiene un costo mayor, pero su tamaño es menor.	Segundo lugar	Más barato (Arduino normal)

Nota. En la tabla 3 podemos observar la comparativa de las tres placas más conocidas en la actualidad para el uso de IoT. Adaptado de. *DOIT ESP32 DevKit V1 Wi-Fi Development Board – Pinout Diagram & Arduino Reference.* (2022), Mohanan, <https://www.circuitstate.com/pinouts/doit-esp32-devkit-v1-wifi-development-board-pinout-diagram-and-reference/>

Según los requisitos del proyecto necesitamos un buen procesamiento, por lo que se elegirá el más robusto en cuanto a conectividad y potencia, además, es más versátil porque al tener BLE y WI-FI, se pueden hacer actualizaciones tanto de forma remota, como local.

Tabla 2*Dht22 vs Dht11 y Sht20*

Categoría	DHT22	DHT11	SHT20
Rangos de temperatura y humedad	-40°C a 80°C y 0% a 100% HR	0°C a 50°C y 20% a 80% HR	-40°C a 125°C y 0% a 100%HR
Precisión	±0.5°C y ±2% HR	±2°C y ±5% HR	±0.3°C y ±3%HR
Costos	Moderado	Muy económico	Costo alto

Nota. En la tabla 4 podemos apreciar la comparativa de sensores de humedad y temperatura, teniendo en cuenta sus características y el costo. Adaptado de. *Aosong Electronics Co.,Ltd.* (2019), Liu, <https://cdn.sparkfun.com/assets/f/7/d/9/c/DHT22.pdf>

Por lo que para este proyecto teniendo en cuenta características y el presupuesto DHT22 es la mejor elección, buen rango, buena precisión y un costo moderado.

Tabla 3*Fz0430 vs Ina3221*

Categoría	INA3221	FZ0430
Rango de voltaje	Hasta 26V (tres canales)	0-25V (medición de nivel de batería)

Categoría	INA3221	FZ0430
Rango de corriente	Hasta 3.2A (tres canales)	No requiere medir amperios directamente
Voltaje de alimentación	2.7 a 5.5 VDC	No necesita alimentación directa (conexión: GND + pin analógico) - 5V = 25V - 3.3V = 16.5V
Costos	Más costoso	Más asequible (por 1V de diferencia)

Nota. En la tabla 5 podemos ver la comparativa de sensores de voltaje. Adaptado de. *Módulo de sensor de voltaje DC 0-25 V para Arduino Pic y Raspberr.* (2025), Importaciones Socami, <https://www.mercadolibre.com.co/modulo-de-sensor-de-voltaje-dc-0-25-v-para-arduino-pic-y-raspberr/p/MCO33087019>

Las tres terminales no son necesarias por el momento para este proyecto, la diferencia de medición es 1v y no es necesario medir amperaje directamente para el nivel de batería y hay que tener en cuenta el presupuesto, por lo que es más adecuado FZ0430 para este proyecto.

Plataformas Iot

Tabla 4

Análisis Comparativo de Plataformas Iot

Características	Ubidots	Thingspeak	Adafruit.IO
-----------------	---------	------------	-------------

Conexión	<p>La plataforma indica según el tipo de hardware el tipo de código a usar y el manejo de los ID o API</p>	<p>La plataforma indica por partes el código de conectividad usando las API, API RESTful y MQTT</p>	<p>Incluye librerías para Arduino, Ruby, Python y Node.js. usa APIs REST, MQTT.</p>
Visualización	<p>Permite la visualización de varias variables en paralelo, cada variable se puede monitorear en diferentes tipos de dashboards, tiene variedad de gráficos</p>	<p>Visualización de variable por canal privado, analíticas y visualizaciones de MATLAB, solo permite mostrar el tipo de gráfica en líneas</p>	<p>Dashboards básicos con gráficos (líneas, barras, medidores), widgets personalizables</p>
Usabilidad	<p>Tablero personalizable y código programable según tipo de hardware por id</p>	<p>Tablero poco personalizable con indicaciones de programación proAPI</p>	<p>Sencillo para principiantes, con ejemplos prácticos y librerías oficiales</p>
Alertas	<p>Alerta a SMS y correo electrónico</p>	<p>Alerta a tweet y correo electrónico</p>	<p>Notificaciones por correo y IFTTT (no</p>

			soporta SMS directamente)
Control	Maneja diversos modos de alertas, pero no realiza control sobre las variables	Se concentra más en el análisis de los datos que en control. No realiza controles sobre las variables	Permite activar salidas (ej: encender un LED) mediante feeds y triggers
Costos	Plan gratuito con límites; planes de pago desde \$49/mes	Gratis con limitaciones (3 canales); Plan Profesional desde \$39/mes	Gratis (hasta 10 feeds, 5 paneles de datos); Plus (\$10/mes para más feeds y retención de datos ilimitados etc.)
Alcances	Ideal para IoT empresarial y prototipos avanzados	Adecuado para educación y proyectos simples con MATLAB	Proyectos DIY, educación IoT y prototipos con hardware Adafruit

Nota. Aplicación de herramientas gratuitas para la medición en línea de variables electromagnéticas. Rendón & Villa (2017, p. 286) Martínez (2017, p. 27)

Estado del Arte

En esta sección se encuentran los proyectos de referencia para el desarrollo del proyecto aplicado, están divididos en proyectos IoT Agro; que tienen que ver con el campo y producción

agrícola. Por otro lado, tenemos los proyectos IoT industriales; que tienen que ver con espacios eléctricos, electrónicos y de energía para la industria.

Proyectos Iot Agro

Regalado et al. (2018) desarrollaron un proyecto que presentó avances en el diseño y desarrollo de una plataforma prototipo de sensor de variable ambiental basada en FPGA. Se eligió el uso de FPGA porque sobresalen en la capacidad de procesamiento en paralelo, la portabilidad del código y la alta velocidad de operación. Se pueden conectar varios sensores a la plataforma descrita en este trabajo para medir el ambiente como la temperatura, la humedad y la luz. Todos estos sensores utilizan diferentes protocolos de comunicación digital como RS232, I2C y SMBus. Actualmente, se ha informado de avances en particular con la introducción del sensor de temperatura y humedad relativa SHT75. Este sensor utiliza un protocolo basado en I2C, pero con algunas variaciones. Este artículo describe la implementación y adaptación del protocolo de medición y algunas de las mediciones realizadas hasta el momento. Esta plataforma está diseñada para ser reconfigurable por hardware, para procesamiento paralelo y para la integración de nuevos sensores. Parte del trabajo futuro consiste en describir e implementar los correspondientes protocolos de comunicación y procesamiento digital de señales en FPGA para estos nuevos sensores. (Regalado et al., 2018) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos el uso de IoT, sensores y un procesamiento, en este caso no es un microcontrolador, pero la esencia del uso es el mismo (monitoreo) y las variables de temperatura y humedad relativa.

Castrillón et al. (2021) implementaron un conjunto de sensores conectados a un sistema micro controlado que permite medir variables de temperatura y humedad relativa, estos datos son enviados a un servidor local y a la nube. Finalmente, el usuario los escucha y los muestra en el

tablero. En un mes se analizó la funcionalidad del sensor en relación con el termómetro e higrómetro mantenidos en las áreas de cultivo, la precisión del sensor AM2305 fue un poco más precisa. El control total sobre el cultivo en interiores es una gran ventaja porque hay un mejor control de plagas y enfermedades. Además, ayuda a tomar decisiones adecuadas y garantizar una gestión óptima del cultivo (Castrillón et al., 2021)

En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos un sistema micro controlado, medición de variables de temperatura y humedad relativa y los datos son enviados a la nube.

Carrasco et al. (2021) construyeron un prototipo montado en un cuadricóptero Implementación de sistema de toma de datos electrónicos con tarjeta Uno y sensor El DHT22 recopila datos de índice de temperatura y humedad relativa durante el viaje inalámbrico y transmitir a través de XBee inalámbrico para que pueda ser almacenado un Base de datos. Los módulos XBee permiten una distancia de transmisión de 1,2 km. Desarrollo la aplicación web se desarrolla utilizando la metodología del modelo prototipo Lenguaje de programación Python, PHP (preprocesador de hipertexto), JavaScript, CSS (en cascada hojas de estilo) y una base de datos de almacenamiento MySQL. El resultado de este proyecto es una aplicación web receptiva diseñada para controlar estas variables de ciertas maneras automáticamente y registrarlos en la base de datos para guardar la información tiempo real, confiable y constante, permitiendo la visualización de tablas detalladas y gráficos estadísticos datos de temperatura y humedad; para la historia del clima que ayuda en la toma de decisiones. (Carrasco et al., 2021) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos la toma de datos electrónicos con tarjeta Uno (muy similar al esp32) y sensor El DHT22 recopila datos de índice de temperatura y humedad.

Montaño et al. (2023) diseñaron y despliegue de un sistema de monitoreo basado en IoT para cultivos hidropónicos. En esta investigación se presenta un sistema de monitoreo IoT

escalable basado en la tecnología Sigfox con capacidades de predicción del 89,37 % a través de redes neuronales para aplicaciones agrícolas. El sistema fue construido con la finalidad de aplicar el monitoreo de la temperatura, humedad y control de la recirculación de nutrientes, en un sistema hidropónico de la ciudad de Loja en Ecuador, durante cinco meses. Para la temperatura y humedad, se utilizó un sensor DTH22 y un sensor UV ML8511 para determinar radiación UV, como módulo central se contó con un controlador Ufox sincronizado a una unidad de reloj de tiempo real (RTC), que cumple con la función de activación y desactivación de una bomba de agua, misma que dota de líquido y nutrientes a un sistema de cultivo hidropónico. Con estos parámetros de entrada se hizo una gestión efectiva para los agricultores, por ende, mejorando su producción. (Montaño et al., 2023) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos el uso de IoT, el uso de un protocolo IoT, el monitoreo de la temperatura, humedad y el uso del DHT22.

Proyectos Iot Industriales

Rojas et al. (2019) diseñaron un módulo que recibía las lecturas de consumo eléctrico que se transmiten a través de las tecnologías actuales de internet móvil (GSM e IoT) a un servidor web donde el cliente pueda visualizarlas. inicio de sesión (nombre de usuario y contraseña) para ingresar lecturas. Su trabajo se basa en el uso de una placa microcontroladora Arduino leonardo conectada a unos medidores de voltaje y corriente, los cuales fueron previamente calibrados por medición de referencia de los mismos valores en la red eléctrica actualmente en uso. Finalmente, los datos se envían a un servidor alojado en la red mediante un módulo de conexión GSM, que se conecta a una tarjeta SIM previamente registrada con un operador de telefonía móvil en un país. (Rojas et al., 2019) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos el uso de internet, en

este caso por comunicación de redes móviles GSM, un servidor web para visualizar las variables, el uso de una placa microcontroladora, variables de voltaje y corriente.

Campos et al. (2021) desarrollaron un prototipo para monitorizar el estado de uso dispositivos electrónicos en tiempo real para recibir reportes que permitan tomar decisiones y evitar pérdidas. El parámetro principal que se consideró durante el diseño. prototipo es prueba de temperatura con sensor DS18B20; que permite evaluar temperaturas entre $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$, sensor AC ZMPT101B adicionalmente utilizado; que se pueden utilizar para medir las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica donde se encuentran dispositivo conectado que se conecta a la placa ESP8266 que viene Es el responsable de procesar los datos recopilados por los sensores y enviarlos a la plataforma. En la plataforma IOT, las alertas se envían a través de mensajes de texto y correo electrónico que permite que el administrador del sistema sea notificado del prospecto factores que pueden causar problemas en el funcionamiento del dispositivo los sensores se pueden usar en canales fijos para ver la plataforma Cayenne, la plataforma Cayenne MyDevices es de código abierto y ofrece una fácil gestión, ser amable con el administrador para que la información recibida se cree internamente formulario de informe y se puede descargar en formato Excel. finalmente, listo pruebas de control de varios dispositivos, donde fue posible verificar la funcionalidad del dispositivo un prototipo. (Campos et al., 2021) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos la variable de temperatura, las fluctuaciones de voltaje en la red eléctrica, la placa ESP8266 (la más similar al esp32), las alertas se envían a través de mensajes de texto y correo electrónico y la plataforma Cayenne para IoT.

Llongo et al. (2022) desarrollaron un dispositivo para el monitoreo de energía. El enfoque de la implementación se direcciona al respaldo energético en los nodos de telecomunicaciones. Este sistema permite medir tanto el voltaje alterno como directo, proporcionado por la red de

distribución energética y un banco de baterías. El dispositivo de monitoreo se compone de varios elementos electrónicos, tales como: Arduino Mega 2560, ESP-8266, pantalla de cristal líquido, relés, entre otros. Se emplea una programación con protocolo maestro esclavo en el cual la administración de los datos los realiza la placa Arduino. La información obtenida se transmite mediante una red Wi-Fi, y se los muestra en una aplicación móvil, donde se usa la plataforma Firebase para la comunicación entre el hardware de gestión y el software. A fin de obtener los datos se emplea dos sensores ZMTP-101B, como también un circuito divisor de voltaje. Además de ello, se emplea un conjunto de alarmas del estado de la energía disponible, estos se mostrarán en el dispositivo de gestión de energía. (Llongo et al., 2022) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos el monitoreo de energía, el respaldo energético en los nodos de telecomunicaciones, el microcontrolador y la red Wi-Fi para comunicar y mostrar en una aplicación móvil las variables.

Ventura (2022) construyó una estación meteorológica basada en LoRawan y alimentación solar con energía solar fotovoltaica, esta estación meteorológica es un sistema conformado por distintos componentes electrónicos, recolecta información de índole climatológico. Estos componentes normalmente son medidores y sensores como el de temperatura, humedad, presión, viento, o lluvia. Se hace la implementación de transmisor y receptor mediante los microcontroladores ESP32. Se realiza un diseño e implementación de sensores meteorológicos de bajo coste, como el sensor BME 280 que está formado por un sensor de temperatura, humedad y presión atmosférica. En este proyecto se pone en uso de la tecnología LoRa para microcontroladores como ESP32, se hizo uso del E32 900T20D, es un módulo, que cuenta con un chip RF SX1276, el cual incorpora la tecnología LoRa. Se desarrolló un sistema autónomo fotovoltaico. Regulación de voltaje del que proporciona la placa solar. Se desarrollo de una

interfaz de usuario mediante HTML, CSS y JavaScript. Por último, la creación de un servidor web en el receptor. (Ventura, 2022) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos la estación meteorológica con sensores de temperatura, humedad y el ESP32.

Calderón (2023) desarrolló un sistema de supervisión y monitorización del funcionamiento de paneles solares. Este sistema permite recoger a tiempo real los parámetros de funcionamiento del sistema, analizarlos y almacenarlos en una base de datos MySQL. Gracias a la implementación del web service Node-RED y la comunicación MQTT; Este protocolo requiere del uso de un bróker que gestione la transmisión de mensajes y el cual irá alojado en el servidor, al ser el nodo central del sistema, y al cual todos los dispositivos estarán conectados. El bróker elegido es “Eclipse Mosquito”. Como elemento central se encuentra el microcontrolador ESP32 al cual llegan las señales del sensor de voltaje FZ0430, del sensor de corriente ACS712 y del sensor de temperatura KY-028. Una vez se procesan estas señales, envía los datos al servidor a través de la nube. (Calderón, 2023) En cuanto a la relación con el proyecto actual tenemos el microcontrolador ESP32, el sensor de voltaje FZ0430, MQTT, la variable de temperatura y el envío de datos a la nube.

Superando Limitaciones de Proyectos Anteriores

Sabemos que entre más datos se obtenga mejor puede ser el análisis, por lo que si tenemos más variables que tengan que ver con el sistema que se va a monitorear para evitar fallos mejor, en este caso midiendo la temperatura y humedad tenemos un poco más de conocimiento de que está pasando en el lugar. (Solar Center, 2020)

Metodología

A continuación, se exponen todas las técnicas y procedimientos metodológicos necesarios para el desarrollo del proyecto aplicado. Se pretende que esta metodología sirva como guía para procesos similares.

Enfoque

Se trabaja con una metodología cuantitativa, teniendo en cuenta que se pretende contribuir a la mejora de las condiciones en que se encuentran las baterías de la empresa STB, a través de la medición de variables como voltaje, nivel de batería, temperatura y humedad en una de sus baterías, de forma rápida y remota.

Alcance

Se desarrolla un prototipo de sistema de medición para las variables de voltaje, nivel de batería, humedad y temperatura, con visualizador y almacenamiento del historial de las variables por hasta 60 días en una aplicación de IoT. Este prototipo está diseñado para una batería del sistema de respaldo de energía de la empresa STB.

Población

La población objeto de estudio está conformada por la empresa STB, esta cuenta con un área de respaldo de energía, donde hay un banco de baterías.

Muestra

Para este caso en particular, se realizaron pruebas con una batería suministrada por la empresa STB, perteneciente al área de respaldo de energía.

Fases del Proyecto

Fase 1: diseño del sistema de monitoreo IoT

Fase 2: implementación del sistema de monitoreo IoT

Fase 3: prueba del sistema de monitoreo IoT en un entorno controlado

Fase 1 Diseño del Sistema de Monitoreo Iot

En esta fase se encuentran los recursos necesarios en forma de presupuesto, el diseño de la solución con el uso de tablas comparativas, las especificaciones técnicas y los esquemáticos.

Recursos Necesarios para la Implementación

Tabla 5

Recursos

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Estudiante Brandon Moncayo	
	Tarjeta De Desarrollo Esp32	\$23.054
	Wi-Fi Bluetooth	
	Batería megabat pro mt9a bs 12v 9ah	\$ 141.600
Equipos y Software	Dht22	\$14.200
	Sensor Voltaje Análogo	
	Arduino voltímetro 0-25v Fz0430	\$7.600
	Envío de los aparatos comprados	\$16.700
Materiales y suministros	Computador	Personal
	Cables Dupont M-M	\$6.800
	Cargador 5v	Reutilizado
	Caja plástica 8x6	\$3.500

Recurso	Descripción	Presupuesto
	Protoboard pequeño	\$6.900
TOTAL		\$ 220.354

Nota. En la tabla 2 recursos podemos ver todos equipos materiales y suministros que son necesarios para el desarrollo del proyecto. Elaboración propia.

Diseño de la Solución

En esta sección se encuentra los componentes, también la sección superando limitaciones de proyectos anteriores, diagramas, algoritmos, por último, la simulación electrónica.

Como resultado del análisis tecnológico con ayuda de las tablas 3 ,4 y 5. Los elementos a usar son: ESP32, DHT22 y FZ0430.

Especificaciones Técnicas

En esta sección se va a presentar los elementos que componen la solución planteada para las conexiones del diagrama, simulación y en la implementación. Además de tener en cuenta los valores de las variables máximas y mínimas soportadas para hacer un buen uso de todos los dispositivos.

Tabla 6

Especificaciones

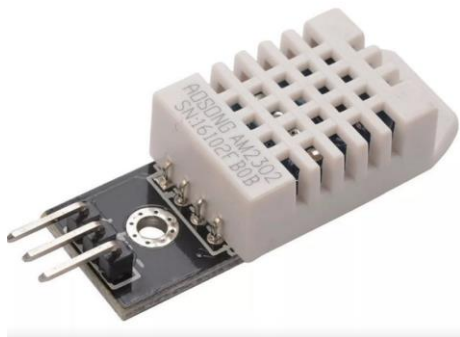
Dispositivo	Especificaciones
Tarjeta ESP32 Wi-Fi/Bluetooth	- Procesador: Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6 (600 MIPS). - Memoria: 448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM (RTC).

Dispositivo	Especificaciones
Sensor DHT22	<ul style="list-style-type: none"> - Alimentación: 5V (I/O Pins a 3.3V). - Periféricos: ADC 12-bit (18 canales), DAC 8-bit (2x), sensores táctiles (10x), Ethernet MAC, PWM (16 canales). - Temperatura de operación: -40°C a +85°C. - Tamaño: 51.5 × 28.3 mm. - Temperatura: -40°C a 80°C (±0.5°C). - Humedad: 0% a 100% RH (±2-5%). - Interfaz: Comunicación digital (1 cable). - Alimentación: 3.3V a 5V. - Pines: VCC, Datos, GND. - Rango de medición: 0.02445V a 25V. - Resolución: 0.00489 V.
Sensor de Voltaje (0-25V)	<ul style="list-style-type: none"> - Salida: Analógica (compatible con Arduino/PIC). - Entrada: VCC (voltaje a medir), GND. - Salida: S (señal analógica), – (GND del MCU).
Batería MegaBat Pro	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Batería de Gel.
MTX9A	<ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones: 12V, 9Ah.

Nota. La tabla resume las características técnicas esenciales para su implementación en el proyecto. Auteco (2025) Importaciones Socami (2025) Liu (2019) Mohanan (2022)

Figura 2*Tarjeta de Desarrollo Esp32 Wi-Fi Bluetooth*

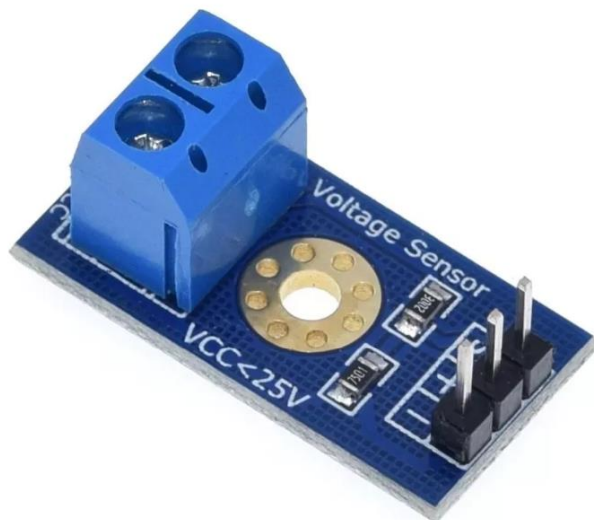
Nota. Placa de desarrollo con esp32, normalmente es usada para iot. Imagen tomada de (Mohanana, 2022).

Figura 3*Módulo Sensor de Temperatura y Humedad Dht22*

Nota. Sensor de dos variables que se utiliza normalmente en proyectos de monitorización. Imagen tomada de (Liu, 2019).

Figura 4

Sensor Voltaje Análogo Arduino Voltímetro 0-25v Fz0430



Nota. Modulo de voltaje capaz de medir esta variable. Imagen tomada de (Importaciones Socami, 2025).

Figura 5

Bateria Megabat Pro Mtx9a Bs 12v 9ah

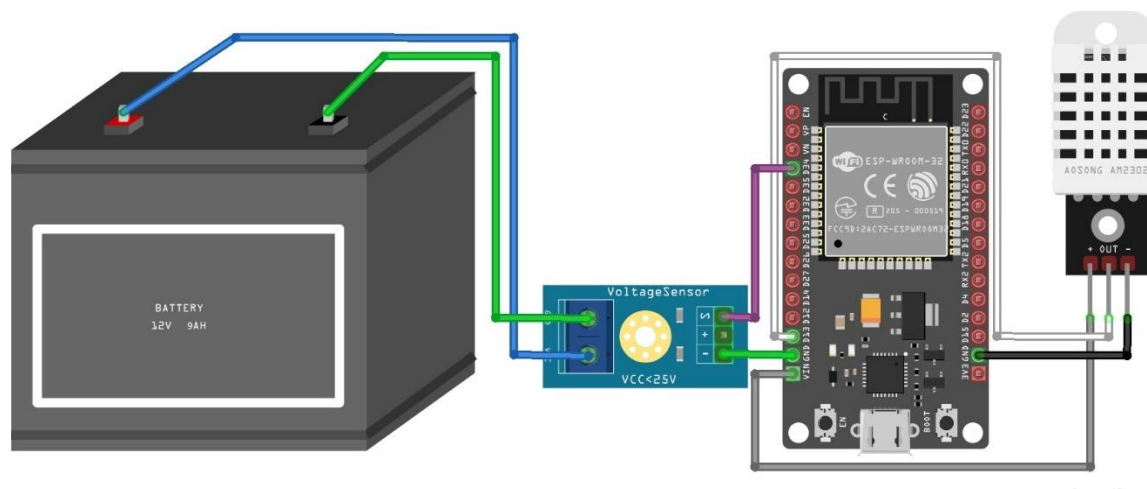


Nota. Bateria de ácido ideal para vehículos. Imagen tomada de (Auteco, 2025)

Planos

Figura 6

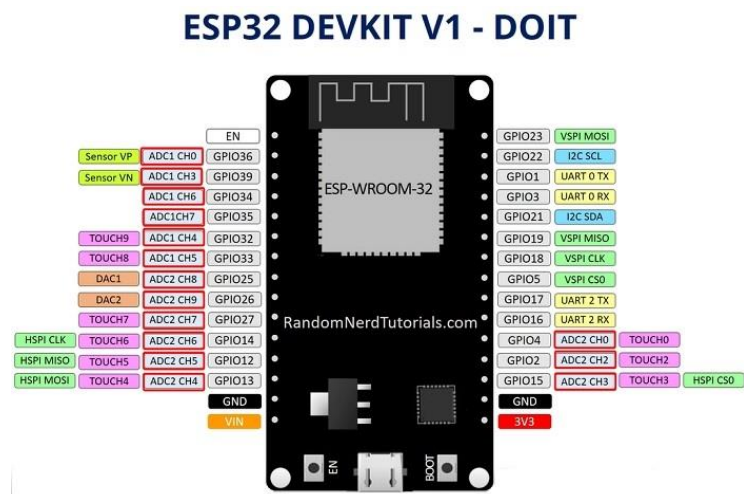
Esquema de Montaje en Fritzing



Nota. En este esquema vemos las conexiones del sensor de voltaje con la batería y el esp32 al igual que el dht22 con sus tres pines. Elaboración propia.

Figura 7

Pines Esp32



Nota. En la figura 7 tenemos la lectura de pines análogos del Esp32. Tiene marcado con rojo los pines análogos. Imagen tomada de (Arduino Forum, 2020) (Espressif, 2016).

Los pines elegidos son (Espressif, 2016): D13 que se puede usar para datos, GPIO13, es un pin analógico para la entrada de voltaje, funciona mejor que la mayoría para esta entrada, GPIO34.

Se diseña el divisor de tensión ya que el ESP32 soporta máximo 3.3v en sus pines

$$V_{CC} = V_S \frac{(R_1 + R_2)}{R_2} = 3.3v \frac{(30k\Omega + 7.5k\Omega)}{7.5k\Omega} = 16.5v$$

16.5v son los máximos que debe tener la batería para no quemar el ESP32. Tenemos que a 14.25v más o menos cargan las baterías de 12v por lo que estamos dentro del rango. La batería marca 14.5 en el multímetro.

¿Por qué no se hace las pruebas en el sitio?

Por temas de pruebas, acceso y recursos se hacen las pruebas en el entorno controlado.

Fase 2 Implementación del Sistema de Monitoreo Iot

En este apartado se describen de forma comparativa las plataformas y protocolos IoT, así como la selección del que mejor se ajusta al proyecto.

Selección de Recursos Tecnológicos

A continuación, se relacionan las tablas comparativas sobre las plataformas, protocolos IoT y su selección.

Elección de la Plataforma Iot

Tabla 7

Matriz de Selección Plataforma Iot

Criterio	ThingSpeak	Ubidots	Adafruit IO
Costo	4 (Gratis hasta 3M msg/año)	3 (Limitado en gratis)	4 (Gratis para makers)
Procesamiento de Datos	5 (MATLAB integrado)	3 (Dashboards básicos)	2 (Solo visualización)
Escalabilidad	4 (Industrial/académico)	3 (SaaS comercial)	2 (Hobby/prototipos)
Integración Hardware	3 (Multiplataforma)	4 (100+ APIs)	5 (Solo Adafruit)

Criterio	ThingSpeak	Ubidots	Adafruit IO
Dashboards	2 (Básicos)	5 (Profesionales)	3 (Sencillos)
Machine Learning	5 (Con MATLAB)	2 (Con integraciones)	1 (No soportado)
Protocolos	3 (HTTP/MQTT)	4 (MQTT/HTTP/Webhooks)	3 (MQTT/HTTP)
Open Source	4 (Private Edition)	1 (No disponible)	2 (Limitado)
Soporte	3 (Foros/MathWorks)	4 (Soporte premium)	3 (Comunidad)
Total	33	29	25

Nota. En esta matriz de selección vemos todos los puntajes dependiendo del criterio y vemos también su total. En este caso Thingspeak es la ganadora.

En cuanto a la aplicación IoT se utiliza Thingspeak para no necesitar una base de datos, porque en ella hay una opción donde se puede exportar los datos, además se cuenta con los suficientes conocimientos para integrarla con el ESP32 y los sensores seleccionados.

Tabla 8*Matriz de Selección para Protocolos Iot*

Criterio	HTTP	CoAP	DDS	MQTT
Tipo de Protocolo	5 Request/Response (TCP)	4 Request/Response (UDP)	5 Publish/Subscribe (TCP/UDP)	5 Publish/Subscribe (TCP)
Orientado a	5 Servicios web	3 Dispositivos restringidos	5 Sistemas en tiempo real	5 IoT remoto/low-bandwidth
Overhead	1 Alto (cabeceras grandes)	4 Bajo (binario)	3 Moderado	5 Muy bajo (lightweight)
Latencia	1 Alta	4 Moderada-Baja	5 Muy baja	4 Baja
Seguridad	5 HTTPS (TLS/SSL)	4 DTLS	4 DDS-Security (TLS)	5 TLS/SSL
Consumo de Energía	1 Alto	4 Bajo	3 Moderado	5 Muy bajo

	1	4	3	5
Escalabilidad	Limitada (por conexiones)	Buena para redes pequeñas	Excelente (redes distribuidas)	Óptima (broker-based)
	4	4	4	5
Uso en IoT	Integración con APIs web	Sensores/actuadores	Industria 4.0 (robótica, healthcare)	Telemetría (dispositivos remotos)
	5	5	5	5
Ventaja Principal	Compatibilidad universal	Eficiencia en redes restringidas	Baja latencia y alta confiabilidad	Bajo ancho de banda
	1	1	1	2
Desventaja Principal	Ineficiente para IoT	No fiable (UDP)	Complejidad de implementación	Dependencia del broker
Total	29	37	38	46

Nota. En esta tabla podemos ver la matriz de selección para los protocolos IoT teniendo en cuenta las necesidades del proyecto. En este caso MQTT es el ganador.

Utilizamos Thingspeak con MQTT, este protocolo puede hacer las publicaciones de forma constante y los 15 segundos de la aplicación IoT son suficientes para esta ocasión.

También MQTT cuenta con mejor eficiencia energética y es más ligero que HTTPS.

Implementación

Para el nivel de batería en este caso teniendo en cuenta el código contamos con los siguientes valores:

Tabla 9

Valores de Porcentaje de Batería

Voltaje	% de batería
14.6V	100%
14.4V	96%
13V	70%
12V	52%
11V	34%
10V	15%
9.2V	1%

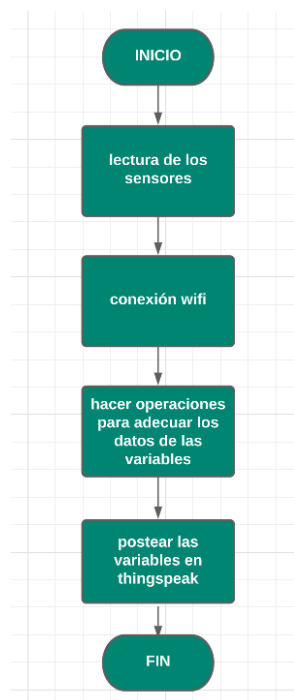
Nota. En esta figura se muestra los valores con respecto al porcentaje de batería. Elaboración propia.

Algoritmos

Este apartado contiene el código y los diagramas de bloques que sustentan la solución propuesta. Los diagramas resultan esenciales para estructurar el desarrollo del código y comprender el flujo de funcionamiento del sistema.

Figura 8

Diagrama de Bloques del Proceso



Nota. En la figura se ve cómo funciona el código de principio a fin de forma gráfica. Elaboración Propia.

La resolución de valores analógicos para el esp32 es de 4095, en este caso se utilizó 5560 en el código para mejorar la precisión.

Código

En el Anexo_1_Proyecto_Aplicado_Brandon_Moncayo se puede encontrar completo el código de la solución.

Exportación de Datos en ThingSpeak

Si ingresamos a los canales tenemos un botón que dice importación/exportación de datos, se pone el uso horario (GMT:5:00 Bogotá) y descargar, nos arroja un Excel donde se puede ver la siguiente línea:

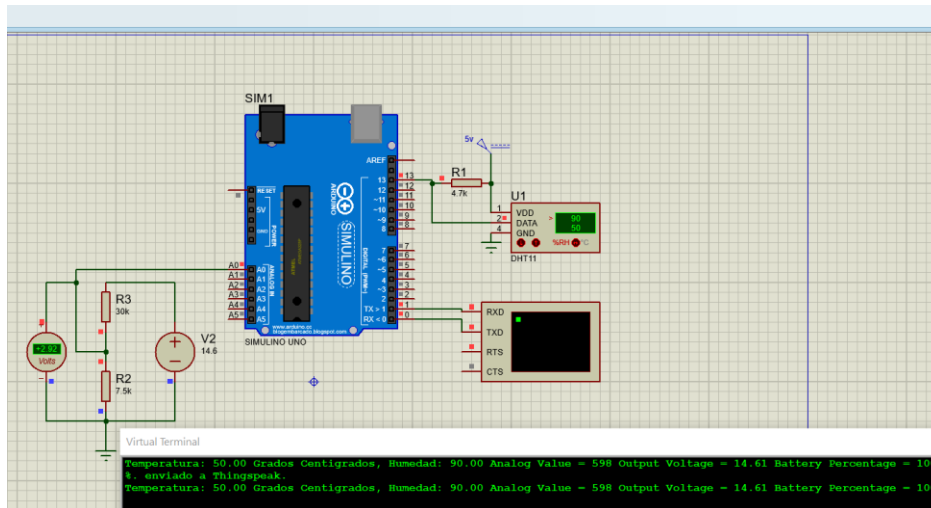
```
2025-02-25T17:16:54-05:00,1618,24,29,6,70,,,,MQTTPUBLISH
```

La fecha, hora acompañada de 24,29,6,70 que de izquierda a derecha son la temperatura, humedad, voltaje y nivel de batería publicados.

Simulación

Figura 9

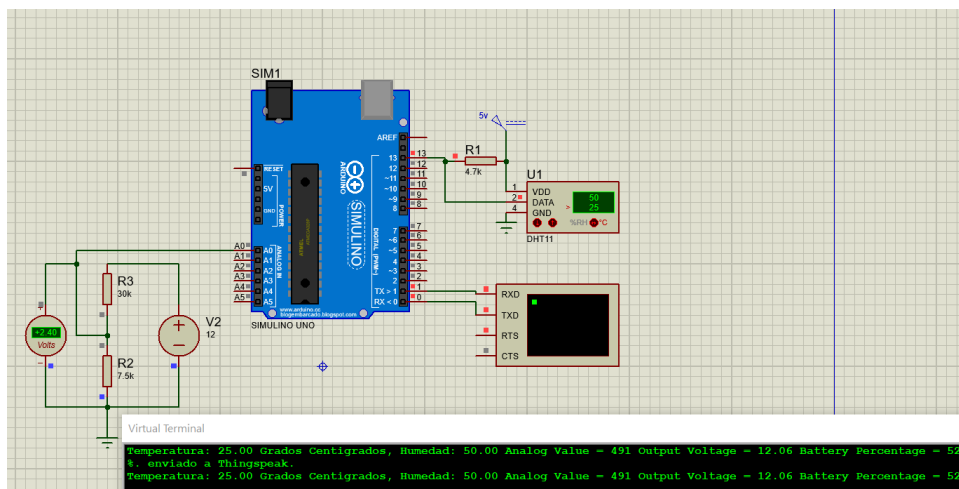
Simulación con 14.6v



Nota. En esta figura podemos ver el circuito en proteus (el esp32 no existe para emular en este software, solo para hacer PCB), el divisor de tensión, el sensor de temperatura y una terminal virtual donde los valores son 14.6v, con un 100% de batería, 90% de humedad y 50°C, en conclusión: los valores máximos. Elaboración propia.

Figura 10

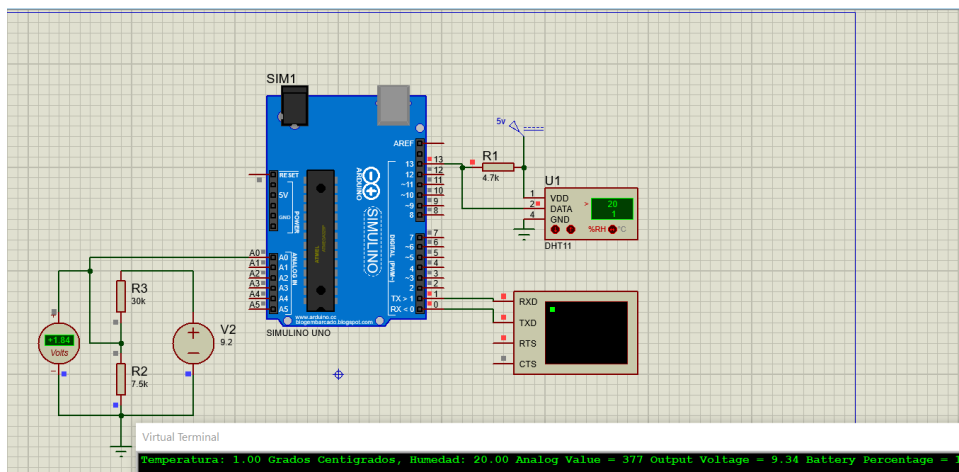
Simulación con 12v



Nota. Simulación con 12v, con un 52% de batería, 50% de humedad y 25°C, en conclusión: los valores medios. Elaboración propia.

Figura 11

Simulación con 9.2v



Nota. Simulación con 9.2v, con un 1% de batería, 20% de humedad y 1°C, en conclusión: los valores mínimos. Elaboración propia.

Fase 3 Prueba del Sistema de Monitoreo Iot en un Entorno Controlado

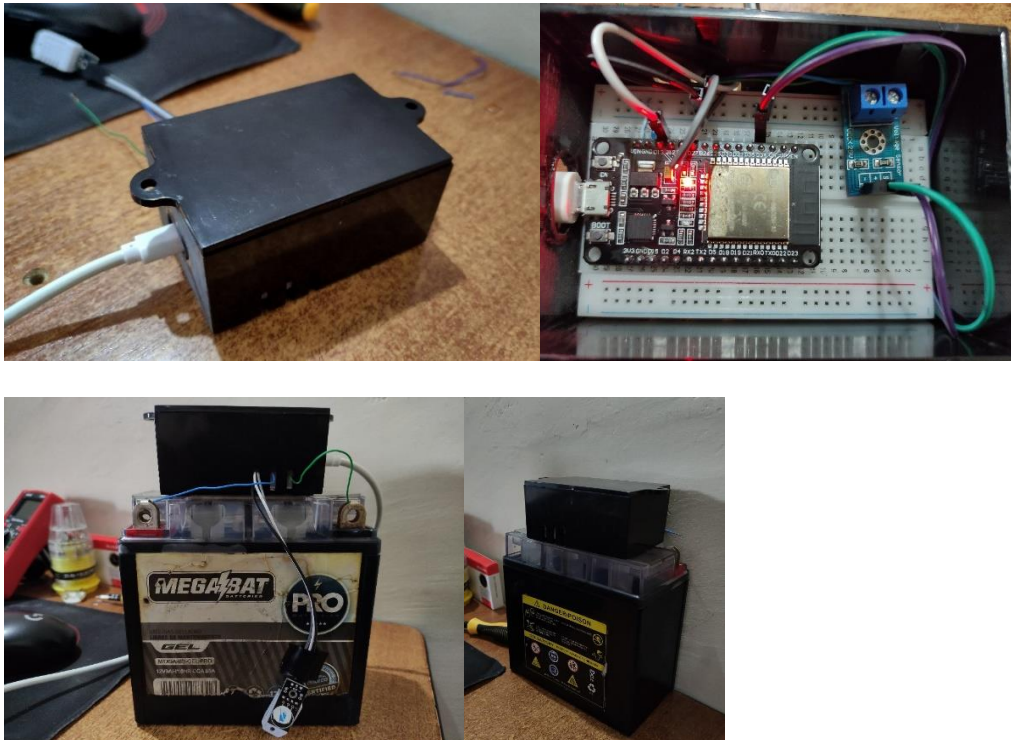
En esta sección se documenta el funcionamiento del proyecto desarrollado. Se muestran fotografías del montaje físico y salidas seriales que permiten visualizar los datos capturados por los sensores, además de comprobar la transmisión exitosa de las variables a la aplicación IoT.

Explicación del Funcionamiento

El prototipo tiene como centro el ESP32 con sensores conectados, donde primeramente los sensores toman los datos por los pines analógicos y digitales, después se los analiza y hace las respectivas operaciones, como conectarse a internet por una red Wi-Fi, hacer las adecuaciones de los datos, conectarse a la plataforma Thingspeak por MQTT para así publicarlos y mostrarlos de forma remota en la web.

Figura 12

Montaje Físico



Nota. La figura contiene las fotografías del montaje físico, el circuito se encuentra dentro de la caja para proyectos, debajo la batería y frente a la batería en sensor dht22. Elaboración propia.

Figura 13

Puerto Serial con Datos Capturados de las Variables

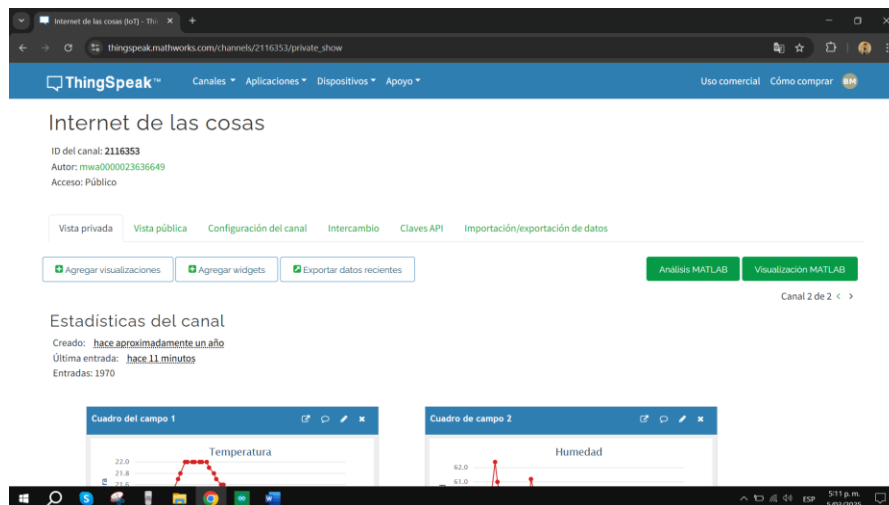
```
COM5
v. enviado a Thingspeak.
conectando MQTT ...conectado al broker
Temperatura: 21.10 Grados Centigrados, Humedad: 58.20 Analog Value = 3235      Output Voltaje = 14.56  Bateria Porcentaje = 99
%. enviado a Thingspeak.
Mensaje publicado field1=21.10&field2=58.20&field3=14.56&field4=99&status=MQTTPUBLISH
Temperatura: 21.10 Grados Centigrados, Humedad: 58.40 Analog Value = 3234      Output Voltaje = 14.55  Bateria Porcentaje = 99
%. enviado a Thingspeak.
Mensaje publicado field1=21.10&field2=58.40&field3=14.55&field4=99&status=MQTTPUBLISH
Temperatura: 21.10 Grados Centigrados, Humedad: 58.40 Analog Value = 3239      Output Voltaje = 14.57  Bateria Porcentaje = 99
%. enviado a Thingspeak.
```

Nota. En la figura se puede apreciar los valores de las variables, además de los letreros que indican el envío por MQTT, la conexión a el protocolo y el payload mensaje publicado.

Elaboración propia.

Figura 14

ID del Canal y Plataforma de Visualización

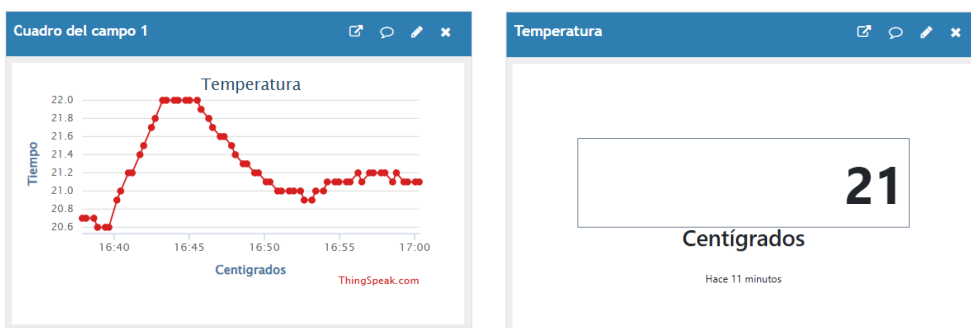


Nota. En la figura se puede apreciar la página de Thingspeak mostrando datos como el id del canal. Elaboración propia.

Aquí se muestra el resultado del funcionamiento del monitoreo, utilizando MQTT para enviar a Thingspeak las variables y como se ven en pantalla.

Figura 15

Thingspeak Visualización de la Temperatura

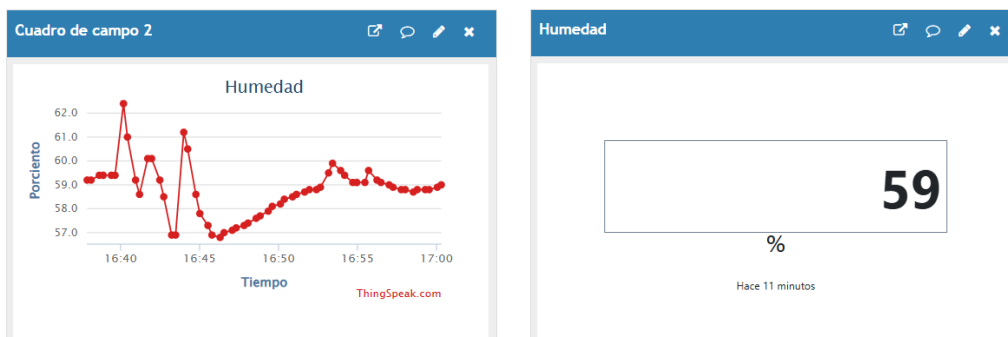


Nota. En esta figura podemos apreciar la gráfica y el valor numérico de la variable temperatura.

Elaboración propia.

Figura 16

Thingspeak Visualización de la Humedad

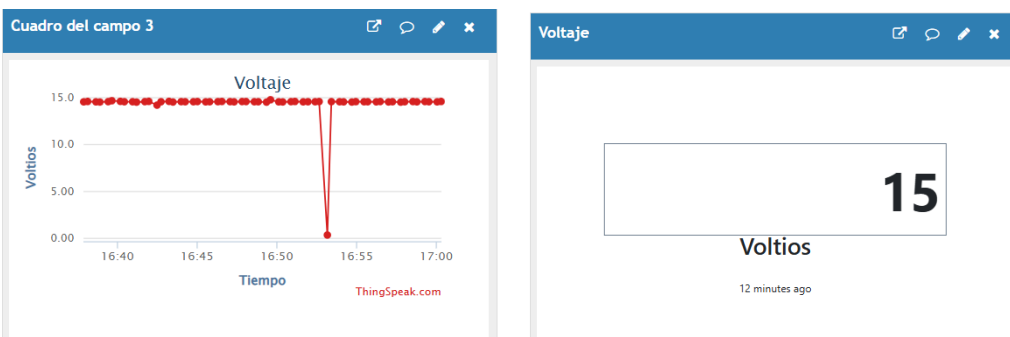


Nota. En esta figura podemos apreciar la gráfica y el valor numérico de la variable Humedad.

Elaboración propia.

Figura 17

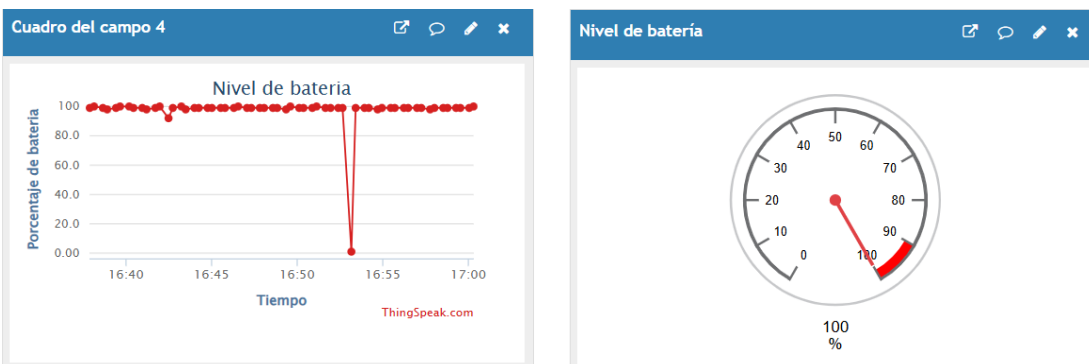
Thingspeak Visualización del Voltaje



Nota. En esta figura podemos apreciar la gráfica y el valor de voltaje. Elaboración propia.

Figura 18

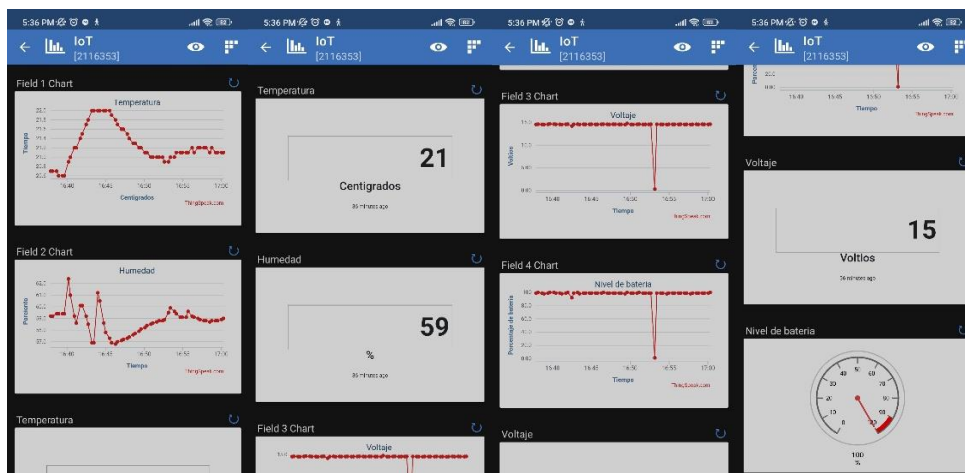
Thingspeak Visualización del Nivel de Batería



Nota. En esta figura podemos apreciar la gráfica y el nivel de batería. Elaboración propia.

Figura 19

Visualización de las Variables Vistas Desde el Celular



Nota. En esta figura podemos ver los valores de las variables de forma remota desde un telefono movil, simplemente con una conexión a internet. Elaboración propia.

Enlace del Video con la Explicación del Funcionamiento

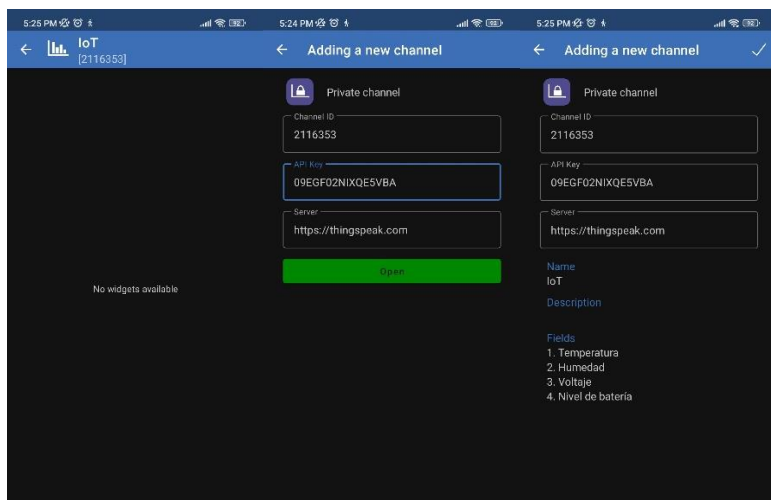
Brandon Arley Moncayo, [Brandon Moncayo] (11/marzo/2025). Explicación detallada del funcionamiento [Video]. YouTube. <https://youtu.be/sMmg3NvJZDQ>

Autenticación en Thingspeak para Garantizar la Integridad de la Información.

En la actualidad más que nunca la ciberseguridad es muy relevante, por lo que se integra en el proyecto esta parte de canales privados.

Figura 20

Autenticación en ThingSpeak



Nota. En esta figura podemos ver como ingresamos al canal privado para visualizar los datos solo si se tiene el ID del canal, la API Key y el servidor. A la izquierda un ejemplo si solo tenemos el ID del canal no se puede visualizar los datos. Elaboración propia.

Tener este tipo de seguridad asegura que solo las personas autorizadas puedan acceder a la información. Esto es crucial para proteger estos datos sensibles o confidenciales.

Alertas

Callmebot es un api que consiste en mandar mensajes de WhatsApp con una determinada url, esta url contiene la apikey, el número de teléfono y un texto. Para iniciarla hay que escribir al WhatsApp +34644376794, enviarle el mensaje: i allow callmebot to send me messages.

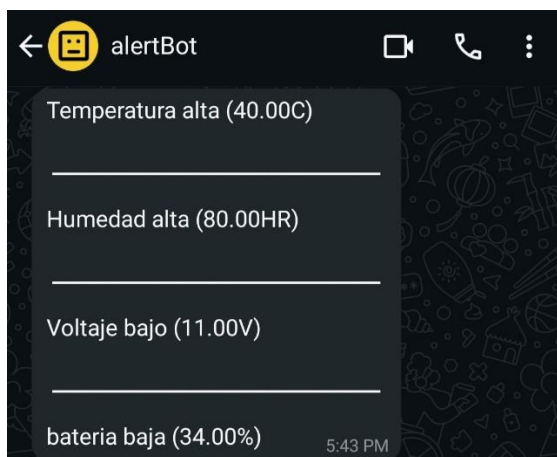
En el código del ESP32 se escriben las variables como el número de teléfono y la apikey, se usa HTTPClient para utilizar el api (un POST) en una determinada condición, como por ejemplo la de la temperatura, que es 40°C su máximo para activar la alerta (envió del WhatsApp).

80HR de humedad, 11V, y 34% de batería son los umbrales que activan la alerta. En callmebot hasta 25 mensajes cada 240 minutos se enviarán inmediatamente, de lo contrario se pondrán en cola.

El uso de las notificaciones al correo con *Thingspeak* no funciona como se necesita en el proyecto, cada que pasa determinado tiempo (días, horas y minutos) se envía un correo diciendo si se pasó el umbral o no, por lo que más adecuado es que se envié cada que se pasa el umbral como en el de callmebot.

Figura 21

Alertas en Whatsapp



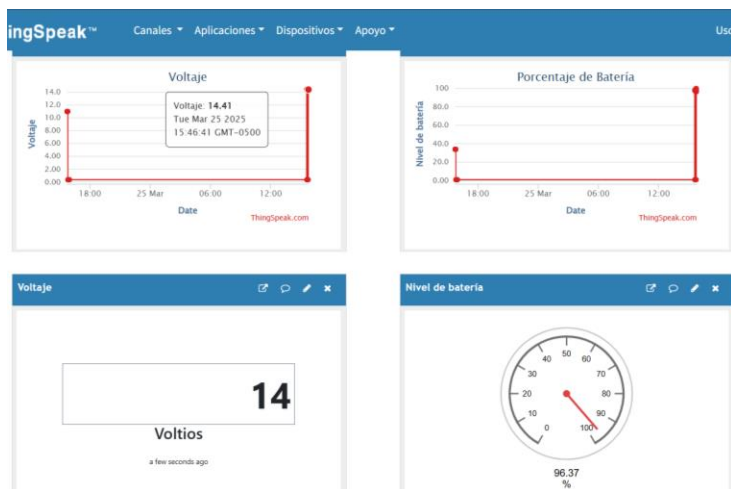
Nota. En esta imagen se evidencia el envío correcto del mensaje de WhatsApp, en este caso se forzó a que las variables tengan los valores umbrales para hacer la demostración. Elaboración propia.

Comparación de Resultados con el Multímetro

Es importante saber cuáles son los valores que tenemos de referencia gracias a los aparatos especializados de medición como el multímetro, todo esto para una excelente medición.

Figura 22

Valor del Voltaje Capturado por el Prototipo



Nota. En la imagen se muestra los valores de voltaje y nivel de batería tomados del prototipo.

Elaboración propia.

Figura 23

Valor de Voltaje Medido en el Multímetro



Nota. En esta imagen vemos el valor de voltaje que marca el multímetro en la batería.

Formula de error porcentual. Elaboración propia.

$$\delta = \left| \frac{V_0 - V_t}{V_t} \right| * 100\%$$

V_t valor teórico o real

V_0 valor observado mediante algún experimento

Voltajes:

$$\delta = \left| \frac{14.41v - 13.75v}{13.75v} \right| * 100\%$$

$$\delta = 0.048 * 100\%$$

$$\delta = 0.048\%$$

Diferencia

$$14.41v - 13.75v = 0.66v$$

Tenemos una precisión de $\pm 0.7v$

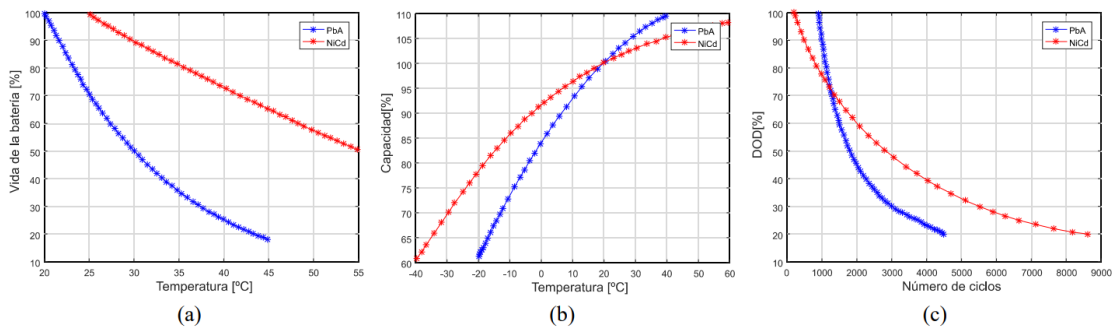
Como la Temperatura Afecta a la Vida de la Batería

Garayalde et al. (2017) explica que:

En el estudio de Sanz en 2017 con colaboración de otras personas aseguraron que existen varios factores que afectan al funcionamiento de las baterías. Entre ellos, los más importantes son la temperatura, el “*Depth of discharge*” (DOD) y las tensiones de operación. Todos tienen influencia tanto en el funcionamiento o capacidad instantánea como en la vida de la batería o “*State Of Health*” (SOH) y afectan de manera diferente dependiendo de la tecnología utilizada. Estos efectos se muestran en las gráficas proporcionadas por los fabricantes Tal y como se puede ver, a mayor temperatura mayor es la degradación que sufren las baterías. Sin embargo, en el funcionamiento instantáneo se dispone de mayor capacidad, es decir, a altas temperaturas las baterías se comportan mejor, pero se degradan más. Con bajas temperaturas ocurre el efecto contrario, las baterías sufren menor degradación, pero la capacidad instantánea también se ve reducida. Estas variaciones de la capacidad instantánea son transitorias y se recupera el valor original de capacidad cuando la batería vuelve a su temperatura nominal de trabajo. (p.2)

Figura 24

Efecto del Comportamiento de la Temperatura



Nota. Datos proporcionados por los fabricantes de baterías de plomo ácido (PbA) y níquel-cadmio (NiCd). (a) Reducción de la vida de batería en función de la temperatura. (b) Capacidad instantánea en función de la temperatura. (c) Número de ciclos que puede realizar en función de la profundidad de descarga (DOD). Imagen tomada de Garayalde et al. (2017, p.2)

Recomendaciones

En esta sección están el plan de mejoras y el plan de mantenimiento como recomendaciones para la empresa STB, en este caso tiene prioridad el de mantenimiento ya que es importante para que el prototipo actual tenga más duración. En cuanto al plan de mejoras es para que el proyecto se convierta en algo más robusto si se desea.

Plan de Mantenimiento

Un plan como este es bastante necesario ya que ayuda a que el proyecto dure y mantenga su funcionalidad, todo esto gracias al mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo.

Plan de Mantenimiento Correctivo

Se debe realizar la verificación del correcto funcionamiento de los 2 sensores y el esp32 cada 6 meses, revisar cada una de las conexiones, si el dht22 no está quemado y si el sensor de voltaje todavía funciona correctamente. Si alguno de estos se encuentra dañado hay que compararlo y cambiarlo, si está dañado el esp32 hay que cargarle el programa al nuevo para el correcto funcionamiento.

Plan de Mantenimiento Predictivo

Los dos sensores y el microcontrolador ESP32 pueden durar varios años. Sin embargo, su rendimiento puede degradarse con el tiempo, lo que puede afectar en el caso del dht22 a su precisión en la lectura de temperatura y humedad, por lo que después de unos 2 años revisar si la precisión está fallando demasiado (mayor o igual al 10%) y hacer el cambio.

En *Thingspeak* se puede acabar el cupo de datos en un año, puede almacenar hasta 3 millones de mensajes al año de forma gratuita, por lo que antes de que cumpla un año (cada 12 de diciembre) hay que revisar la cuenta y ver cuánto se ha utilizado, si sobrepasa el límite hay que comprar ese espacio faltante.

Plan de Mantenimiento Preventivo

Revisión de la condición física de los aparatos, la conexión a internet estable para la transmisión correcta de la información. Esto con una frecuencia de 3 meses.

Plan de Mejoras

A continuación, como recomendaciones tenemos los planes de mejoras que se entregan a la empresa por si quiere convertir el prototipo en un proyecto más robusto.

Plan de Mejoras a Corto Plazo

Adquisición de sensores más robustos.

Desarrollo de una PCB.

Diseño y fabricación de una caja con impresión 3D.

Plan de Mejoras a Mediano Plazo

Desarrollo de un servidor.

Desarrollo de una plataforma web para alojar los datos y visualizarlos de forma privada y remota.

Resultados Obtenidos

En esta sección se resumen los elementos más relevantes de los trabajos de referencia, divididos en proyectos industriales y agrícolas, y se analizan las brechas respecto al presente proyecto. Varias tecnologías, tarjetas y sensores son comunes, lo que refuerza la viabilidad y aporta aprendizajes aplicables.

Discusión Proyectos Iot Agro

En el proyecto de Sánchez et al. (2018), las brechas con respecto al proyecto presente son: la conectividad IoT y escalabilidad, el proyecto presente está basado en ESP32 y MQTT, este es más moderno, accesible y adecuado para aplicaciones comerciales, como el monitoreo del SAI en una empresa ISP, en este caso se añaden variables de voltaje y nivel de batería adecuados con la situación problema. Además, el enfoque que hay en la transmisión de datos en tiempo real y alertas lo hace más útil en entornos industriales y comerciales que el de referencia

En el proyecto de Castrillón et al. (2021), las brechas con respecto al proyecto presente son: El proyecto presente está diseñado específicamente para un ISP, lo que implica que las variables monitoreadas y las alertas están optimizadas para garantizar la continuidad del servicio de internet, a diferencia del proyecto de referencia que está enfocado en la agricultura.

En el proyecto de Carrasco et al. (2021), las brechas con respecto al proyecto presente son: En él se utilizan módulos XBee para la transmisión inalámbrica de datos, aunque permiten una distancia de transmisión de 1,2 km, no son tan eficientes en términos de integración con tecnologías IoT modernas como el protocolo MQTT. También no incluye un sistema de alertas.

En el proyecto de Montaña et al. (2023), las brechas con respecto al proyecto presente son: El diseño específicamente para cultivos hidropónicos, lo que limita su aplicabilidad a otros contextos, también utiliza la tecnología Sigfox para la transmisión de datos, aunque es eficiente

para aplicaciones agrícolas, no es tan versátil como el protocolo MQTT utilizado en el proyecto, además, Sigfox tiene latencia alta.

Discusión Proyectos Iot Industriales

En el proyecto de Cardenas et al. (2019) las brechas con respecto al proyecto presente son: Que no incluye variables como temperatura, humedad y nivel de batería, utiliza GSM para la transmisión de datos, lo que puede ser menos eficiente en términos de costos y escalabilidad comparado con el uso de Wi-Fi y el protocolo MQTT. Además, GSM depende de una tarjeta SIM y un operador de telefonía móvil, lo que puede limitar su aplicabilidad en áreas con cobertura limitada. Wi-Fi con MQTT es más económico comparado con el uso de GSM ya que se necesita un plan de datos. En este caso en el área del monitoreo hay conectividad Wi-Fi con internet, ya que es en las instalaciones del ISP.

En el proyecto de Campos et al. (2021) las brechas con respecto al proyecto presente son: El proyecto utiliza el ESP8266, que es menos potente y versátil comparado con el ESP32 utilizado en el proyecto presente, que tiene capacidades integradas de Wi-Fi y Bluetooth, lo que facilita la conectividad IoT. El proyecto presente mide no solo temperatura y voltaje, sino también humedad y nivel de batería, lo que lo hace más completo y adecuado para un sistema de respaldo de energía.

En el proyecto de Llongo et al. (2022) las brechas con respecto al proyecto presente son: El proyecto de referencia no incluye variables como temperatura y humedad, que son críticas para un sistema de respaldo de energía, ya que las condiciones ambientales pueden afectar el rendimiento de las baterías. El proyecto utiliza una combinación de Arduino Mega 2560 y ESP8266, lo que puede ser menos eficiente y más complejo comparado con el uso de un solo

microcontrolador como el ESP32, que tiene capacidades integradas de Wi-Fi y es más adecuado para aplicaciones IoT, además de aumentar los costos.

En el proyecto de Ventura (2022) las brechas con respecto al proyecto presente son: El proyecto monitorea variables climatológicas como temperatura, humedad, presión, viento y lluvia, pero no incluye variables críticas como voltaje y nivel de batería, que son esenciales para un sistema de respaldo de energía. Como diferencia utiliza la tecnología LoRa para la transmisión de datos. Necesita de un servidor para ser el receptor lo cual limita la visualización remota.

En el proyecto de Calderón (2023) las brechas con respecto al proyecto presente son: No incluye variables como humedad y nivel de batería, que son críticas para un sistema de respaldo de energía. No se menciona la implementación de un sistema de alertas o notificaciones en tiempo real, lo cual es crucial para un sistema de respaldo de energía donde la detección temprana de fallos es esencial.

Conclusiones

En la realización de este proyecto de grado se elaboró una solución ingenieril utilizando metodologías propias de la disciplina, apoyadas en planos, algoritmos y simulaciones que validaron su viabilidad técnica. El proyecto implementado mostró su importancia al tratar problemas prácticos y al proporcionar soluciones que se ajustan a los objetivos establecidos.

Se identificó las causas, efectos, justificaciones y objetivos del problema, lo que permitió guiar su solución desde un enfoque académico. De igual manera, se elaboró un diseño metodológico robusto que combinó el marco teórico, los procesos y los recursos necesarios para lograr los resultados.

La implementación unió *hardware* y *software*, obteniendo un prototipo operativo que puede monitorear voltaje, amperaje, humedad y temperatura. Asimismo, se estableció un plan de mantenimiento a corto y mediano plazo para asegurar su funcionamiento y duración.

Hubo limitaciones, como la restricción de acceso al SAI de la empresa, la ausencia de una batería estacionaria, la falta de un higrómetro y termómetro, pero el sistema fue validado de manera exitosa en un entorno controlado. Así, se lograron los objetivos, estableciendo una base firme para mejoras y ampliaciones futuras.

Referencias Bibliográficas

- A1 Digital. (2024). IoT protocols: A comprehensive guide. A1 Digital.
<https://www.a1.digital/knowledge-hub/iot-protocols-a-comprehensive-guide/>
- Álvarez, D. (2011). USO INCORRECTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES [Centro de Estudios Universitarios].
<https://www.ceu.edu.mx/descargas/cuadernillo%202011%20volumen%203.pdf#page=6>
- Arduino Forum. (2020). Lectura de pines análogos de esp32 wroom32d.
<https://forum.arduino.cc/t/lectura-de-pines-analogos-de-esp32-wroom32d/645965>
- Auteco, S. O. (2025). Bateria Megabat Pro Mtx9A Bs Gel—Sitio oficial de Auteco.
<https://www.auteco.com.co/bateria-megabat-pro-mtx9a-bs-gel/p>
- Calderón, M. (2023). Desarrollo de un sistema de supervisión y monitorización del funcionamiento de paneles solares [Universidad de león].
<https://buleria.unileon.es/handle/10612/20833>
- Campos Alvarado, C. C., & Bayas Salazar, K. I. (2021). Desarrollo de un dispositivo de monitoreo del estado operativo para equipos electrónicos con comunicación a plataforma IOT y manejo de alertas para prevenir posibles daños. [Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52248>
- Cárdenas, L. (s/f). LA HUMEDAD RELATIVA Y LA TEMPERATURA EN LA CONSERVACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE ARCHIVO.
https://www.archivogeneral.gov.co/sites/default/files/Estructura_Web/5_Consulte/SalaDePrensa/articuloHyT_CONTACTO.pdf

- Carrasco Sánchez, J. A., & Pinduisaca Peñafiel, K. V. (2021). Diseño de un prototipo cuadricóptero con sensores para lectura de temperatura y humedad en el aire mediante telemetría XBee.. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/52717>
- Castrillón Gómez, M. C., & Osorio Rodriguez, C. C. (2021). Monitoreo de temperatura y humedad relativa en un laboratorio de experimentación de cannabis usando tecnologías de IOT. <https://hdl.handle.net/20.500.12516/1408>
- E-dea Networks SAS. (2022). Monitoreo TI para Empresas. <https://www.e-dea.co/monitoreo-ti-para-empresas>
- Espressif. (2016). ESP32-DevKitC - ESP32 documentación más reciente de esp-dev-kits. <https://docs.espressif.com/projects/esp-dev-kits/en/latest/esp32/esp32-devkitc/index.html>
- Garayalde, E., Aizpuru, I., & Canales, J. M. (2017). Análisis Experimental del Efecto de la Temperatura y la Tensión de Carga para la Optimización Energética de Sistemas de Almacenamiento de Instalaciones Fotovoltaicas Aisladas. <http://ebiltegia.mondragon.edu/xmlui/handle/20.500.11984/6674>
- Importaciones Socami. (2025). Sensor Voltaje Analogo Arduino Voltmetro 0-25v Fz0430. <https://www.mercadolibre.com.co/modulo-de-sensor-de-voltaje-dc-0-25-v-para-arduino-pic-y-raspberr/p/MCO33087019>
- Instituto Ponemon. (2016). Costo de las interrupciones del servicio en centros de datos. https://www.vertiv.com/globalassets/documents/reports/2016-cost-of-data-center-outages-11-11_51190_1.pdf
- Kranz, M. (2017). Internet of Things: Construye Nuevos Modelos de Negocio. Editorial Almuzara. <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=Szz1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5>

&dq=Internet+of+Things:+Construye+Nuevos+Modelos+de+Negocio&ots=ysNmTggsF
 x&sig=oDydzxTN--7PXsUCx8w-
 6dEM0bI&redir_esc=y#v=onepage&q=Internet%20of%20Things%3A%20Construye%2
 0Nuevos%20Modelos%20de%20Negocio&f=false

León, V. (2020). Aporte de la computación en el borde en aplicaciones de internet industrial de las cosas—IIoT.

https://utb.alma.exlibrisgroup.com/discovery/delivery/57UTB_INST:57UTB_INST/1214506590005731?lang=en&viewerServiceCode=DigitalViewer

Liu, T. (2019). Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (DHT22 also named as AM2302).

Llongo Sanunga, C. O., & Nolivos Vimos, Marco Antonio. (2022). Diseño e implementación de sistema de comunicación inalámbrico para monitoreo del sistema de emergencia eléctrico en nodos críticos de comunicación [bachelorThesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/8858>

Loureiro Garrido, R. (2015). Estudio plataformas IoT.

<https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/42812/6/rloureiroTFC0615memoria.pdf>

Martinez, J. (2017). Comparativa y estudio de plataformas IoT.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/113622>

Meteora Academy (Director). (2021). CÓMO USAR BATERÍAS PARA EVITAR CORTES EN SU ISP | WARLEY GOES [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=-CulTRG4q0Q>

Microsoft Azure. (s/f). Protocolos y tecnologías de IoT. Recuperado el 24 de abril de 2025, de <https://azure.microsoft.com/es-mx/solutions/iot/iot-technology-protocols>

- Mohanan, V. (2022, diciembre 20). Placa de desarrollo Wi-Fi DOIT ESP32 DevKit V1—
Diagrama de pines y referencia de Arduino—CIRCUITSTATE Electronics.
<https://www.circuitstate.com/pinouts/doit-esp32-devkit-v1-wifi-development-board-pinout-diagram-and-reference/>
- Montaño Blacio, M., González Escarabay, J., Jiménez Sarango, Ó., Mingo Morocho, L., &
Carrión Aguirre, C. (2023). Diseño y despliegue de un sistema de monitoreo basado en
IoT para cultivos hidropónicos. *Ingenius*, 30, 9–18.
<https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>
- Regalado Sánchez, J. C., Espinosa Calderón, A., Padilla Medina, J. A., & Díaz Carmona, J. J.
(2018). IMPLEMENTACIÓN EN FPGA DE SENSOR DE TEMPERATURA Y
HUMEDAD RELATIVA PARA UNA FUTURA PLATAFORMA DE MONITOREO
AMBIENTAL. *Pistas Educativas*, 38(120), Article 120.
<https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/614>
- Rendón, B., & Villa, S. (2017). Aplicación de herramientas gratuitas para la medición en línea de
variables electromagnéticas. *LIBRO DE RESÚMENES*.
<https://repository.usta.edu.co/items/549451a2-bd04-4625-94c9-26f7d5175f7c>
- Rojas, J., & Otavo, Y. (2019). Estudio y Diseño de modulo de transmisión autónoma de lectura
de contadores de energía eléctrica integrado a IOT.
<https://repositorio.unitec.edu.co/handle/20.500.12962/1401>
- Solar Center (Director). (2020, octubre 16). Dispositivos de monitoreo y plataforma Shine Server
de Growatt [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=cUsN_IcVe5Y
- Ventura Duque, M. A. (2022). Estación meteorológica basada en LoRaWAN y alimentación
autónoma con energía solar fotovoltaica. <https://hdl.handle.net/10953.1/16428>