



**Universidad  
Israel**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL  
ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

**MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

*Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021*

**PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER**

<b>Título del proyecto:</b>
Sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, bajo plataforma IoT.
<b>Línea de Investigación:</b>
Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable.
<b>Campo amplio de conocimiento:</b>
Ingeniería, industria y construcción
<b>Autor/a:</b>
Margarita Gioconda Arroyo Paredes.
<b>Tutor/a:</b>
Ing. Wilmer Albarracin Mgtr.

Quito – Ecuador

2023

## APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Wilmer Fabian Albarracín Guarochico** con C.I: **171334115-2** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, bajo plataforma IoT.** Elaborado por: **Margarita Gioconda Arroyo Paredes**, de C.I: **055001556-4**, estudiante de la Maestría **Electrónica y Automatización** de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 30 de agosto del 2023



---

Firma

## DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Margarita Gioconda Arroyo Paredes** con C.I: 055001556-4, autor/a del proyecto de titulación denominado: **Sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, bajo plataforma IoT.** Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

1. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
2. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 31 de Agosto de 2023



---

Ing. Margarita Gioconda Arroyo Paredes

CI: 0550015564

## Tabla de contenidos

APROBACIÓN DEL TUTOR .....	II
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE .....	III
Tabla de contenidos .....	IV
Índice de figuras .....	VI
Índice de tablas.....	VII
Índice de anexo.....	VII
INFORMACIÓN GENERAL.....	2
Contextualización del tema .....	2
Problema de investigación.....	4
Objetivo general .....	5
Objetivos Específicos .....	5
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos .....	6
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	7
1.1. Contextualización general del estado del arte.....	7
1.2. Proceso investigativo metodológico.....	12
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	14
2.1. Fundamentos teóricos aplicados .....	14
2.1.1. Internet de las cosas .....	15
2.1.2. Monitoreo remoto a través de lot .....	15
2.1.3. Aplicaciones de IoT .....	17
2.1.3.1. Fabricación Inteligente .....	17
2.1.3.2. Compras Inteligentes.....	17
2.1.3.3. Edificaciones Sofisticadas .....	18
2.1.3.4. Ciudades inteligentes.....	18
2.1.3.5. Educación y Aprendizaje.....	19
2.1.3.6. Electrónica de consumo .....	19
2.1.3.7. Medicina y salud .....	19
2.1.3.8. Automotriz.....	20
2.1.3.9. Agrícola.....	20
2.1.3.10. Servicios energéticos .....	20
2.1.4. Plataformas IoT.....	21

2.1.4.1	Thinkspeak.....	21
2.1.4.2	Ubidots .....	22
2.1.4.2.1	Ubidots como sistema de información en la nube .....	23
2.1.4.2.2	APPI HTTP de Ubidots.....	25
2.1.5	Tarjetas de desarrollo IoT .....	25
2.1.5.1	ESP32 – ESP8266 .....	25
2.1.5.2	Tarjeta Argon Wifi.....	26
2.1.6	Sensores climáticos.....	28
2.1.6.1	Sensor DHT11 .....	28
2.1.6.2	Sensor LDR.....	29
2.2	Descripción de la propuesta .....	30
2.3	Validación de la propuesta. ....	44
2.4	Matriz de articulación de la propuesta .....	46
2.5	Análisis de resultados. Presentación y discusión. ....	48
CONCLUSIONES .....		54
RECOMENDACIONES .....		55
BIBLIOGRAFÍA .....		56
ANEXOS.....		59

**Índice de figuras**

<b>Figura 1</b> Esquema de bloques del Sistema en un Chip (SoC) ESP32 .....	26
<b>Figura 2</b> Placa Particle Argon Wifi .....	27
<b>Figura 3</b> DHT11 Dispositivo para medir la temperatura y humedad ambiental .....	28
<b>Figura 4</b> Fotorresistencia o LDR .....	30
<b>Figura 5</b> Diagrama esquemático de la propuesta. ....	37
<b>Figura 6</b> Conexión sensores DHT11 y fotorresistencia con Particle ARGON.....	41
<b>Figura 7</b> Programación en WebIDE para Particle ARGON.....	42
<b>Figura 8</b> Diagrama de flujo de programación .....	43
<b>Figura 9</b> Visualización de variables en consola de dispositivos Particle .....	44
<b>Figura 10</b> Visualización de datos del dispositivo Particle ARGON en plataforma Ubidots. ....	48
<b>Figura 11</b> Dashboard para monitoreo de variables en Ubidots.....	49
<b>Figura 12</b> Dashboard para monitoreo en Ubidots con desviación de temperatura óptima.....	50
<b>Figura 13</b> Notificación de Alerta por SMS en WhatsApp al responsable del centro médico.....	50
<b>Figura 14</b> Variable de luminosidad en un día.....	51
<b>Figura 15</b> Variable de temperatura en un día.....	51
<b>Figura 16</b> Variable de humedad en un día .....	52

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Características técnicas del Sensor DHT11.....	29
<b>Tabla 2</b>	Descripción de perfil de validadores .....	44
<b>Tabla 3</b>	Escala de evaluación. Elaborada por: Phd. David Raimundo Rivas Lalaleo.....	45
<b>Tabla 4</b>	Escala de evaluación. Elaborada por: Phd. José Luis Varela Aldás.....	45
<b>Tabla 5</b>	Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Carlos Ernesto Hernández Orellana Mgs.....	46
<b>Tabla 6</b>	Configuración de sensores a Plataforma Ubidots .....	53

### Índice de anexo

<b>ANEXO 1</b>	Diagrama electrónico de la tarjeta de control particle argon.....	59
<b>ANEXO 2</b>	Especificaciones técnicas de la tarjeta particle argon .....	59
<b>ANEXO 3</b>	Diagrama electrónico del sensor DHT11 .....	60
<b>ANEXO 4</b>	Especificaciones técnicas del sensor DHT11.....	60
<b>ANEXO 5</b>	Especificaciones técnicas del sensor DHT11.....	61
<b>ANEXO 6</b>	Implementación física de los sensores con la tarjeta particle argon .....	61
<b>ANEXO 7</b>	Programación para el funcionamiento de la tarjeta particle argon .....	62
<b>ANEXO 8</b>	Aprobación del Validador Ph. D David Raimundo Rivas Lalaleo.....	66
<b>ANEXO 9</b>	Aprobación del Validador Ph. D José Luis Varela Aldás .....	67
<b>ANEXO 10</b>	Aprobación del Validador Ing. Carlos Ernesto Hernández Orellana Mgs.....	68

## INFORMACIÓN GENERAL

### Contextualización del tema

Internet de las cosas (IoT) ha revolucionado la intercomunicación de la gente con el universo digital al permitir la conexión y comunicación entre dispositivos electrónicos y objetos cotidianos. Por otro lado, la industria 4.0 ha impactado significativamente el ámbito empresarial al automatizar procesos e integrar tecnologías avanzadas en la producción de bienes y servicios (Estrada Roque, 2021).

El sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos bajo plataforma IoT cobra una relevancia crucial para abordar el deterioro de medicamentos debido a las fluctuaciones en farmacias, centros médicos, clínicas y hospitales en las cuatro regiones del Ecuador. Estas instituciones se dedican a brindar servicios de atención médica y farmacéutica, asegurando el suministro de medicamentos a la población. Sin embargo, carecen de un sistema que permita tomar decisiones en tiempo real en la gestión del almacenamiento de dichos productos, lo cual impacta en la eficiencia y calidad de la cadena de suministro.

El sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos bajo plataforma IoT cobra una relevancia crucial para abordar el deterioro de medicamentos debido a las fluctuaciones de dichas variables en farmacias, centros médicos, clínicas y hospitales en las cuatro regiones del Ecuador. Estas instituciones se dedican a brindar servicios de atención médica y farmacéutica, asegurando la estabilidad del principio activo del producto. Sin embargo, carecen de un sistema que permita decidir de forma inmediata cuando así lo requiera la gestión del almacenamiento de dichos productos, lo cual podría tener un impacto en la eficiencia y calidad de la cadena de suministro.

Estas instituciones cuentan con infraestructura física, así como personal encargado de la gestión de los medicamentos. No obstante, la falta de capacitación y recursos limita un control adecuado de la

temperatura, humedad y luminosidad en dichas áreas. Las farmacias, centros médicos, clínicas y hospitales pueden tener diferentes cantidades de operarios, personal técnico y gerencial según su tamaño y capacidad. El enfoque del estudio se centrará en la ayuda que se pueda proporcionar al personal técnico encargado de la gestión de medicamentos y control de las condiciones ambientales en las bodegas de almacenamiento, quienes se encontraran en contacto directo con las variables que son objeto de estudio para poder implementar de forma exitosa un sistema remoto de monitoreo.

Es importante destacar que las características de cada país y sector pueden influir en la gestión del almacenamiento de medicamentos. Por ejemplo, en países con climas tropicales, las altas temperaturas y la humedad podrían llegar a alterar la calidad de los medicamentos. Por lo tanto, resulta fundamental mejorar el proceso de seguimiento de las condiciones ambientales para poder tomar decisiones inmediatas, principalmente en donde se encuentran los productos médicos. El deterioro de medicamentos debido a las fluctuaciones de las variables de estudio no solo representa un riesgo para la salud de los pacientes, sino también pérdidas económicas significativas. La implementación de un sistema remoto de monitoreo utilizando tecnología IoT proporciona una solución efectiva al permitir un seguimiento de forma continua y directa de las variables ambientales permitiendo alertar mediante notificaciones a los responsables a cargo en caso de que las condiciones de almacenamiento se desvíen de las óptimas.

En el ámbito de las responsabilidades que ARCSA “Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria” se incluye la tarea relacionada con la custodia de los elementos médicos. Esto abarca la supervisión de factores como la temperatura, humedad e iluminación, con el propósito de garantizar que los suministros médicos cumplan con los estándares de calidad necesarios. El proceso en cuestión está compuesto por una secuencia de fases diseñadas con el objetivo de preservar las condiciones de los productos farmacéuticos.

## **Problema de investigación**

Actualmente, las fluctuaciones de temperatura, humedad y luminosidad en las farmacias, pueden afectar las propiedades de los medicamentos en stock de los centros médicos, clínicas y hospitales en las cuatro regiones del Ecuador, éste es un problema que puede llevar a la degradación del principio activo de los medicamentos y, en casos extremos, puede incluso llevar a tratamientos prolongados, complicaciones médicas y, la muerte de los pacientes, siendo un riesgo inminente para la salud y causa pérdidas económicas significativas a todas las instituciones que brindan servicios de atención médica y farmacéutica.

El calor y la humedad pueden acelerar su descomposición, mientras que la luz puede causar variación en las propiedades de ciertos compuestos químicos que afectan las fórmulas de los medicamentos. Por lo que se necesitan medidas preventivas y correctivas para garantizar el correcto almacenamiento y por ende la estabilidad de los medicamentos en los centros médico de todo el país, como la capacitación del personal médico sobre el almacenamiento adecuado de los medicamentos, la implementación de sistemas de monitoreo y control de temperatura, humedad y luminosidad, y la evaluación regular de los establecimientos donde se hallan los medicamentos permiten garantizar su eficacia. Los medicamentos disponen de una fecha de vencimiento, lo que significa que deben ser desechados después de un cierto período de tiempo. Cuando los medicamentos se deterioran antes de su fecha de vencimiento debido a la falta de control adecuado las instituciones pertinentes incurren en pérdidas económicas significativas.

De continuar esta situación el costo de los medicamentos dañados y desechados, junto con el costo de reemplazarlos, puede ser alto y afectar la viabilidad financiera de las farmacias y centros de salud. Además, las pérdidas económicas también pueden afectar la operatividad de las instituciones que prestan servicios de atención médica y farmacéutica a los pacientes.

La “normativa técnica de buenas prácticas a establecimientos farmacéuticos detalla en el artículo 30.- Los establecimientos deben disponer de lo siguiente:

- a) Equipos medidores de temperatura y humedad relativa (termohigrómetros) debidamente calibrados; la verificación de las condiciones de humedad y temperatura se registrarán de conformidad a un procedimiento establecido y validado por el establecimiento. Los equipos empleados para el monitoreo de la temperatura y humedad deben ser revisados y calibrados periódicamente por instituciones acreditadas por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), de acuerdo al plan anual de calibración, calificación de equipos y del mantenimiento de las instalaciones determinado por el establecimiento, los resultados se archivarán adecuadamente” (LA DIRECCION EJECUTIVA DE LA AGENCIA NACIONAL DE REGULACION, CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA- ARCSA, 2018).

### **Objetivo general**

Desarrollar un sistema remoto para monitorear temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, mediante el uso de plataforma IoT.

### **Objetivos Específicos**

- Identificar la normativa vigente acerca del almacenamiento de fármacos en base a las normas técnicas de buenas prácticas en establecimientos farmacéuticos.
- Establecer la plataforma de IoT que permita la optimización en la comunicación remota.
- Diseñar la arquitectura de nodo sensor que permita la adquisición de datos de las variables de temperatura, humedad y luminosidad.
- Implementar el sistema de monitoreo remoto, bajo plataforma IoT.
- Ejecutar pruebas experimentales con los equipos mediante pruebas de funcionamiento para la validación de resultados.

## **Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos**

La implementación de un sistema de monitoreo remoto sobre las condiciones de almacenamiento de medicinas en centros médicos rurales, centros de salud, clínicas y hospitales de las cuatro regiones del Ecuador tiene múltiples beneficios para la sociedad y los beneficiarios directos de los servicios de salud. En primer lugar, garantiza la calidad de los medicamentos y, por lo tanto, la efectividad de los tratamientos médicos, lo que se traduce en una mejora en la salud de los pacientes que son tratados y suministrados con medicamentos, y por ende el bienestar de la población.

Es importante que se involucre a las comunidades locales en el discernimiento de este problema. Los pacientes y sus familias pueden ser socializados sobre la importancia del almacenamiento adecuado de las medicinas en cada establecimiento, de esta manera pueden involucrarse en el conocimiento de la gestión de los medicamentos, cerciorándose que se cumplen los protocolos de almacenamiento mediante los permisos que emite el ARCSA garantizando que las medicinas se mantengan en buenas condiciones ya que es una medida necesaria y valiosa para garantizar la estabilidad de la fórmula en la medicina utilizada para los tratamientos médicos, por otro lado en cada farmacia debe existir personal capacitado de manera permanente para cumplir la normativa vigente avalando que las medicinas se encuentren en condiciones óptimas de acopio.

Según el Boletín Técnico N°01-2022-RAS del (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2022) indica que en el año 2020 existieron 4136 establecimientos de salud entre públicos y privados a nivel nacional en donde se registraron 1.1 millones de ingresos por emergencia, 19747706 consultas de prevención, 26.3 millones de consultas por morbilidad, por lo tanto conociendo que la población según el INEC al 2021 es de 17.76 millones de personas en el Ecuador, se puede indicar que el presente trabajo beneficia a toda la población Ecuatoriana.

## CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Contextualización general del estado del arte

La plataforma IoT (Internet de las cosas), proporciona una solución eficiente para el monitoreo remoto, permitiendo supervisar y controlar las condiciones ambientales de forma continua y desde cualquier ubicación (Chanalata Encalada, 2022). IoT procesa, almacena los datos recibidos, y proporciona una interfaz de usuario para visualización y análisis de datos en tiempo real. Esta interfaz puede mostrar gráficas, alertas y notificaciones automáticas a través de correos electrónicos o mensajes de texto para informar a los responsables del almacenamiento sobre cualquier desviación en las condiciones ambientales establecidas. El monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento es de suma importancia para precautelar la estabilidad y eficacia de medicinas ya que debido a la naturaleza de estos no se encuentran datos de eventos suscitados que hayan culminado en daños de los medicamentos y/o intoxicación de pacientes, sin embargo existe una serie de normativas de la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) que rigen dentro del territorio nacional Ecuatoriano y que son de suma importancia para el monitoreo permanente de las bodegas, aún sin que existan personas in situ, por lo que el problema se centra en el campo de las ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable.

En el proyecto “Desarrollo de un sistema IoT de monitoreo de temperatura, humedad relativa y estado ON/OFF de un cuarto frío de Inversiones Medina Verbel S.A.S se implementó un sistema de monitoreo para analizar las variables de temperatura, humedad ambiente y estado ON/OFF de los dos compresores del sistema de refrigeración de la bodega de pescados y mariscos de la empresa Inversiones Medina Verbel S.A.S. Se identificaron las condiciones de diseño mediante un levantamiento de información en campo, se diseñó el sistema de monitoreo con arquitectura IoT mediante un sistema embebido ESP8266 el cual contiene una tarjeta Wi-Fi para el envío de la información recolectada de los sensores al servicio en la nube ThingSpeak™, para ser visualizada en una app móvil prototipo

desarrollada con MIT App Inventor. Como resultados se obtuvieron bases de datos en la nube ThingSpeak™ del histórico, medición instantánea y detección de límites críticos de temperatura y humedad ambiente del cuarto frío en diferentes periodos de tiempos desde el momento de la instalación, el monitoreo del estado de los compresores del sistema de refrigeración de forma remota, disponer de notificaciones de fallas por correo electrónico. Finalmente se realizó una comparación de los costos y beneficios asociados al sistema tradicional y el propuesto, encontrándose que el diseño propuesto es más económico en un lapso de un año, además el sistema tradicional solo cumple con un 13% de 100% de beneficios que ofrece el sistema diseñado” (Ibarguen Cabrera & Martinez Contreras, 2022).

En el artículo “Sistema de Monitoreo y Control de Variables del Entorno Doméstico Orientado a IoT muestra el desarrollo de un proyecto en basado en el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control automatizado para entornos domésticos que trabaja en función a los datos recogidos por diversos sensores (Luminosidad, Gas, Corriente eléctrica, Temperatura y Humedad) los cuales son visualizados en una aplicación móvil llamada BLYNK. Esto se logra gracias a la utilización de Arduino MKR1000 conectado a una red WLAN como solución inalámbrica orientada a IoT, el cual permite a través de redes de datos y sistemas de comunicación remota alcanzar beneficios importantes respecto al ahorro energético, económico y preservación de energías no renovables” (Mendoza Padilla & Marín Mendoza, 2018).

En el proyecto de titulación “diseño de un sistema iot basado en WSN para el monitoreo del almacenamiento de productos termo-sensibles en locales farmacéuticos que permitan la toma de decisiones se desarrolló un prototipo utilizando tecnologías libres como Arduino IDE complementando el hardware con placas microcontroladores del mismo fabricante con la finalidad de optimizar recurso y demostrar que se puede innovar y crear nuevas tecnologías con viabilidad económica diseñando un prototipo tiene la capacidad de monitorear la temperatura y humedad del ambiente donde se

encuentre implementado el sensor y de forma constante. El prototipo cuenta con una tarjeta microcontroladora NodeMCU que nos brinda la opción de conectarse a una red inalámbrica (Wi-Fi) mediante su tarjeta integrada a la placa” (Luna Chiriguaya & López Medina, 2023).

En el título “diseño de sensor iot de variables climáticas para cultivo aeropónico aplicado a lechuga presenta el diseño de un sensor electrónico para el monitoreo de variables climáticas en un sistema aeropónico a través de IoT basado en el microcontrolador ESP32-WROOM-32D. El sensor electrónico contempla las variables: temperatura y humedad relativa del ambiente, humedad relativa y temperatura en la hoja del cultivo y luminosidad. La configuración del microcontrolador se realiza mediante el envío de información mediante bluetooth desde una aplicación desarrollada para Android. La aplicación envía la configuración de SSID y contraseña del modem, API keys o Token, dispositivo o canal y variables que se desean monitorear, una vez enviada la información el microcontrolador entra en modo de funcionamiento enviando la información de los sensores configurados hacia las plataformas de ThingSpeak, Thinger.io, ThingsBoard y Ubidots” (Pineda Casas y otros, 2021).

En el proyecto “Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica se indica Se presenta el diseño e implementación de una red de sensores gestionada a través de la tecnología IoT (Internet of Things, Internet de las cosas). La red se utiliza en una aplicación simulada de Domótica. Se integran diferentes tecnologías como la tarjeta de desarrollo photon de particle<sup>®</sup> la cual coordina la comunicación con los diferentes sensores utilizados; Tecnología de cómputo en la nube, utilizando la aplicación Node Red de IBM<sup>®</sup> para hacer la programación de la interfaz gráfica de usuario a la cual se tiene acceso a través de una instancia en un servidor montado en IBM Cloud, proporcionando así la posibilidad de consultar en todo momento y lugar a través de una computadora o un teléfono inteligente el estado de funcionamiento de los sensores y el valor de las variables como temperatura, concentración de gases, estado de encendido/apagado de luminarios y

detección de movimiento en habitaciones. Se presentan detalles sobre la arquitectura del sistema y de los resultados obtenidos” (Pérez González et al., 2023).

Según (Cepeda Bolaños & Parra Balza, 2019) en el trabajo denominado “sistema de monitoreo y control de los parámetros en cuartos de almacenamiento de materiales explosivos mediante protocolos ZigBee y visualización HMI” muestra los diferentes procesos y procedimientos empleados en el desarrollo e implementación del dispositivo electrónico mediante sus diferentes etapas. Para ellos se utilizan sensores de precisión y módulos de control sofisticadas para el diseño, utilidad y requerimiento del proyecto, utilizó sensores de temperatura, humedad y detectores de Humo compatibles con el módulo de control implementado Atmega 328P mediante comunicación establecida se emplea con la infraestructura y red inalámbrica ZigBee, el mismo que aporta con el monitoreo de los cuartos de almacenamiento. (Cárdenas Quinapaxi, 2022) en su trabajo titulado “medidor electrónico de agua residencial con comunicación LPWAN y aplicación IoT”. Propone la recolección y visualización de la información del consumo de agua desde cualquier lugar y de manera inmediata, convirtiéndose en una alternativa idónea para mejorar los tiempos de ejecución en la recepción de los valores del consumo. Aportando con el procesamiento, visualización y almacenamiento de la información en base de datos.

La revolución tecnológica que implica la implementación de Industria 4.0 (Luna Chiriguaya & López Medina, 2023) obliga a utilizar la tecnología a monitorear las condiciones en las que la producción se lleva a cabo. Uno de los gases más peligrosos en el sector industrial es el Monóxido de Carbono, cuyo efecto en el cuerpo humano es el intoxicar los sistemas Así se presenta un sistema que permite monitorear cuatro variables ambientales (humedad relativa, monóxido de carbono, radiación térmica, luminosidad) que son variables importantes en ambientes industriales en donde se emplean motores. El sistema opera de forma inteligente mediante una herramienta de inteligencia artificial que permite clasificar (tomar decisiones) llamada árbol de decisión. Empleando WEKA, se probaron tres algoritmos para la construcción del árbol de decisión: J.48, Random Forest y Random Tree. El experimento arrojó

que el algoritmo J.48 obtuvo un promedio 99.86% de aciertos en la clasificación de todas las repeticiones. El algoritmo de Random Forest obtuvo 99.31% de la clasificación correcta. Mientras que Radom Tree tuvo 95.07% de clasificación correcta. Este sistema permite modificar el estado de un sistema de ventilación, refrigeración, semáforo de variables y lámpara de emergencia. Además, el sistema envía los datos colectados mediante Internet de las Cosas (IoT) a un cliente quien puede consultar la información en tiempo real, el cual nos aporta con las características y usos del IoT.

Este sistema de monitoreo se basa en la instalación de una red de sensores en las bodegas de almacenamiento, los cuales transmiten datos sobre temperatura, humedad y luminosidad a una plataforma centralizada de IoT, la que se encarga de procesar los datos y proporcionar información inmediata sobre las condiciones de almacenamiento, lo que permite a los usuarios tomar decisiones informadas acerca de la gestión de la cadena de suministro. Con esto, se logra mejorar la calidad y seguridad de los productos, evitando la redundancia en la supervisión y control de las condiciones de almacenamiento.

Es una inversión importante en la salud y el bienestar de la sociedad ecuatoriana, que se traducirá en una mejora significativa de la calidad de vida de los pacientes y en una gestión más eficiente y económica de los recursos médicos.

Se han desarrollado numerosos y diversos sistemas remotos de monitoreo utilizando tecnologías IoT para almacenamiento de diferentes productos. Sin embargo, en cuestión de productos médicos la información es limitada debido a la naturaleza y carácter confidencial de los mismos.

Los sensores se utilizan para medir la temperatura, la humedad y la luminosidad en la bodega. Estos sensores pueden ser inalámbricos y de bajo consumo de energía, lo que permite una fácil instalación y un monitoreo continuo sin interrupciones. Los datos recopilados por los sensores se transmiten a través de una red inalámbrica a una plataforma centralizada de IoT.

Algunos sistemas remotos de monitoreo también ofrecen capacidades de control, permitiendo a los usuarios ajustar los parámetros ambientales de forma remota, como la activación de sistemas de calefacción o refrigeración para mantener las condiciones adecuadas.

En cuanto a la implementación de la plataforma IoT se utilizan diversas tecnologías y protocolos de comunicación, como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee o LoRaWAN, dependiendo de los requisitos específicos del sistema y del alcance de la cobertura necesaria.

Estos sistemas suelen utilizar una combinación de sensores, dispositivos de conectividad y plataformas de software para recopilar, transmitir y analizar los datos ambientales.

## **1.2 Proceso investigativo metodológico**

La esencia fundamental del diseño metodológico radica en descubrir la solución óptima adaptada a las circunstancias específicas de cada caso. (Ruiz, 2022). De este modo, al finalizar con las posibles configuraciones del diseño, las cuales estarán condicionadas por el tipo de interrogantes planteadas en la investigación, el diseño metodológico conferirá una identidad distintiva, exclusiva y altamente específica.

La investigación inicial de naturaleza bibliográfica permite asimilar los fundamentos de los algoritmos que gestionan la planificación mediante protocolos de comunicación estableciendo así el monitoreo de las variables físicas. Para conseguir el objetivo del proyecto, se llevarán a cabo una serie de tareas esenciales que contribuirán al logro de la meta establecida.

La metodología Waterfall también conocido como modelo de desarrollo en cascada, consiste en la ejecución de la investigación de manera secuencial y lineal. Inicialmente, se elabora una lista de requisitos que el producto final debe cumplir. Una vez que esta interacción ha tenido lugar, no se necesita abarcar nuevamente el proceso de diseño por lo que el proyecto pasa a la fase de desarrollo, conforme una serie de tareas en una secuencia establecida. Cabe destacar que cada tarea se lleva a

cabo en orden cronológico, sin que una nueva tarea comience hasta que la anterior haya sido completada.

## CAPÍTULO II: PROPUESTA

### 2.1 Fundamentos teóricos aplicados

El Internet de las Cosas (IoT) representa un conjunto de dispositivos conectados entre sí que recopilan y transmiten datos a través de internet sin la intervención humana. Estos dispositivos pueden ser desde sensores en la calle hasta electrodomésticos en el hogar. El IoT tiene un gran potencial en el monitoreo remoto, ya que permite el acceso a información en tiempo real desde cualquier rincón del globo terráqueo.

En el monitoreo remoto, el IoT puede utilizarse para controlar y supervisar dispositivos y sistemas a distancia. Por ejemplo, los dispositivos de medición de temperatura y humedad en farmacias, centros de salud pueden monitorear las condiciones ambientales y enviar alertas en tiempo real si se detecta algún cambio que pueda afectar la producción. Además, los dispositivos IoT pueden monitorear el gasto energético y la utilización de los recursos, lo que permite una mejor gestión y un ahorro de costos.

Otro ejemplo de aplicación del IoT en el monitoreo remoto implica la preservación de la salud. Los equipos de seguimiento de la salud, como los relojes inteligentes y los monitores de presión arterial, pueden recopilar y transmitir datos acerca del estado de salud de los pacientes a los especialistas médicos en tiempo real. Esto permite una atención médica más eficiente y personalizada, así como un seguimiento más preciso del estado de salud de los pacientes.

En el sector de la agricultura, el IoT también puede ser utilizado para el monitoreo remoto. Los sensores en el suelo y las plantas pueden proporcionar información sobre el crecimiento de los cultivos, el nivel de humedad y la calidad del suelo. Con esta información, los agricultores pueden tomar decisiones más informadas sobre el riego y la fertilización, lo que puede incrementar la eficiencia de la producción y disminuir los gastos.

El IoT tiene un gran potencial en el monitoreo remoto. Al permitir la información instantánea desde cualquier punto del globo terrestre, los dispositivos IoT pueden mejorar la efectividad y la exactitud en diversos ámbitos, desde la producción industrial hasta la atención médica y la agricultura. A medida que la tecnología IoT continúa evolucionando, es probable que veamos un mayor uso de esta tecnología en el monitoreo remoto en el futuro.

### **2.1.1 Internet de las cosas**

En la actualidad, la estructura informativa basada en la red de Internet posibilita el comercio de bienes y prestación de servicios entre la totalidad de los componentes, dispositivos y elementos enlazados a la red. La red global puede ser vista como una plataforma incluso para los dispositivos que intercambian datos de forma electrónica y comparten información precisa con su contexto. Internet puede ser reconocida como una plataforma incluso para los dispositivos que se comunican de manera electrónica y comparten datos e información especializada con su entorno. Por ende, la Internet de las Cosas (IoT) podría ser comprendida como una auténtica progresión de lo que entendemos como la red mundial, incorporando una interconexión más extensa, una comprensión mejorada de los datos y una oferta más abarcadora de servicios inteligentes.

“IoT” Se trata de la fusión o intercambio de dispositivos tecnológicos que tienen la capacidad de conectarse a través de internet o redes establecidas. En el ámbito industrial, estos dispositivos tecnológicos comprenden principalmente sensores, actuadores y controladores de proceso. Incluso se podría concebir como una plataforma para la distribución de datos e información especializada (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021)

### **2.1.2 Monitoreo remoto a través de IoT**

La Internet de las Cosas (IoT), denominada así por su acrónimo en inglés, se trata de una red de aparatos entrelazados que recopilan y transmiten datos a través de internet sin la intervención humana.

Estos dispositivos pueden ser desde sensores en la calle hasta electrodomésticos en el hogar. El IoT tiene un gran potencial en el monitoreo remoto, ya que permite el acceso a información actualizada instantáneamente desde cualquier rincón del planeta.

En el monitoreo remoto, el IoT puede utilizarse para controlar y supervisar dispositivos y sistemas a distancia. Por ejemplo, los dispositivos que captan cambios de temperatura y niveles de humedad en farmacias, centros de salud pueden monitorear las condiciones ambientales y enviar alertas en tiempo real si se detecta algún cambio que pueda afectar la producción. Además, los dispositivos IoT pueden monitorear el gasto energético y la utilización de materiales, lo que permite una mejor gestión y un ahorro de costos.

Otro ejemplo de aplicación del IoT en el monitoreo remoto es la preservación de la salud. Los aparatos de seguimiento de la salud, como los relojes inteligentes y los monitores de presión arterial, pueden recopilar y transmitir datos acerca de la condición de salud de los pacientes a los expertos en medicina en tiempo real. Esto permite una atención médica más eficiente y personalizada, así como un seguimiento más preciso del estado de salud de los pacientes.

En el sector de la agricultura, el IoT también puede ser utilizado para el monitoreo remoto. Los sensores en el suelo y las plantas pueden proporcionar información sobre el crecimiento de los cultivos, el nivel de humedad y la calidad del suelo. Con esta información, los agricultores pueden tomar decisiones más informadas sobre el riego y la fertilización, lo que puede optimizar la fabricación y disminuir los gastos. El IoT tiene un gran potencial en el monitoreo remoto. Al permitir el acceso a información en tiempo real desde cualquier rincón del planeta, los dispositivos IoT pueden mejorar la efectividad y la exactitud en diversos ámbitos extensos, desde la producción industrial hasta la atención médica y la agricultura. A medida que la tecnología IoT continúa evolucionando, es probable que veamos un mayor uso de esta tecnología en el monitoreo remoto en el futuro.

La Internet de las Cosas, comúnmente abreviada como IoT en inglés, tiene aplicaciones en diversos sectores, como salud, control de tráfico, administración de flotas, agricultura, hospitalidad, redes inteligentes, eficiencia energética, abastecimiento de agua, electrónica de supervisión y regulación.

### **2.1.3 Aplicaciones de IoT**

La Internet de las Cosas (IoT) constituye una tecnología que posibilita la vinculación de dispositivos a la red para intercambiar y recolectar información. Estos dispositivos abarcan desde sensores hasta electrodomésticos y vehículos. La gama de aplicaciones y servicios que puede ofrecer es virtualmente infinita y puede ajustarse a diversos ámbitos de la actividad humana, simplificando y enriqueciendo la calidad de vida en múltiples aspectos (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021). IoT tiene el potencial de elevar la calidad de vida en múltiples dimensiones. Diversas aplicaciones y prestaciones basadas en esta tecnología abarcan:

#### **2.1.3.1 Fabricación Inteligente**

La fabricación inteligente, que implica el uso de dispositivos sensoriales para regular y vigilar los procedimientos de manufactura. Estos sensores incluyen medidas como humedad, temperatura, movimiento, fuerza, carga y niveles, además de utilizar técnicas de reconocimiento visual y detección basada en sonido y vibración. Se exploran aspectos como funcionalidades compuestas, supervisión inteligente de robots, mejora de procedimientos, detección de pautas, automatización del aprendizaje y evaluación anticipada, con el objetivo de mejorar la eficiencia en la fabricación. Además, se consideran la logística móvil y la gestión de almacenes para prevenir la sobreproducción y lograr una logística más efectiva en la industria (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021).

#### **2.1.3.2 Compras Inteligentes**

Compras inteligentes, se centra en la capacidad de los dispositivos para establecer conexión a Internet y compartir información. Esta idea engloba la utilización de tecnologías como RFID y etiquetas

electrónicas junto con lectores, así como la aplicación de códigos de barras en el ámbito minorista. La gestión de inventarios se vuelve fundamental en el contexto de las compras inteligentes, así como la supervisión de la procedencia geográfica y la calidad de los productos, particularmente en lo que respecta a alimentos y su seguridad (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021).

#### **2.1.3.3 Edificaciones Sofisticadas**

Edificaciones conectadas y sofisticadas que incrementan tanto la eficiencia como la seguridad. Además, engloba soluciones domóticas que viabilizan la administración remota de electrodomésticos y la supervisión de la salud y la educación en el hogar. También incluye sistemas de generación y almacenamiento de energía que pueden resultar en ahorros energéticos significativos. Asimismo, integra termostatos inteligentes, dispositivos de identificación de presencia de humo y señales de alerta, implementaciones para gestionar ingresos, sistemas de cierre automatizadas y dispositivos incorporados en la estructura edilicia a fin de brindar orientación en situaciones de emergencia y asistencia. A su vez, abarca servicios de transmisión por cable o satélite, así como la función de apagado automático de dispositivos electrónicos cuando no se encuentren en uso.

#### **2.1.3.4 Ciudades inteligentes**

La interconexión de objetos mediante el Internet de las Cosas (IoT) y la tecnología inteligente están transformando ciudades y transporte con mejoras que incluyen seguridad integrada, optimización del transporte, gestión inteligente de estacionamiento y tráfico, regulación de semáforos según el flujo vehicular, seguimiento de vehículos estacionados en exceso, redes energéticas y de agua inteligentes, riego y mantenimiento de áreas verdes, contenedores de basura inteligentes, control ambiental, retroalimentación ciudadana inmediata, gobernanza inteligente, votación electrónica, monitoreo de accidentes y respuesta en emergencias.

#### **2.1.3.5 Educación y Aprendizaje**

La tecnología ofrece la ventaja del aprendizaje continuo, permitiendo a los estudiantes adaptarse a sus horarios mediante la posibilidad de aprender en cualquier momento y lugar. Además, ha posibilitado la adquisición de habilidades en lenguajes extranjeros, brindando numerosos recursos en línea para tal fin. En términos de asistencia académica, la tecnología desempeña un papel valioso, ya que los docentes pueden emplear software especializado para monitorizar la asistencia estudiantil, lo cual resulta especialmente beneficioso para aquellos alumnos con dificultades para asistir a clases presenciales.

#### **2.1.3.6 Electrónica de consumo**

La electrónica de consumo ha experimentado avances significativos, especialmente en dispositivos como los teléfonos inteligentes y las televisiones inteligentes. Estos aparatos modernos ofrecen diversas funcionalidades, desde cámaras avanzadas hasta la capacidad de conectarse a la web y controlar otros dispositivos. Laptops, computadoras y tabletas también se han vuelto más inteligentes, con procesadores veloces y pantallas brillantes, mientras que electrodomésticos como refrigeradores y lavadoras se pueden controlar desde smartphones, ahorrando tiempo y energía. Además, sistemas de cine en casa, dispositivos inteligentes para el hogar, sensores para mascotas y gafas inteligentes son ejemplos de cómo la tecnología ofrece comodidades, autonomía y personalización en múltiples aspectos de la vida cotidiana

#### **2.1.3.7 Medicina y salud**

El campo de la salud se beneficia de diversas tecnologías y enfoques para el seguimiento y mejora de la salud en personas con enfermedades crónicas. Entre estas tecnologías se encuentran rastreadores de actividad, diagnóstico a distancia, dispositivos como pulseras y cinturones interactivos, etiquetas inteligentes para medicamentos, biochips, interfaces cerebro-computadora y monitoreo de hábitos

alimentarios. Estas innovaciones persiguen el propósito de elevar tanto la calidad de atención médica como el bienestar de las personas afectadas por afecciones crónicas

#### **2.1.3.8 Automotriz**

En el ámbito automotriz, se emplean diversas tecnologías y enfoques para optimizar la eficiencia, seguridad y confort de los vehículos. Estos abarcan desde la regulación del tráfico hasta la supervisión sin cables de la presión en los neumáticos, la gestión inteligente de la energía y la regulación, el autoevaluación, dispositivos sensibles como acelerómetros, elementos de localización, detección de presencia y cercanía, análisis en tiempo real para seleccionar la ruta óptima, localización vía GPS, control de velocidad del automóvil y la implementación de vehículos autónomos, los cuales aprovechan los servicios de la Internet de las Cosas (IoT).

#### **2.1.3.9 Agrícola**

En el ámbito agrícola y medioambiental, los sensores inteligentes tienen un papel crucial al medir y controlar la polución medioambiental, abarcando CO<sub>2</sub>, ruido y sustancias perjudiciales. Estos dispositivos de detección también son utilizados para anticipar variaciones climáticas. Los distintivos de identificación por radiofrecuencia (RFID) se integran con productos agrícolas y se incorporan sensores en palets para optimizar la gestión de residuos. Además, se realizan cálculos con información de valor nutricional para elevar la excelencia de los artículos cultivados

#### **2.1.3.10 Servicios energéticos**

Dentro del sector de los servicios energéticos, se emplean soluciones inteligentes para la medición y regulación del uso de energía. Las redes de energía inteligentes y el análisis de pautas de consumo energético se aplican con el fin de anticipar las direcciones y demandas venideras en cuanto a energía. Además, las redes de sensores sin cables se están aprovechando para potenciar tanto la generación como el reciclaje de energía

#### **2.1.4 Plataformas IoT**

Las infraestructuras de la Internet de las Cosas (IoT) emergen como un catalizador transformador en diversos ámbitos. Estas plataformas posibilitan la conexión y comunicación fluida entre dispositivos y sistemas previamente desconectados, ofreciendo un entorno donde la recopilación y evaluación de información en tiempo actual brindan nuevas oportunidades con miras a la optimización de procesos, la toma de decisiones informada y la creación de experiencias más eficientes y personalizadas.

##### **2.1.4.1 Thinkspeak**

ThingSpeak constituye una herramienta de análisis de datos basada en Matlab Analytics y orientada al Internet de las Cosas (IoT), caracterizada por su código abierto. Esta plataforma desempeña la función de procesar datos en la nube de manera efectiva. A intervalos de 15 segundos, se lleva a cabo la representación de los datos captados por los dispositivos de detección, los cuales emiten datos a través de este sistema. Una particularidad importante radica en la capacidad de interactuar con estos datos, permitiendo tomar acciones en respuesta a ellos.

La función principal de ThingSpeak es recolectar los datos de los sensores y almacenarlos en canales que pueden ser tanto privados como públicos en la nube. A partir de esta recopilación, se habilita la posibilidad de emplear herramientas proporcionadas por Matlab para llevar a cabo análisis en profundidad. A través de estas herramientas, es viable generar nuevos datos calculados a partir de los datos recogidos, ampliando así la comprensión del entorno monitoreado.

Un rasgo distintivo de ThingSpeak reside en su capacidad de integración con las redes sociales, permitiendo que los datos sean compartidos y se interactúe con ellos en plataformas sociales. Además, el sistema posibilita la configuración de acciones específicas, lo que implica la habilidad de controlar dispositivos conectados a la plataforma de manera remota (Tumalle & Ramirez, 2021).

De acuerdo a los datos proporcionados en la página web oficial de (Mathworks, 2023), se pueden destacar diversas capacidades que la plataforma ofrece:

- Facilitar la configuración de dispositivos para transmitir información a ThingSpeak mediante protocolos comunes en el ámbito del IoT.
- Visualizar de forma inmediata datos en tiempo real.
- Incorporar datos a solicitud desde fuentes externas.
- Aprovechar la potencia de MATLAB para interpretar los datos generados por dispositivos del Internet de las Cosas.
- Automatizar análisis específicos de IoT en base a programaciones predefinidas o eventos particulares.
- Desarrollar prototipos y sistemas de IoT sin la necesidad de establecer servidores o crear aplicaciones web desde cero.
- Actuar de manera automática en respuesta a los datos y establecer comunicación a través de servicios externos, como Twilio o Twitter.

#### **2.1.4.2 Ubidots**

Ubidots representa una plataforma de Internet de las Cosas (IoT) que administra y faculta la toma de decisiones para empresas de integración de sistemas a nivel mundial haciendo posible a los desarrolladores establecer un espacio en la nube que es rentable, confiable y operativo dentro del contexto de un conjunto de plataformas de Internet de las Cosas (IoT). Su enfoque principal se dirige hacia soluciones interconectadas de hardware y software, destinadas a supervisar, regular e implementar la automatización de procedimientos de manera remota en diversos ámbitos, incluyendo salud, energía, industria, fabricación, servicios públicos y transporte.

La plataforma ofrece múltiples ventajas fundamentales, entre las cuales se encuentra la capacidad para crear aplicaciones de variada complejidad, como también se especializa en soluciones integradas

diseñadas para la gestión remota de procesos. La plataforma permite la transferencia de datos provenientes de sensores hacia la nube, la configuración de paneles de control y la generación de alertas, facilita la interconexión con otras plataformas, la utilización de herramientas analíticas y la representación visual de datos en tiempo real mediante mapas.

#### **2.1.4.2.1 Ubidots como sistema de información en la nube**

El desarrollo actual se centra en instauración de un sistema remoto de supervisión de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de medicinas, haciendo uso de la plataforma IoT. Para llevar a cabo esta tarea, se ha optado por la utilización de la reconocida plataforma Ubidots, la misma que ha sido seleccionada por su eficacia en la monitorización de datos.

Ubidots permite a los usuarios la transmisión de datos de manera efectiva hacia la nube, habilitando la posibilidad de visualizar dichos datos en tiempo real desde cualquier aparato con capacidad de acceder a la red y a su vez a permitido implementar una solución basada en IoT para realizar un seguimiento constante de los niveles de humedad, temperatura y luminosidad, junto con otros parámetros relevantes en las bodegas de almacenamiento de productos médicos. Este enfoque nos permite tomar medidas oportunas y pertinentes en caso de que se presenten condiciones que requieran intervención, resultando ser la elección idónea para respaldar la recolección y evaluación de información cruciales en nuestro sistema de monitoreo, optimizando así la calidad y seguridad de las medicinas (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021).

La plataforma de IoT se dedica a ofrecer soluciones tanto en términos de hardware como de software de manera especializada, enfocándose en el monitoreo, control y automatización remota de procesos en diversos areas como el sector de la salud, la energía y el ámbito industrial, la manufactura, los servicios públicos y el transporte, la cual ofrece una extensa variedad de ventajas, como la interconexión de la parte física con la nube y distintos conjuntos de recursos para su uso, posibilitando la automatización de la configuración de variables y la adecuación de las características y aspecto que

presenta en los dispositivos, replicando este procedimiento en dispositivos recién creados de manera automática. Además, otorga la capacidad de modificar la API "Interfaz de Programación de Aplicaciones" y el control para la evaluación de información de aplicaciones a través de incorporaciones de API.

La plataforma también faculta la conversión de los datos nativos en información que se traduce en variables sintéticas, así como la creación de tableros de control analizados en tiempo real, los cuales resultan esenciales con el propósito de examinar y regular información en los dispositivos. Ubidots enriquece la capacidad de intercambiar información a través de conexiones de acceso abierto o la integración de tableros de control o elementos visuales en aplicaciones web de carácter privado y para dispositivos móviles. Adicionalmente, ofrece alternativas de "interruptor de apagado" o "reinicio" que se ponen en funcionamiento cuando el hardware ha estado inactivo durante un lapso extenso. Igualmente, Ubidots permite la configuración de autorizaciones y restricciones para cualquier individuo que pretenda participar con los comandos, aparatos y/o sucesos.

Ubidots emplea cuatro conceptos fundamentales para la gestión de información en la nube: Origen de Datos, Parámetro, Medida y Suceso. A continuación, se presenta una explicación detallada de cada uno de estos términos:

- Origen de Datos: administra una colección de datos en relación con un dispositivo, en el cual cada fuente de datos emplea una o más categorías.
- Parámetro: supervisa un conjunto de información que experimenta cambios a lo largo del tiempo.
- Medida: representa el valor actual de un parámetro en un instante específico.
- Suceso: posibilita la ejecución de una actividad en un momento particular. Facilita el involucramiento con cada uno de los componentes en Ubidots a través de su Interfaz de Programación de Aplicaciones (API), por lo tanto, es factible crear, modificar o eliminar cualquier componente presente.

#### **2.1.4.2.2 APPI HTTP de Ubidots**

La Interfaz de Programación de Aplicaciones (API) mediante HTTP de Ubidots puede ser alcanzada tanto a través del uso de HTTP como por medio de la utilización de URL. HTTP se define como un protocolo en la web que permite el intercambio de datos en la nube. Para entrar en la API de Ubidots, es posible emplear una dirección URL o generar una petición mediante el protocolo HTTP.

La plataforma opera con cuatro procedimientos clave en el marco de protocolo HTTP, los cuales son:

- Obtener: Empleado para la lectura de datos.
- Publicar: Utilizado para la generación de datos.
- Poner: Aplicado para la modificación de datos.
- Suprimir: Utilizado para la eliminación de datos

El protocolo HTTP opera como un sistema de petición y respuesta, implicando que el servidor proporciona una respuesta a cada requerimiento efectuado. Esta respuesta se compone de un código numérico junto con un contenido, es decir, un dispositivo emite una petición "GET" al servidor de Ubidots, lo cual indica que busca obtener el valor más reciente e la variable en cuestión. Una vez que el servidor emite una respuesta que muestra el estado de la petición, el dispositivo es capaz de analizar y manejar dicha respuesta en consecuencia (Espinosa Apolo & Orellana Guayas, 2021).

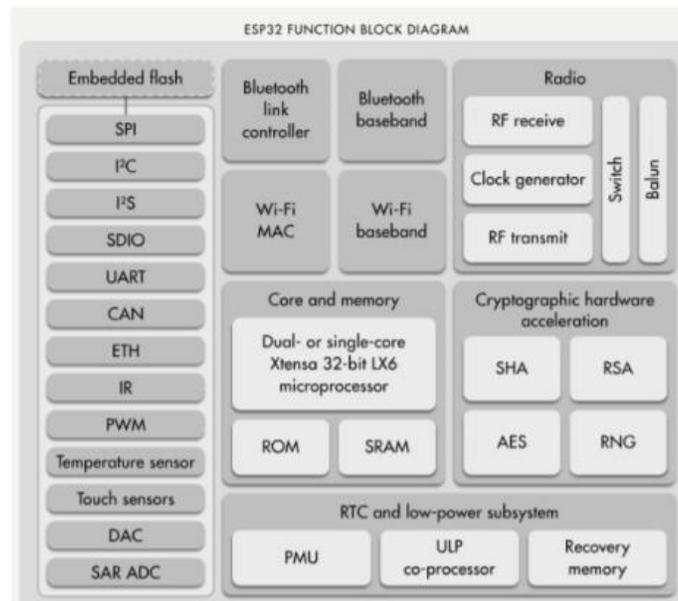
#### **2.1.5 Tarjetas de desarrollo IoT**

##### **2.1.5.1 ESP32 – ESP8266**

La NodeMCU (Unidad de Microcontrolador) es una placa de desarrollo de naturaleza de código abierto, abarcando tanto aspectos de software como de hardware. Esta placa ha sido concebida con el propósito de simplificar la programación del microcontrolador que la gobierna. El Sistema en un Chip (SoC) que lidera esta placa es el ESP32-D0WDQ6, el cual está centrado en el microcontrolador Tensilica Xtensa LX6, caracterizado por ser de doble núcleo y contar con una arquitectura de 32 bits.

**Figura 1**

Esquema de bloques del Sistema en un Chip (SoC) ESP32



**Nota:** Representación gráfica de la disposición interna, incluyendo CPU, memoria, controladores de periféricos, conectividad inalámbrica y funciones de seguridad.

El ESP8266 es un módulo de conectividad inalámbrica altamente integrado que combina funcionalidades de procesamiento, conectividad Wi-Fi y capacidades de microcontrolador en una sola unidad compacta. Este módulo ofrece una solución rentable para habilitar la comunicación y la interacción con dispositivos y sistemas a través de redes Wi-Fi, esto lo convierte en una elección ampliamente preferida para aplicaciones relacionadas con el Internet de las Cosas (IoT), automatización del hogar y proyectos de electrónica que requieren conectividad en línea.

### 2.1.5.2 Tarjeta Argon Wifi

Particle Argon se presenta como una placa de desarrollo versátil, programable y adaptable, que se desempeña tanto como un dispositivo dotado de conectividad WiFi, como un núcleo central para funcionar como repetidor, nodo terminal o puerta de enlace en las redes mesh de Particle. La columna vertebral del Argon es el procesador principal Nordic nRF52840 de 32 bits, operando a 64MHz,

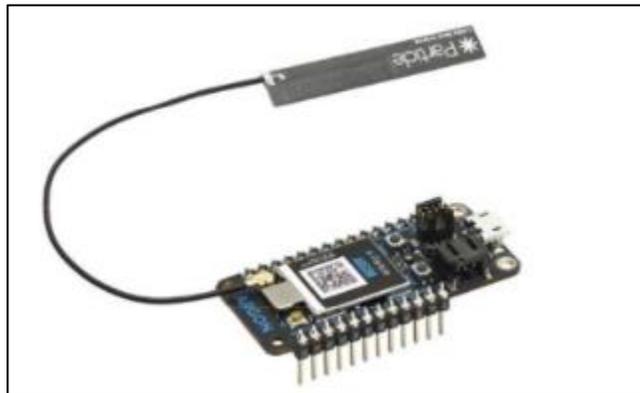
acompañado por 1MB de memoria flash y 256KB de RAM. Complementando esta potencia, integra el coprocesador Espressif ESP32-D0WD que habilita la conectividad WiFi a 2.4 GHz con 4MB de memoria flash, compatible con los estándares 802.11 b/g/n.

Esta tarjeta se caracteriza por ofrecer un conjunto robusto de interfaces: un total de 20 puertos GPIO, de los cuales 14 son de naturaleza digital y 6 se destinan a señales analógicas. Además de su funcionalidad WiFi, el Argon amplía su utilidad al incorporar soporte para Bluetooth 5 e IEEE 802.15.4-2006.

El Argon desempeña un papel fundamental al permitir la conexión fluida de proyectos a la nube de Particle, así como actuar como puerta de enlace para consolidar un grupo de nodos terminales y enlazarlos con la nube de manera eficaz.

## Figura 2

Placa Particle Argon Wifi



**Nota:** Microcontrolador de desarrollo creado con el propósito de ser utilizado en aplicaciones del “Internet de las cosas” (IoT) equipado con conectividad inalámbrica Wi-Fi y capacidad de programación.

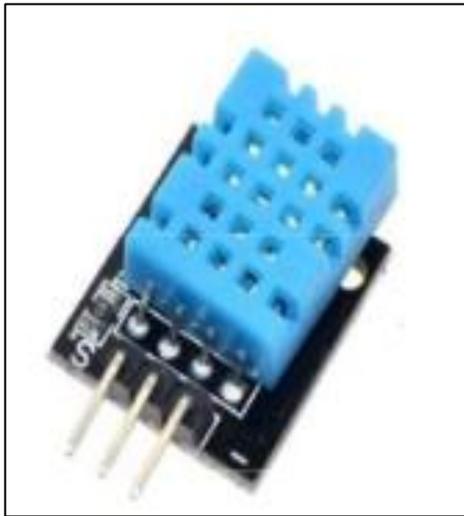
## 2.1.6 Sensores climáticos

### 2.1.6.1 Sensor DHT11

Se empleó el sensor DHT11 para capturar las condiciones de temperatura y nivel de humedad ambiente, como ilustra la Figura 3. El DHT11 es un componente sensorial de propósito general que combina la capacidad de medir tanto la temperatura ambiente como la humedad relativa en un solo dispositivo. Su diseño compacto y su capacidad para proporcionar lecturas precisas lo convierten en una herramienta esencial para aplicaciones que requieren un seguimiento y control precisos de las condiciones ambientales. Su capacidad de adquisición se extiende hasta 1 muestra por segundo, generando una señal digital como salida. Ver las características del sensor en la tabla 1.

#### Figura 3

DHT11 Dispositivo para medir la temperatura y humedad ambiental



**Nota:** Instrumento de detección de las condiciones de temperatura y humedad ambiental de tamaño compacto, capaz de proporcionar mediciones precisas y confiables en una variedad de entornos y aplicaciones.

**Tabla 1**

Características técnicas del Sensor DHT11

Característica	Sensor DHT11
$3Vd \leq Vcc \leq 5Vdc$	Alimentación
Digital	Señal de salida
0°C - 50°C	Rango de Temperatura
$\pm 2$ °C	Precisión de Temperatuta
0.1°C	Resolución de Temperatura
20% - 90%	Rango de medida Humedad
4%	Precisión Humedad
1%	Resolución Humedad

**Nota:** Las características técnicas del Sensor DHT11 abarcan la medición de temperatura y humedad a través de una interfaz digital eficiente, ofreciendo una solución compacta y versátil para diversas aplicaciones.

#### 2.1.6.2 Sensor LDR

Las fotorresistencias LDR, conocidas por su capacidad de modificar su resistencia según la intensidad luminosa, desempeñan un papel primordial en la automatización lumínica dentro del contexto vehicular. Su principal aplicación radica en la optimización de la iluminación. Su funcionamiento es de simplicidad evidente: estas fotorresistencias constituyen elementos electrónicos capaces de ajustar su resistencia interna en proporción a la luminosidad que incide sobre ellas. Esta alteración en la resistencia se traduce en una serie de posibilidades para ser implementada como variable en circuitos electrónicos, permitiendo así discernir su rendimiento. En el contexto automovilístico, la luminosidad externa

desempeña un rol determinante en la activación de las luces del vehículo. Cuando la luminosidad se reduce, el sistema detecta esta disminución y en respuesta, el automóvil enciende las luces, garantizando así una mejora en la visibilidad.

#### **Figura 4**

Fotorresistencia o LDR



**Nota:** Dispositivo fotosensible que varía su resistencia en respuesta a la intensidad de la luz ambiental, utilizado en circuitos de detección luminosa y automatización.

## **2.2 Descripción de la propuesta**

### **a. Estructura General**

Los artículos 131, 132, 142, 178, 259 de la “Ley orgánica de Salud” indican: “Art. 131.- El cumplimiento de las normas de buenas prácticas de manufactura, almacenamiento, distribución, dispensación y farmacia, será controlado y certificado por la autoridad sanitaria nacional.

Art. 132.- Las actividades de vigilancia y control sanitario incluyen las de control de calidad, inocuidad y seguridad de los productos procesados de uso y consumo humano, así como la verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos y sanitarios en los establecimientos dedicados a la producción, almacenamiento, distribución, comercialización, importación y exportación de los productos señalados.

Art. 142.- (Sustituido por el num. 2 de la Disposición Reformativa Séptima de la Ley s/n, R.O. 652-S, 18-XII-2015). - La entidad competente de la autoridad sanitaria nacional realizará periódicamente inspecciones a los establecimientos y controles posregistro de todos los productos sujetos a notificación o registro sanitario, a fin de verificar que se mantengan las condiciones que permitieron su otorgamiento, mediante toma de muestras para análisis de control de calidad e inocuidad, sea en los lugares de fabricación, almacenamiento, transporte, distribución o expendio. Si se detectare que algún establecimiento usa un número de notificación o registro no asignado para el producto, o distinto al que corresponda, la entidad competente de la autoridad sanitaria nacional suspenderá la comercialización de los productos, sin perjuicio de las sanciones de ley.

Art. 178.- Los establecimientos de producción, almacenamiento, envase o expendio de productos naturales de uso medicinal y de medicamentos homeopáticos, requieren para su instalación y funcionamiento del permiso otorgado por la autoridad sanitaria nacional

Art. 259.- Para efectos de esta Ley, se entiende por:

Acreditación de servicios de salud.- Es el proceso voluntario realizado con regularidad y periodicidad, de carácter reservado, a través del cual un servicio de salud, independientemente de su nivel es evaluado por un organismo técnico calificado, de acuerdo a un conjunto de normas que describe las actividades y estructuras que contribuyen en forma directa a los resultados deseados para los pacientes-usuarios, el cumplimiento de estas normas busca alcanzar un óptimo nivel de calidad de atención teniendo en cuenta los recursos disponibles” (Ley orgánica de Salud, 2022)

Así como también en “Norma Técnica de buenas prácticas a establecimientos farmacéuticos” se indica “Art. 12.-El personal que trabaja en áreas críticas del establecimiento en donde se manipulen productos altamente sensibilizantes, productos o medicamentos biológicos, medicamentos que contengan sustancias catalogadas sujetas a fiscalización, productos que necesiten cadena de frío y/o congelación, productos que requieren condiciones de protección de luz (fotosensibles), entre otros;

recibirá programas especiales de capacitación, respecto a la gestión de su almacenamiento, distribución y/o transporte

Art. 25.-Las instalaciones deben disponer de ventilación e iluminación adecuada, suministro de electricidad seguro y de suficiente capacidad para permitir un eficiente desarrollo de las actividades, así como de un sistema de iluminación de emergencia. Se evitarán las ventanas grandes, a fin de conservar la temperatura del interior del área de almacenamiento y evitar el ingreso de agentes externos, como los descritos en el artículo precedente

Art. 27.-Los establecimientos deben contar con capacidad suficiente para permitir un adecuado almacenamiento de los productos, a fin de minimizar confusiones y riesgos de contaminación y permitir una rotación ordenada de los inventarios, para lo cual contarán con áreas rotuladas y delimitadas para:

- a) Recepción;
- b) Cuarentena;
- c) Productos aprobados;
- d) Medicamentos que contengan sustancias catalogadas sujetas a fiscalización, cuando aplique;
- e) Cámaras frías, cuartos fríos o equipos sub cero, en productos que requieren para su almacenamiento de condiciones especiales de temperatura;
- f) Materiales inflamables, productos fotosensibles, productos radioactivos, productos citotóxicos, explosivos y otros similares, cuando aplique;
- g) Despacho;
- h) Rechazos y bajas;
- i) Devoluciones y retiro del mercado;
- j) Impresiones (cuando aplique); y,
- k) Almacenamiento temporal o Cross docking (cuando aplique)

Art. 30.-Los establecimientos deben disponer de lo siguiente:

a) Equipos medidores de temperatura y humedad relativa (termohigrómetros) debidamente calibrados; la verificación de las condiciones de humedad y temperatura se registrarán de conformidad a un procedimiento establecido y validado por el establecimiento. Los equipos empleados para el monitoreo de la temperatura y humedad, deben ser revisados y calibrados periódicamente por instituciones acreditadas por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE), de acuerdo al plan anual de calibración, calificación de equipos y del mantenimiento de las instalaciones determinado por el establecimiento, los resultados se archivarán adecuadamente. Se excluye de la utilización de estos equipos a las distribuidoras de gases medicinales.

Art. 42.-Los establecimientos garantizarán que los productos mencionados en el objeto de la presente normativa sean almacenados según las condiciones de temperatura y humedad detalladas por el fabricante, mismas que deben corresponder a aquellas aprobadas en el proceso de registro sanitario. Estas condiciones permitirán mantener y asegurar la estabilidad de dichos productos.

Art. 43.-Se realizará un estudio de las condiciones ambientales (mapeo) de la bodega de almacenamiento, para localizar los puntos críticos de fluctuación de temperatura y humedad relativa (la más alta y la más baja). Dicho estudio se monitoreará por lo menos durante siete (7) días consecutivos, mínimo tres (3) veces al día y se repetirá cada tres (3) años, o antes si se han realizado modificaciones que afecten las condiciones de almacenamiento, de lo cual se debe contar con los respectivos registros. Se excluye del estudio de mapeo a las distribuidoras de gases medicinales.

Este estudio determinará la ubicación de los diferentes tipos de productos en esta área, de acuerdo con las condiciones de almacenamiento aprobadas en el proceso de obtención del registro sanitario.

El estudio de mapeo no excluye que en el establecimiento se deba realizar el control diario y continuo de temperatura y humedad con registros de mínimo 3 veces al día.

Art. 56.-Los establecimientos deben aprobar y mantener vigentes los siguientes documentos, que serán conocidos y accesibles al personal involucrado en el sistema de almacenamiento:

a) Manual de organización y funciones; y,

b) Procedimientos Operativos Estándar (POEs) de acuerdo a la actividad que se realice, como: recepción; almacenamiento; control de inventarios que permitan la conciliación y trazabilidad por lote de las cantidades recibidas contra las cantidades distribuidas; inspección y muestreo de productos; condiciones de almacenamiento; almacenamiento, distribución y/o transporte de medicamentos que contienen sustancias catalogadas sujetas a fiscalización (cuando aplique); reclamos; devoluciones; retiro de productos del mercado; bajas; vestimenta y equipo de protección para el personal en almacenes; capacitación del personal; mantenimiento preventivo de cámaras frías, cuartos fríos, equipos sub cero y almacenes; procedimientos de limpieza y mantenimiento de las unidades de transporte; embalaje y empacado de producto terminado; control y limpieza de la cámara fría, cuartos fríos, equipos sub cero; entrada y salida de personal; medición de temperatura y humedad de las áreas de almacén, calibración de instrumentos, programa de control de plagas, entre otros.

Art. 69.-Es responsabilidad del establecimiento:

- a) Disponer de la infraestructura necesaria para garantizar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Almacenamiento, Distribución y Transporte en el proceso de transporte de los productos;
- b) Asegurar que los productos sean transportados siguiendo procedimientos operativos que garanticen su integridad y mantengan las condiciones de almacenamiento;
- c) Que tanto los productos como los cartones o recipientes que los contienen conserven su identificación;
- d) Que no se encuentren contaminados por otros materiales, para lo cual se los ordenará según el tipo de producto. En un mismo traslado, transportarán productos afines para evitar contaminación, de conformidad con los procedimientos implementados por cada establecimiento;

- e) Que los productos sean ubicados en ambientes con higiene y limpieza adecuadas, sin compartir el espacio con materiales de naturaleza incompatible;
- f) Tomar las precauciones necesarias para evitar rupturas, derrames;
- g) Tomar las medidas de seguridad necesarias para evitar robos de los productos, y,
- h) Que los productos que requieran conservación a temperatura controlada, sean transportados por medios apropiados, de manera que garanticen el mantenimiento de la temperatura requerida.

Art. 72.-El vehículo de transporte (incluido el vehículo motorizado), debe preservar la integridad y seguridad del producto, en relación a las condiciones externas de temperatura, humedad, luz o posibles contaminantes, así como del ataque de plagas; y mantendrá las condiciones de conservación en todo momento hasta la entrega al destinatario.

Art. 77.-Los productos sujetos a condiciones específicas de temperatura, se tratarán según las indicaciones específicas del fabricante.

Art. 78.-Las condiciones de temperatura y humedad (cuando corresponda para dispositivos médicos) deben mantenerse y ser registradas durante todo el recorrido. Los equipos utilizados para tal efecto deben estar calibrados y se incluirán en un plan de mantenimiento preventivo. Si estos registros evidencian la existencia de desviaciones en el mantenimiento de las condiciones durante el transporte, será preciso evaluar y documentar el estado del producto según los procedimientos establecidos. Todos los registros de humedad y temperatura generados durante el transporte de los productos contemplados en la presente normativa, se archivarán y estarán disponibles en los establecimientos.

Art. 80.-Los productos que requieren temperatura de almacenamiento entre dos a ocho grados centígrados (2 a 8 Grados C), no serán expuestos a congelación o a una temperatura mayor a 8 Grados C en casos de excursiones de temperatura, serán evaluados por el titular del registro sanitario basados en

los estudios de estabilidad, cuando aplique” (Norma Técnica de buenas prácticas a establecimientos farmacéuticos, 2020).

Por lo tanto, legal y documentadamente se justifica el trabajo ya que es necesario cumplir con la normativa vigente, con la acreditación temporal y con el monitoreo permanente de variables físicas.

El procedimiento de monitoreo se basa en una red de sensores situados en las áreas de almacenamiento de medicamentos presentes en hospitales, centros médicos y farmacias. Estos sensores transmiten información crucial sobre temperatura, humedad mediante el uso del sensor DHT11 y luminosidad gracias al sensor LDR. Tanto el DHT11 como la LDR están conectados al pin 2 y A0 respectivamente en la tarjeta Particle Argon.

Por medio de un algoritmo de programación, esta tarjeta se encarga de recopilar datos de las tres variables de entrada cada cinco minutos. Estos valores se envían de manera inalámbrica a través de WiFi a una plataforma centralizada de IoT llamada Ubidots. Esta plataforma también permite la creación de interfaces de monitoreo humano-máquina (HMI) que visualizan la evolución de estas variables a lo largo del día. Como se observa en la figura 5. Esta visualización no solo procesa los datos, sino que también brinda información inmediata acerca de las condiciones de almacenamiento, permitiendo a los usuarios tomar decisiones basadas en información en lo que respecta a la administración de la cadena de abastecimiento.

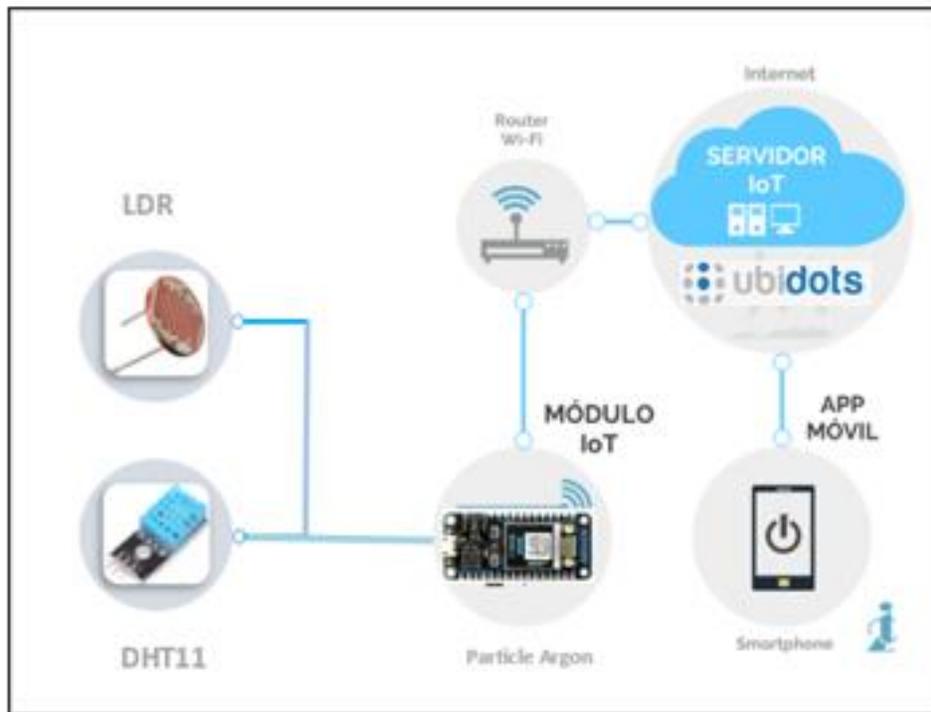
Cuando la variable de temperatura excede el valor predefinido (Set point), se envía una alerta a través de WhatsApp al responsable encargado del monitoreo en la bodega de almacenamiento. En caso de que se registre un valor elevado, el responsable del monitoreo deberá tomar medidas correctivas para prevenir daños irreversibles.

Vale la pena destacar que, de forma indirecta, se analiza la humedad. Esto se debe a que se reconoce que, a una temperatura superior, la humedad relativa podría ser menor, aunque se conserve invariable.

Del mismo modo, una temperatura más baja puede llevar al aire a su punto de saturación de manera más rápida, resultando en una humedad relativa mayor.

**Figura 5**

Diagrama esquemático de la propuesta.



**Nota:** Mediante una red de sensores en áreas médicas, el sistema monitorea temperatura, humedad y luminosidad. La Particle Argon recopila y envía datos a Ubidots, donde una interfaz visualiza y alerta por WhatsApp si la temperatura es alta. La relación temperatura-humedad se considera para la gestión eficiente. Un enfoque completo para la toma de decisiones.

#### **b. Explicación del aporte**

El presente sistema contempla algunas actividades interactivas diseñadas para abordar la variabilidad de la temperatura, la humedad y la luminosidad, principalmente en los casos que afectan la calidad y estabilidad de los medicamentos en el respectivo centro de acopio, esta interacción se dirige a resolver el problema en el caso de reacciones químicas no deseadas y la degradación que pueden surgir debido

a estas fluctuaciones, las cuales afectan a diversas instituciones médicas en todo el país, desde farmacias hasta hospitales, demandando medidas de monitoreo y control por lo que el sistema de monitoreo permite obtener los datos de las variables en tiempo real y enviar alertas al personal a cargo en el caso de que se encuentren fuera de rango para que se puedan tomar correctivos. La interactividad se amplía a través de alertas automatizadas, como el envío de mensajes a WhatsApp cuando la temperatura supera un umbral predefinido. Esto asegura una respuesta inmediata para evitar daños. Las actividades interactivas no solo garantizan la seguridad y calidad de los medicamentos, sino que también abordan las preocupaciones sobre fluctuaciones ambientales en los procesos de almacenamiento. El sensor DHT11 tendrá la responsabilidad primordial de adquirir las variables críticas de temperatura y humedad, entretanto el sensor de luminosidad LDR evaluará el nivel de luz ambiental. Estos sensores, en función del entorno, suministrarán valores que serán captados por el módulo de IoT, que opera en conjunto con la tarjeta Particle Argon. Esta interacción implica una comprensión profunda del monitoreo en tiempo real y control remoto, mientras se fomenta la creación de soluciones tangibles para situaciones del mundo real.

El sensor DHT11 tendrá la responsabilidad primordial de adquirir las variables críticas de temperatura y humedad, al mismo tiempo que el sensor de luminosidad LDR evaluará el nivel de luz ambiental. Estos sensores, en función del entorno, suministrarán valores que serán captados por el módulo de IoT, que opera en conjunto con la tarjeta Particle Argon. Esta interacción implica una comprensión profunda del monitoreo en tiempo real y control remoto, mientras se fomenta la creación de soluciones tangibles para situaciones del mundo real. Esta combinación tecnológica permitirá una supervisión en tiempo real y de forma continua de las tres variables mencionadas previamente, los datos generados por los sensores se transmitirán de manera directa a la plataforma Ubidots, gracias a la conectividad proporcionada por la tarjeta IoT Particle Argon, permitiendo una representación visual detallada del comportamiento de las variables a lo largo del día, en diversos escenarios climáticos. En el escenario en

el que un valor exceda el umbral establecido (set point), se activará una alerta de manera automática. Esta alerta se enviará a través de un mensaje de WhatsApp, dirigido a la persona responsable. Este sistema garantiza que las medidas apropiadas se tomen a tiempo para prevenir posibles daños en los medicamentos y garantizar su seguridad e integridad.

Las actividades de evaluación propuestas en este trabajo se centran en la plataforma Ubidots, la cual desempeña un papel fundamental en el seguimiento y análisis de los elementos a medir clave de temperatura, humedad y luminosidad en las instalaciones de almacenamiento de productos médicos, a través de la implementación de IoT.

Para llevar a cabo esta evaluación, se establecerán procedimientos específicos que permitan la recopilación y representación precisa de los datos capturados por los sensores DHT11 y LDR. Estos datos, que reflejan las condiciones ambientales en las bodegas de almacenamiento, serán transmitidos a la plataforma Ubidots mediante la tarjeta IoT Particle Argon.

La evaluación se estructurará en varias etapas:

- **Captura de Datos:** Se configurarán los sensores para adquirir datos de temperatura, humedad y luminosidad de manera regular. Los valores capturados serán enviados automáticamente a la plataforma Ubidots en tiempo real.
- **Visualización y Análisis:** Una vez que los datos estén en Ubidots, se utilizarán las herramientas de la plataforma para crear representaciones visuales de los valores capturados. Gráficos, tablas y otros elementos gráficos permitirán una comprensión profunda de la evolución de estas variables en el tiempo.
- **Comparación y Tendencias:** Se realizará una comparación de los valores capturados con los umbrales predefinidos para cada variable. Esto permitirá identificar situaciones en las que la temperatura, humedad o luminosidad estén fuera de los rangos aceptables. Además, se analizarán las tendencias a lo largo del tiempo para identificar patrones y fluctuaciones.

- **Alertas y Notificaciones:** Se configurarán alertas en la plataforma Ubidots para que, en caso de que los valores excedan los límites establecidos, se envíen notificaciones automáticas mediante canales como el correo electrónico o los mensajes de texto.
- **Análisis de Impacto:** Se evaluará el impacto de las variaciones en las variables (temperatura, humedad y luminosidad) en la excelencia y estabilidad de los artículos médicos guardados. Esto implicará la comparación de los datos capturados con estándares y regulaciones relevantes.

El proceso de construcción del conocimiento y la puesta en marcha del sistema de monitoreo se despliegan en una serie de etapas interconectadas. En primer lugar, se establece una red de sensores en las instalaciones de almacenamiento de medicamentos en hospitales, centros médicos y farmacias, como base fundamental. Estos sensores, son estratégicamente conectados a la tarjeta Particle Argon la que se encarga de la recopilación de datos mediante un algoritmo de programación, capturando información de las tres variables cada cinco minutos.

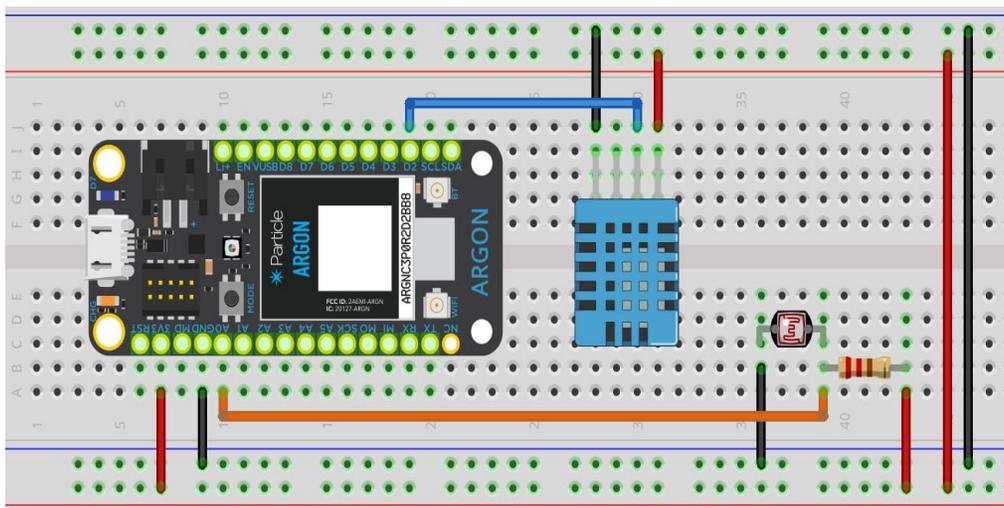
La transferencia de datos se efectúa sin cables, aprovechando la conectividad WiFi de la tarjeta Particle Argon, hacia la plataforma de IoT centralizada denominada Ubidots, los datos son sometidos a análisis y representación visual, materializados en interfaces de monitoreo humano-máquina (HMI) que además de procesar los datos, proveen información inmediata sobre las condiciones de almacenamiento, habilitando a los usuarios a tomar decisiones fundamentadas en la supervisión del flujo de suministros teniendo como desafío ayudar a erradicar el deterioro de medicamentos debido a las fluctuaciones de las tres variables analizadas en diversas regiones del Ecuador, afectando a instituciones médicas y farmacéuticas, esta evaluación sistemática de datos, se persigue una doble finalidad lograr conseguir asegurar la inocuidad y eficiencia de los productos medicinales, y mitigar pérdidas económicas por medicamentos dañados.

### c. Estrategias y/o técnicas

Diagrama Esquemático: En la Figura 6 se exhibe la conexión de los dos sensores a la tarjeta Particle ARGON para el sistema de monitoreo, el sensor DHT11 para cuantificar la humedad y temperatura conectado al pin D0, sensor LDR (Light Dependent Resistor) para la medición de la luminosidad del ambiente conectado al pin A0.

**Figura 6**

Conexión sensores DHT11 y fotorresistencia con Particle ARGON

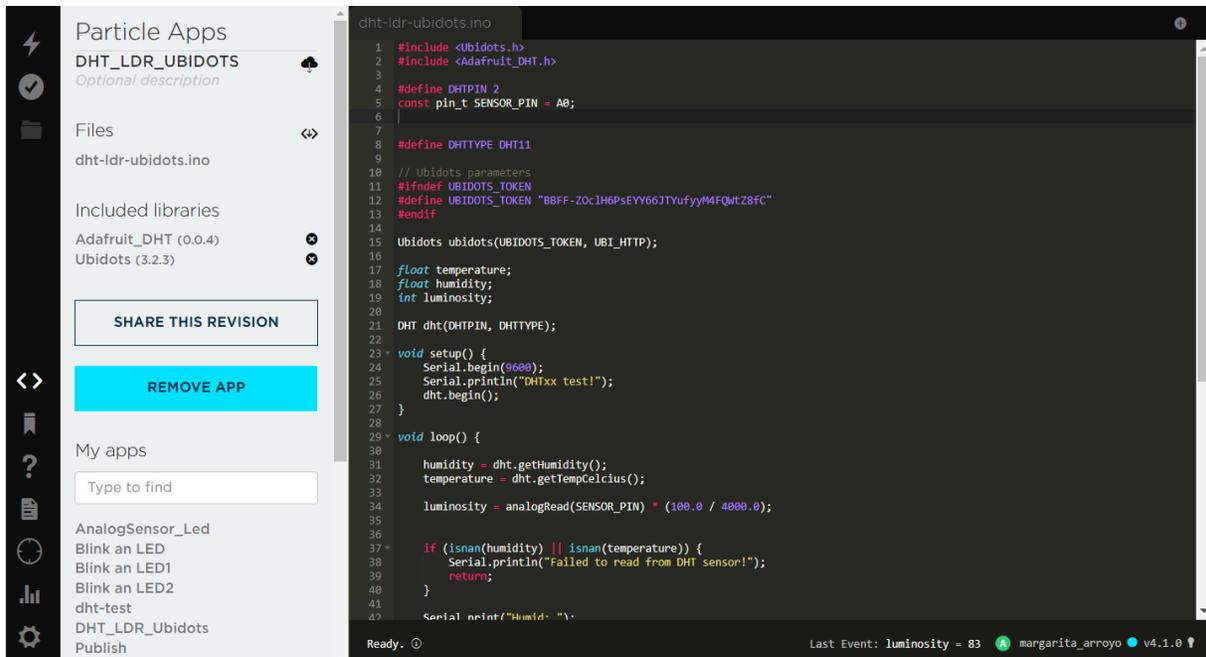


**Nota:** Los sensores DHT11 y fotorresistencia se conectan al dispositivo Particle Argon, permitiendo la recolección de datos de temperatura, humedad y luminosidad. Estos datos son capturados y transmitidos a través de la Particle Argon para su posterior análisis y visualización. Esta configuración facilita un monitoreo integral de las condiciones ambientales en tiempo real.

Programación: Se utiliza Particle Build o WebIDE para la programación de dispositivos Particle, el lenguaje de programación es similar a los códigos de Arduino, para el manejo del sensor DHT11 se utiliza la librería <Adafruit\_DHT.h>, con el propósito de remitir datos a la plataforma IOT se utiliza <Ubidots.h>, es necesario el Token de Ubidots la misma que se obtiene en las credenciales de la cuenta creada en la plataforma. La programación y las librerías utilizadas se presenta en la Figura 7.

Figura 7

## Programación en WebIDE para Particle ARGON



```
dht-ldr-ubidots.ino
1 #include <Ubidots.h>
2 #include <Adafruit_DHT.h>
3
4 #define DHTPIN 2
5 const pin_t SENSOR_PIN = A0;
6
7
8 #define DHTTYPE DHT11
9
10 // Ubidots parameters
11 #ifndef UBIDOTS_TOKEN
12 #define UBIDOTS_TOKEN "B8FF-Zoc1H6PseYY6JTYuFyyM4FQMtZ8fc"
13 #endif
14
15 Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);
16
17 float temperature;
18 float humidity;
19 int luminosity;
20
21 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
22
23 void setup() {
24   Serial.begin(9600);
25   Serial.println("DHTxx test!");
26   dht.begin();
27 }
28
29 void loop() {
30
31   humidity = dht.getHumidity();
32   temperature = dht.getTempCelsius();
33
34   luminosity = analogRead(SENSOR_PIN) * (100.0 / 4000.0);
35
36
37   if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {
38     Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
39     return;
40   }
41   Serial.print("Humid: ");
42 }
```

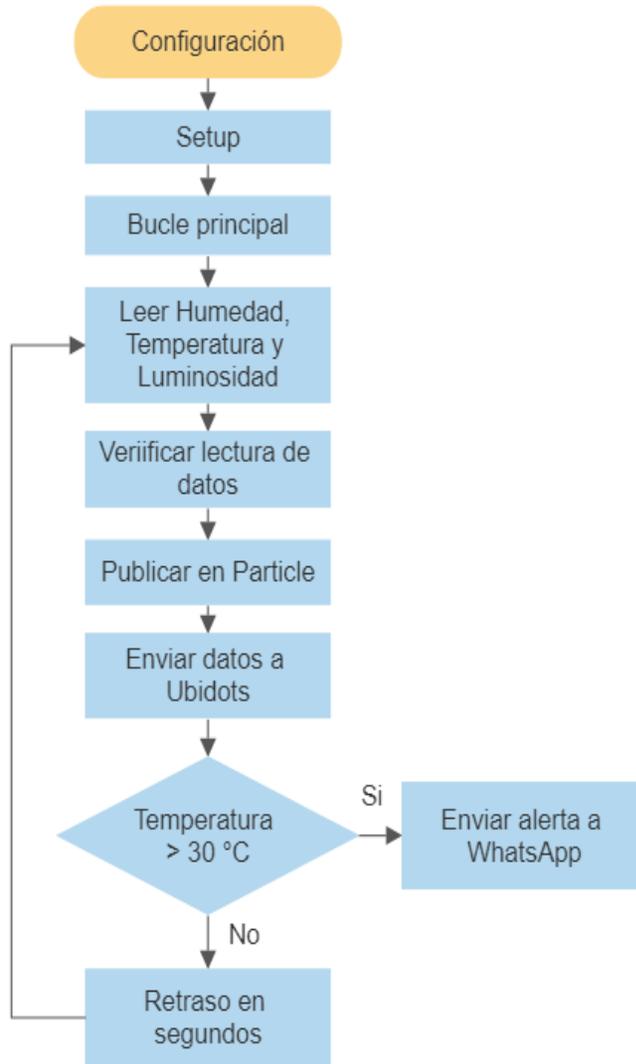
Ready. Last Event: luminosity = 83 margarita\_arroyo v4.1.0

**Nota:** Creación de códigos para el dispositivo Particle Argon, permitiendo la configuración y manejo de sensores, comunicación y lógica, permitiendo cargar y editar el código de manera remota, facilitando la personalización y optimización de funciones, logrando la interacción fluida entre sensores y el dispositivo Particle Argon en diversas aplicaciones logrando de manera exitosa el monitoreo remoto de las variables.

En el sistema desarrollado además se configuran alertas cuando el ambiente supera los 30 °C, siendo esta una temperatura que se desvía de la óptima y poniendo en riesgo la conservación de los productos que se encuentran almacenados, para lo cual se envía una notificación al WhatsApp del responsable del centro médico. El diagrama de flujo de la programación se exhibe en la Figura 8.

**Figura 8**

Diagrama de flujo de programación

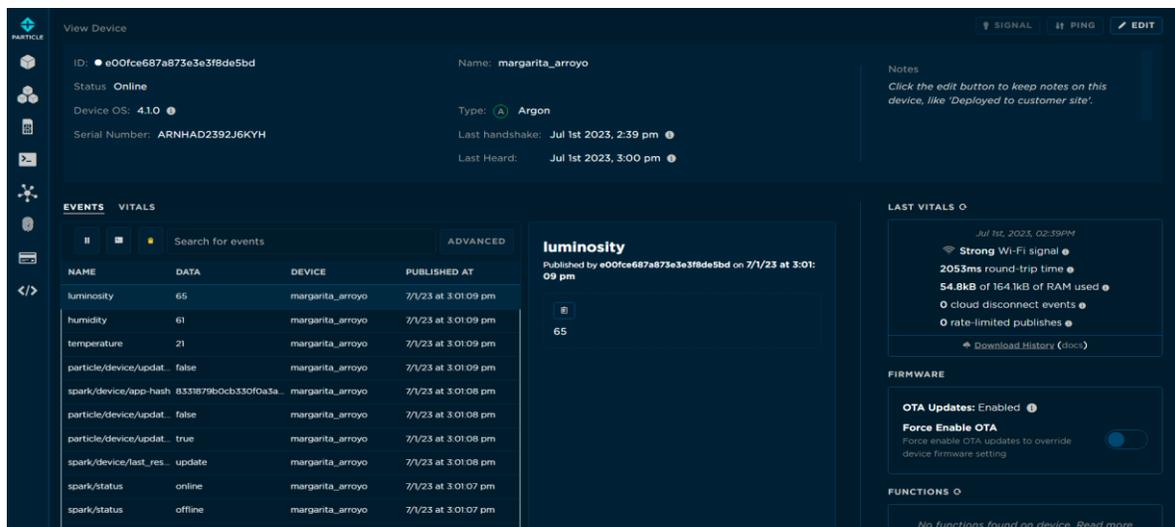


**Nota:** Estructura secuencial del sistema de monitoreo, el cual incorpora alertas para temperaturas excedentes a 30 °C. Las notificaciones son enviadas al responsable a través de WhatsApp.

Las variables de temperatura, humedad, y luminosidad además se visualizan y se comprueban en la consola para dispositivos Particle, presentado en la Figura 9.

**Figura 9**

Visualización de variables en consola de dispositivos Particle



**Nota:** Interfaz o panel de monitoreo en donde se visualizan las variables capturadas en tiempo real, como temperatura, humedad y luminosidad en donde se presentan de manera legible para análisis inmediato.

### 2.3 Validación de la propuesta.

**Tabla 2**

Descripción de perfil de validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación académica	Cargo
David Raimundo Rivas Lalaleo	18	Ph. D Tecnologías de la información y Telecomunicaciones Master Universitario en redes de telecomunicaciones para países en desarrollo Ingeniero en Electrónica e Instrumentación	Jefe de Comunicaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-EL
José Luis Varela Aldás	6	Ph. D en Ingeniería Electrónica Magister en Sistemas de Control y Automatización Industrial Ingeniero Industrial en procesos de automatización	Docente Investigador Titular Universidad Indoamérica
Carlos Ernesto Hernández Orellana	4	Ingeniero en Electrónica Máster en Industria 4.0	Docente e Investigador de la Universidad Don Bosco

**Tabla 3**

Escala de evaluación. Elaborada por: Ph. D David Raimundo Rivas Lalaleo

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica				X	
Factibilidad					X
Pertinencia					X

**Tabla 4**

Escala de evaluación. Elaborada por: Ph. D José Luis Varela Aldás

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto			X		
Aplicabilidad				X	
Conceptualización				X	
Actualidad				X	
Calidad Técnica			X		
Factibilidad				X	
Pertinencia			X		

**Tabla 5**

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Carlos Ernesto Hernández Orellana Mgs.

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En total desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
<b>Impacto</b>				X	
<b>Aplicabilidad</b>					X
<b>Conceptualización</b>					X
<b>Actualidad</b>					X
<b>Calidad Técnica</b>				X	
<b>Factibilidad</b>					X
<b>Pertinencia</b>					X

#### 2.4 Matriz de articulación de la propuesta

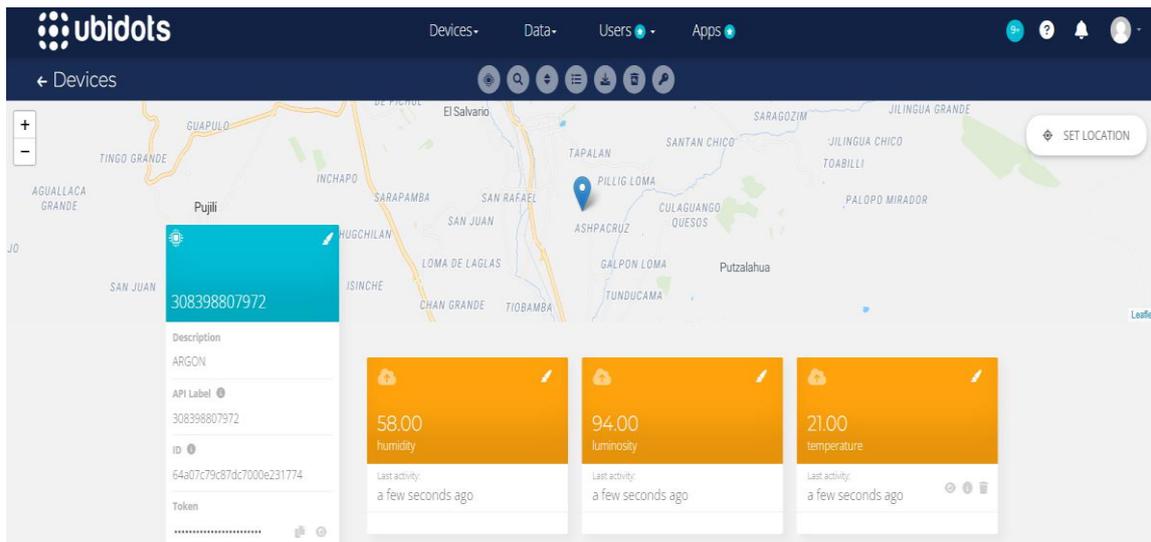
Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
<p>1</p> <p>Definición: de IoT, Plataforma Ubidots, tarjeta Particle Argón, sensor DHT11, sensor LDR, algoritmo de monitoreo remoto.</p>	<p>1.1 Internet de las cosas 1.2 Plataformas IoT 1.3 Tarjeta IoT 1.4 Monitoreo Remoto 1.5 Sensores climáticos 1.6 Sensor DHT11 1.7 Sensor LDR 1.8 Normativa ARCSA</p>	<p>Internet de las Cosas Industria 4.0 Matemáticas Aplicadas Comunicaciones Inalámbricas Visión por Computador</p>	<p>En el proceso de investigación bibliográfica, se logró identificar y comprender la normativa establecida por ARCSA que regula el monitoreo remoto, siguiendo los criterios y directrices definidos en dicha normativa.</p>
<p>2</p> <p>Diseño: de circuitos electrónicos, código de programación en tarjeta Argon, interfaz gráfica en Ubidots, configuración de HMI.</p>	<p>2.1. Tarjeta electrónica basada en microcontrolador 2.2. Circuito electrónico 2.3 Código de programación en tarjeta argon 2.4 Aplicación de Ubidots para diseño de HMI</p>	<p>Programación de microcontroladores Aplicaciones de diseño de circuitos electrónicos (Proteus) Particle Build o WebIDE.</p>	<p>En esta sección, se emplean herramientas de programación innovadoras orientadas a IoT, permitiendo la implementación exitosa de un sistema de monitoreo remoto para las variables del proceso. Este sistema utiliza una conexión inalámbrica vía WiFi para la transmisión de datos.</p>
<p>3</p> <p>Implementación: cableado de los sensores a la tarjeta IoT, comunicación inalámbrica IoT, bases de datos, programación argon, diseño HMI, configuración smathphone, etc.</p>	<p>3.1 Conexión del circuito 3.2. Comunicación inalámbrica 3.3 Adquisición de datos de las variables 3.3. Algoritmo de programación en Particle Argon 3.4 Diseño HMI en Ubidots 3.5 Comunicación Remota 3.6 Algoritmo de programación para la alerta. 3.7 Configuración smarthphone</p>	<p>Aplicación de algoritmos para monitoreo remoto mediante IoT</p>	<p>Se llevó a cabo el experimento en cascada utilizando la metodología Waterfall, la cual se caracteriza por ser secuencial y lineal. Durante cada fase del proceso, se obtuvieron y analizaron resultados que se ajustaron de manera óptima a los requerimientos específicos de cada centro médico, considerando las condiciones particulares sujetas a análisis.</p>

## 2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

Los datos recolectados de tres variables como son: temperatura, humedad y luminosidad son enviadas a la plataforma IOT Ubidots en tiempo real, la plataforma crea un dispositivo y asigna un API Label arbitrariamente, visualizando los datos como se observa en la Figura 10.

**Figura 10**

Visualización de datos del dispositivo Particle ARGON en plataforma Ubidots.

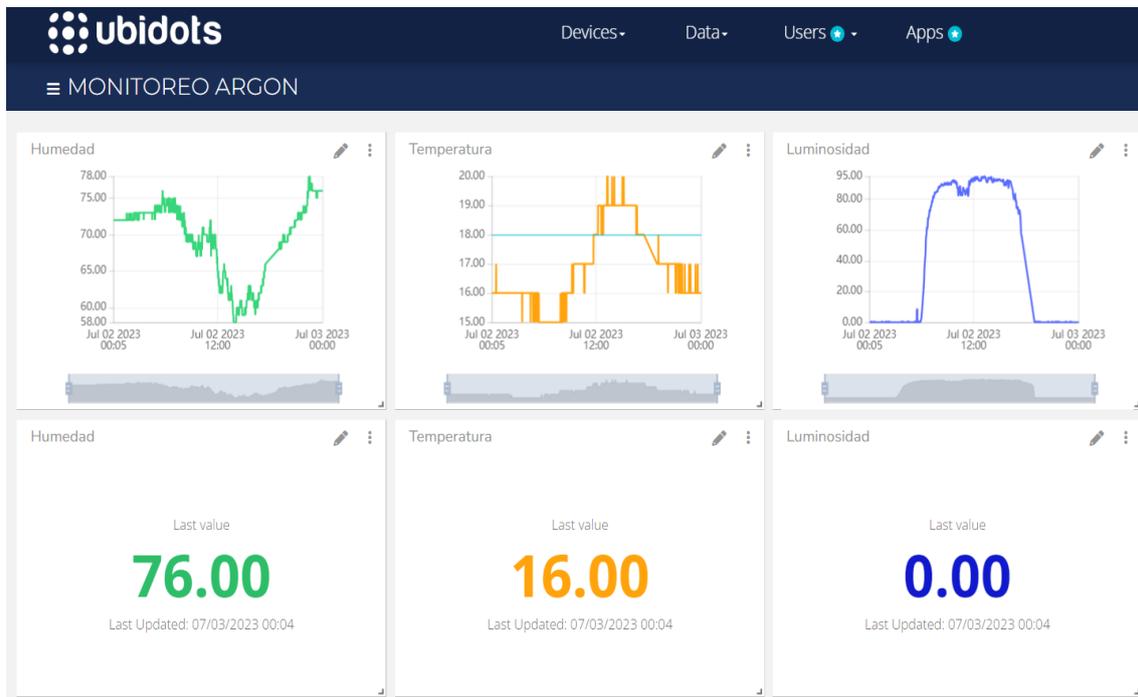


**Nota:** La visualización de datos de temperatura, humedad y luminosidad en la plataforma Ubidots provenientes del dispositivo Particle Argon representado de manera gráfica para su posterior análisis, esta integración permite una monitorización centralizada, haciendo que la toma de decisiones en el momento sea más sencilla.

En la plataforma Ubidots además se puede crear un Dashboard, en la que se crea un interfaz de monitoreo para la visualización de la evolución de las variables en tendencias, y en cuadros de textos, como se presenta en la Figura 11 los datos de un día con temperatura normal alrededor de 18 °C, la misma que tiene una línea horizontal de color celeste en la dirección en que se mueve la variable de temperatura.

**Figura 11**

Dashboard para monitoreo de variables en Ubidots

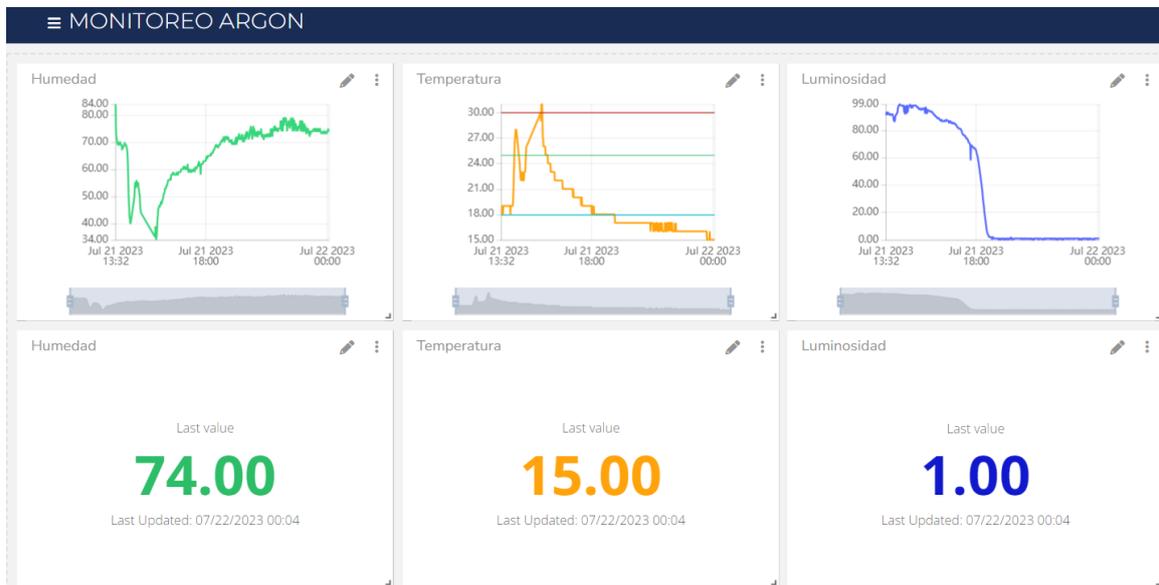


**Nota:** Interfaz gráfica abarcando las tres variables de monitoreo y su evolución en el transcurso de un día, estos datos están tomados cada 5 minutos, evidenciándose una temperatura promedio de 18 °C.

En la Figura 12, se muestra los datos registrados en otro día caluroso en la que se observa que la temperatura supera los 30 °C mostrado con una línea horizontal de color rojo en la tendencia de la variable de temperatura. Para esta condición de temperatura se envía una notificación al WhatsApp del responsable del centro médico como se muestra en la Figura 13, enviándole un SMS con la condición de temperatura en la que se encuentra los medicamentos almacenados.

**Figura 12**

Dashboard para monitoreo en Ubidots con desviación de temperatura óptima



**Nota:** Interfaz gráfica abarcando las tres variables de monitoreo y su evolución en el transcurso de un día caluroso, estos datos están tomados cada 5 minutos, evidenciándose una temperatura promedio de 30 °C.

**Figura 13**

Notificación de Alerta por SMS en WhatsApp al responsable del centro médico



**Nota:** El sistema envía una notificación de alerta por SMS en WhatsApp a través de Ubidots al responsable del centro médico cuando la temperatura excede el set point o referencia establecida.

En la siguientes Figura 14, Figura 15 y Figura 16 se muestra el comportamiento de la temperatura, humedad y luminosidad en un día en la cual en la Figura 15 se puede apreciar que existe una desviación de la temperatura óptima con el propósito de resguardar los fármacos en la bodega superando los 30 °C.

**Figura 14**

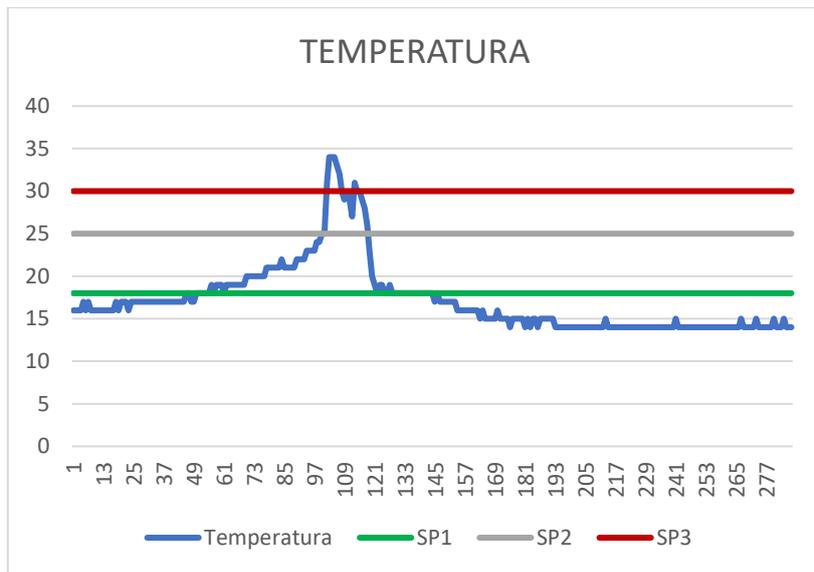
Variable de luminosidad en un día



**Nota:** Análisis del comportamiento de la variable de luminosidad durante un día, revelando que la luz está encendida en la noche, ya que el sensor registra una lectura del 100% en esa franja horaria.

**Figura 15**

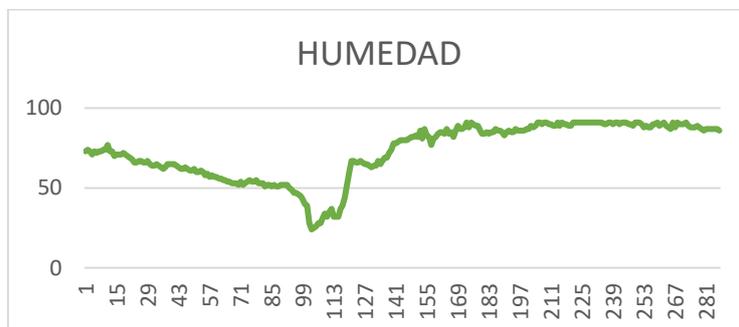
Variable de temperatura en un día



**Nota:** En la gráfica se puede observar cómo se comporta la variable de temperatura en un día, en donde se puede evidenciar las diferentes variaciones de temperatura a diferentes sets points 17°C, 25°C y 30°C respectivamente, se pone de manifiesto una notoria desviación en las condiciones térmicas óptimas para el almacenamiento de medicamentos en la bodega, superando los 30 °C en la lectura de temperatura comprometiendo la integridad y efectividad de los medicamentos.

**Figura 16**

Variable de humedad en un día



**Nota:** Análisis del comportamiento de la variable de humedad durante un día, revelando un comportamiento inverso a la variable de temperatura, evidenciándose una leve desviación en un periodo de tiempo alrededor de cinco minutos.

La configuración de los dispositivos para la solución desarrollada en el trabajo se presenta en la Tabla 6, para lo cual permite el monitoreo continuo y sin pérdida de datos al enviarse a la plataforma Ubidots, debido a una tasa de actualización con frecuencia de los datos.

**Tabla 6**

Configuración de sensores a Plataforma Ubidots

Sensores	Variables	Tiempo de lectura	Datos guardados por día
1	Temperatura	5 [s]	288
2	Humedad	5 [s]	288
3	Luminosidad	5 [s]	288

**Nota:** La configuración de los sensores en la Plataforma Ubidots involucra la definición de las variables a medir, los intervalos de tiempo para las lecturas y la cantidad de datos almacenados diariamente.

## CONCLUSIONES

Se estableció la relación existente entre el marco de la ley y la necesidad de monitorear de forma permanente y continua de las variables humedad, temperatura y luminosidad en centros de acopio de medicamentos.

Se presentó el monitoreo de las variables de humedad, temperatura y luminosidad expuestas en un entorno IOT Ubidots, con actualización de 60 segundos, utilizando la tarjeta de desarrollo Particle Argon, los sensores DHT11 y LDR.

Las pruebas realizadas han sido tomadas a temperatura ambiente en el centro de almacenamiento de los medicamentos con cobertura WiFi para que la tarjeta Particle Argon pueda conectarse a la red, monitoreando los datos de las variables que son actualizados cada 60 segundos, obteniéndose 1440 datos por cada día para visualizar el comportamiento de las variables de interés del lugar en donde está instalado el sistema de monitoreo.

El sistema desarrollado permite la configuración de alertas, cuando la lectura de la temperatura supera los niveles de temperatura de conservación óptima de los medicamentos, se envía una notificación de alerta a través de un SMS al WhatsApp del responsable del centro médico, para tomar decisiones.

## RECOMENDACIONES

Implementación de un control en lazo cerrado, de manera que pueda complementar el presente trabajo de titulación para la regulación automática de la temperatura, humedad y luminosidad en centros de almacenamiento de medicamentos.

Explorar plataformas IoT como “AWS IoT”, “Google Cloud IoT” o “Microsoft Azure IoT” para aprovechar herramientas avanzadas de gestión, análisis y visualización de datos.

Considerar el uso de tarjetas IoT más potentes y versátiles que puedan manejar sistemas escalables de manera efectiva.

Promover el uso de sensores más precisos y estables para medir humedad, temperatura y luminosidad, mejorando la supervisión de las condiciones de almacenamiento.

Diversificar los canales de alerta, como correo electrónico y notificaciones móviles, para asegurar una comunicación oportuna.

Implementar medidas de seguridad robustas, incluida la encriptación de datos, para proteger la información sensible.

Investigar métodos para prolongar la vida útil de las baterías en dispositivos inalámbricos, como la implementación de modos de reposo.

Mantener una documentación detallada y actualizada para facilitar el mantenimiento continuo y la administración del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2022, abril,29). *LEY ORGÁNICA DE SALUD*. Asamblea Nacional.  
<http://biblioteca.defensoria.gob.ec/handle/37000/3426>
- Cárdenas Quinapaxi, W. F. (2022). *Medidor electrónico de agua residencial con comunicación LPWAN y aplicación IoT*. [masterThesis, Universidad Israel]. Universidad Israel, Quito.  
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/3379>
- Cepeda Bolaños, D. G., & Parra Balza, F. D. (2019). *Sistema de monitoreo y control de los parámetros en cuartos de almacenamiento de materiales explosivos mediante protocolos zigbee y visualización HMI* [Trabajo de titulación, Universidad Israel]. Repositorio institucional, Quito.  
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2184>
- Chanalata Encalada, S. C. (2022). *Hidropónico automatizado con monitoreo remoto mediante comunicación LoRa y aplicación IoT*. [masterThesis, Universidad Israel]. UISRAEL, Quito.  
<http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/3380>
- Enago Academy. (2018, Septiembre). *enago academy* . <https://www.enago.com/es/academy/choose-best-research-methodology/>
- Espinosa Apolo, B. A., & Orellana Guayas, M. (2021). *Desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control basadas en IoT a través de la plataforma Ubidots. Aplicaciones a sistemas de automatización bajo entornos de simulación* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana]. Cuenca. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20298>
- Estrada Roque, J. A. (2021). Evolución de la automatización. *Logicbus*, 1-3.  
<https://www.logicbus.com.mx/pdf/articulos/evolucion-de-la-automatizacion.pdf>
- Grapheverywhere. (2020, Junio 10). *Grapheverywhere*.  
[https://www.grapheverywhere.com/algorithm-a/#:~:text=El%20algoritmo%20A%20\\*%20conocido%20como,un%20rango%20de%20aplicaci%C3%B3n%20especial.](https://www.grapheverywhere.com/algorithm-a/#:~:text=El%20algoritmo%20A%20*%20conocido%20como,un%20rango%20de%20aplicaci%C3%B3n%20especial.)

Ibarguen Cabrera, F., & Martínez Contreras, S. A. (2022, Octubre). Desarrollo de un sistema IoT de monitoreo de temperatura, humedad relativa y estado ON/OFF de un cuarto frío de Inversiones Medina Verbel S.A.S. *Desarrollo de un sistema IoT de monitoreo de temperatura, humedad relativa y estado ON/OFF de un cuarto frío de Inversiones Medina Verbel S.A.S.* Cartagena, Colombia.  
[http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7634/2/2023\\_FranklinIbarguenCabrera.pdf](http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/7634/2/2023_FranklinIbarguenCabrera.pdf)

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022, Diciembre 11). *Boletín Técnico N°01-2022-RAS*. Registro Estadístico de Recursos y Actividades de Salud – RAS 2020:  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Sociales/Recursos\\_Actividades\\_de\\_Salud/RAS%1F\\_2020/Bolet%3%ADn\\_T%3%A9cnico\\_RAS\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/Recursos_Actividades_de_Salud/RAS%1F_2020/Bolet%3%ADn_T%3%A9cnico_RAS_2020.pdf)

LA DIRECCION EJECUTIVA DE LA AGENCIA NACIONAL DE REGULACION, CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA- ARCSA. (2018, Junio 7). *NORMATIVA DE BUENAS PRACTICAS PARA LABORATORIOS FARMACEUTICOS*.  
[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento\\_ARCSA-DE-008-2018-JCGO\\_NTS-Buenas-Practicas-Manufactura-Lab-Farmac%3%A9uticos.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-11/Documento_ARCSA-DE-008-2018-JCGO_NTS-Buenas-Practicas-Manufactura-Lab-Farmac%3%A9uticos.pdf)

Larco, M. (2019). *Implementación de una plataforma robótica móvil diferencial para seguimiento de trayectoria, mediante un algoritmo de control no lineal*. Quito: Universidad Tecnológica Israel.

Luna Chiriguaya, J. L., & López Medina, D. G. (2023). Diseño de un sistema iot basado en WSN para el monitoreo del almacenamiento de productos termo-sensibles en locales farmacéuticos que permitan la toma de decisiones. *Diseño de un sistema iot basado en WSN para el monitoreo del almacenamiento de productos termo-sensibles en locales farmacéuticos que permitan la toma de decisiones*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/67431/1/B-CINT-PTG->

N.972%20%20L%c3%b3pez%20Medina%20Diana%20Gabriela%20%20%20%20.%20%20%20%20%20Luna%20Chiriguaya%20%20Jahaira%20%20Lisbeth.pdf

Mathworks. (2023). *Matlab y Simulink para aplicaciones IoT.*

<https://es.mathworks.com/solutions/internet-of-things.html>

Mendoza Padilla, J. E., & Marín Mendoza, M. A. (2018). *Sistema de Monitoreo y Control de Variables del Entorno Doméstico Orientado a IoT.* Revista Gestión, Competitividad e Innovación. Julio-Diciembre2018. <https://pca.edu.co/editorial/revistas/index.php/gci/article/view/45/43>

Pérez González, M. A., Verde Romero, D. A., Carvajal Pérez, H. R., Hernández Barón, E., Villalvazo Laureano, E., & Salome Baylon, J. (2023). Diseño e implementación de una Red de Sensores gestionada por IoT para Aplicaciones de Domótica. *Dialnet*, 18(1). <https://doi.org/10.46588/invurnus.v18i1.60>

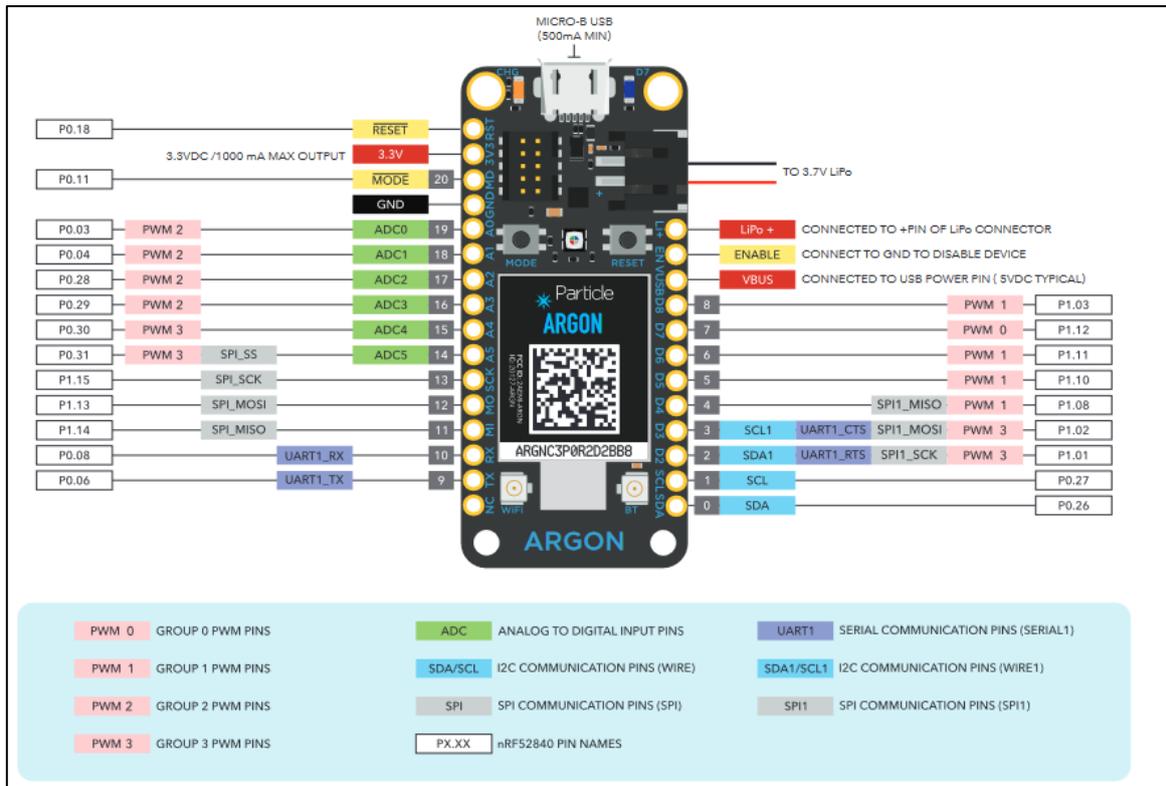
Pineda Casas, V., Méndez Guzmán, H. A., Martínez Nolasco, J. J., Padilla Medina, J. A., & Bravo Sánchez, M. G. (2021, Noviembre 30). Diseño de sensor IoT de variables climáticas para cultivo aeropónico aplicado a lechuga. *Diseño de sensor IoT de variables climáticas para cultivo aeropónico aplicado a lechuga.* Celaya, México: Pistas Educativas. <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2600/2044>

Ruiz, C. (2022). *Control de un exoesqueleto para motricidad en niños por medio de comandos de voz y asistentes virtuales.* Quito: Universidad Tecnológica Israel.

Tumalle, S., & Ramirez , B. (2021). *Diseño e implementación de una red de sensores de temperatura y humedad que permita el registro en la plataforma thingspeak en edificaciones en la ciudad de guayaquil*[Tesis, Universidad de Guayaquil]. Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56462>

## ANEXO 1

Diagrama electrónico de la tarjeta de control particle argon



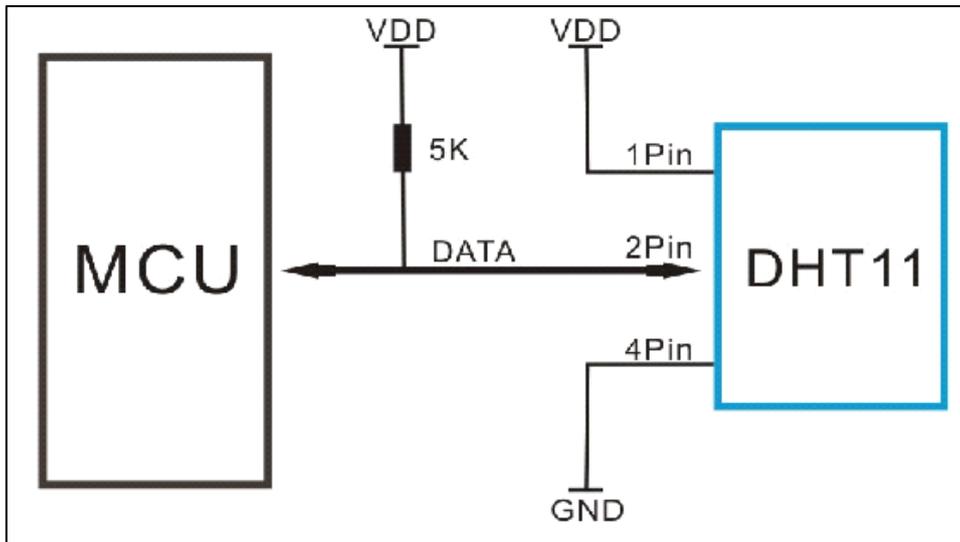
## ANEXO 2

Especificaciones técnicas de la tarjeta particle argon

- Espressif ESP32-D0WD 2.4 GHz Wi-Fi coprocessor
  - On-board 4MB flash for ESP32
  - 802.11 b/g/n support
  - 802.11 n (2.4 GHz), up to 150 Mbps
- Nordic Semiconductor nRF52840 SoC
  - ARM Cortex-M4F 32-bit processor @ 64MHz
  - 1MB flash, 256KB RAM
  - Bluetooth 5: 2 Mbps, 1 Mbps, 500 Kbps, 125 Kbps
  - Supports DSP instructions, HW accelerated Floating Point Unit (FPU) and encryption functions
  - Up to +8 dBm TX power (down to -20 dBm in 4 dB steps)
  - NFC-A tag
- On-board additional 4MB SPI flash
- 20 mixed signal GPIO (6 x Analog, 8 x PWM), UART, I2C, SPI
- Micro USB 2.0 full speed (12 Mbps)
- Integrated Li-Po charging and battery connector
- JTAG (SWD) Connector
- RGB status LED
- Reset and Mode buttons
- On-board PCB antenna
- U.FL connector for external antenna
- Meets the Adafruit Feather [specification](#) in dimensions and pinout
- FCC, CE and IC certified
- RoHS compliant (lead-free)

### ANEXO 3

Diagrama electrónico del sensor DHT11



### ANEXO 4

Especificaciones técnicas del sensor DHT11

Parameters	Conditions	Minimum	Typical	Maximum
<b>Humidity</b>				
<b>Resolution</b>		1%RH	1%RH	1%RH
			8 Bit	
<b>Repeatability</b>			±1%RH	
<b>Accuracy</b>	25°C		±4%RH	
	0-50°C			±5%RH
<b>Interchangeability Fully</b>	Interchangeable			
<b>Measurement Range</b>	0°C	30%RH		90%RH
	25°C	20%RH		90%RH
	50°C	20%RH		80%RH
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)25°C, 1m/s Air	6 S	10 S	15 S
<b>Hysteresis</b>			±1%RH	
<b>Long-Term Stability</b>	Typical		±1%RH/year	
<b>Temperature</b>				
<b>Resolution</b>		1°C	1°C	1°C
			8 Bit	8 Bit
<b>Repeatability</b>			±1°C	
<b>Accuracy</b>		±1°C		±2°C
<b>Measurement Range</b>		0°C		50°C
<b>Response Time (Seconds)</b>	1/e(63%)	6 S		30 S

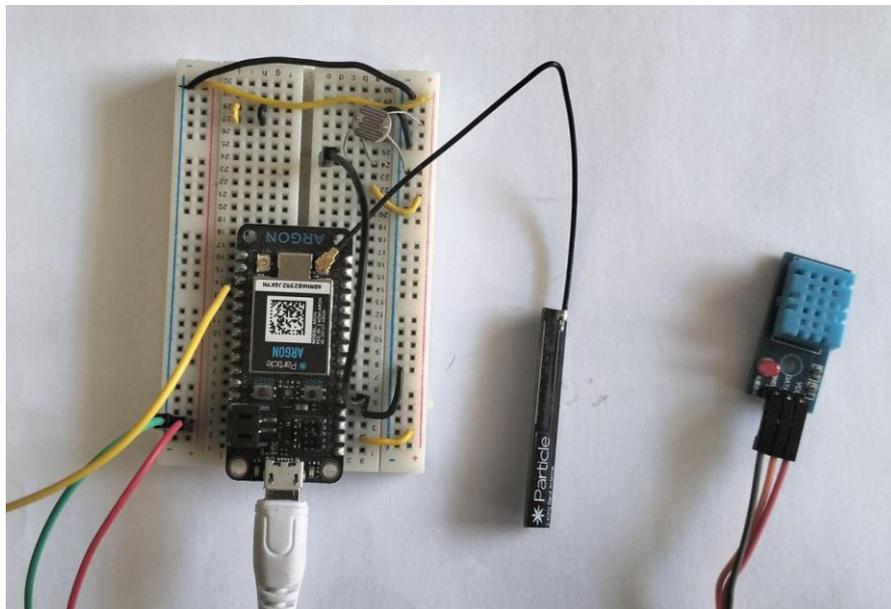
## ANEXO 5

### Especificaciones técnicas del sensor DHT11

<b>Absolute Maximum Ratings</b>				
Allowable Power Dissipation ( $P_D$ )	.....	100 mW ( Derate above 25 °C : 1.0 mW/ °C )		
Maximum Applied Voltage ( $V_{MAX}$ )	.....	150 V <sub>DC</sub>		
Ambient Temperature Range ( $T_A$ )	.....	-30 ~ +75 °C		
<b>Photo-electric Characteristics ( at 25 °C )</b>				
PARAMETER SYMBOL		MIN.	MAX.	UNITS
Light Resistance at 10 Lux	$R_L$ 50		100	k $\Omega$
Gamma Value at 10 ~ 100 Lux	$\gamma$ 0.8	( Typ. )		—————
Dark Resistance ( 10 sec. After shut off 10 Lux )	$R_D$ 5		—————	M $\Omega$
Peak Spectral Response	$\lambda_P$	600	650	Nm

## ANEXO 6

### Implementación física de los sensores con la tarjeta particle argon



## ANEXO 7

Programación para el funcionamiento de la tarjeta particle argon

```
#include <Adafruit_DHT.h>

#include <Ubidots.h>

#include <HttpClient.h>

#define DHTPIN 2

const pin_t SENSOR_PIN = A0;

#define DHTTYPE DHT11

// Ubidots parameters

#ifndef UBIDOTS_TOKEN

#define UBIDOTS_TOKEN "TOKEN_UBIDOTS"

#endif

Ubidots ubidots(UBIDOTS_TOKEN, UBI_HTTP);

const char* ssid = "SSID_WIFI";

const char* password = "CONTRASEÑA_WIFI";

// CallMeBot Parameters

const char* callmebotAPIKey = "CALLMEBOT_API_KEY";

const char* myPhoneNumber = "NUMERO_CELULAR";

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("DHTxx test!");

  dht.begin();

  connectWiFi();

}
```

```
void loop() {  
  
  float humidity = dht.getHumidity();  
  
  float temperature = dht.getTempCelcius();  
  
  int luminosity = analogRead(SENSOR_PIN) * (100.0 / 4000.0);  
  
  if (isnan(humidity) || isnan(temperature)) {  
  
    Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");  
  
    return;  
  
  }  
  
  Serial.print("Humid: ");  
  
  Serial.print(humidity);  
  
  Serial.print("% - ");  
  
  Serial.print("Temp: ");  
  
  Serial.print(temperature);  
  
  Serial.print("*C ");  
  
  Serial.print("Lum: ");  
  
  Serial.print(luminosity);  
  
  Serial.println("% ");  
  
  Particle.publish("temperature", String(temperature), PRIVATE);  
  
  Particle.publish("humidity", String(humidity), PRIVATE);  
  
  Particle.publish("luminosity", String(luminosity), PRIVATE);  
  
  ubidots.add("temperature", temperature);  
  
  ubidots.add("humidity", humidity);  
  
  ubidots.add("luminosity", luminosity);  
  
  //ubidots.sendAll();  
}
```

```

if (temperature > 30.0) {
    sendWhatsAppAlert("Alerta, la temperatura de la bodega de almacenamiento es alta
con: " + String(temperature) + "C");
}
delay(300000);
}

void connectWiFi() {
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.print("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

void sendWhatsAppAlert(const char* message) {
    HTTPClient http;
    String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=";
    url += myPhoneNumber;
}

```

```
url += "&text=";  
  
url += message;  
  
url += "&apikey=";  
  
url += callmebotAPIKey;  
  
int httpCode = http.begin(url.c_str()).GET();  
  
String payload = http.getString();  
  
Serial.println("WhatsApp Alert Sent!");  
  
Serial.println("HTTP Code: " + String(httpCode));  
  
Serial.println("Response: " + payload);  
  
http.end();  
  
}
```

**ANEXO 8** Aprobación del Validador Ph. D David Raimundo Rivas Lalaleo

Yo, **David Raimundo Rivas Lalaleo**, con C.I **1802445302**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Sistema remoto de monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad en bodegas de almacenamiento de productos médicos, bajo plataforma IoT.**

Elaborado por la Ing. **Margarita Gioconda Arroyo Paredes**, con C.I **0550015564**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 31 de agosto de 2023



**David Raimundo Rivas Lalaleo**

**C.I 1802445302**

**Registro SENESCYT: 7241165523**

**ANEXO 9** Aprobación del Validador Ph. D José Luis Varela Aldás

Yo, **José Luis Varela Aldás**, con C.I **2200117758**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SISTEMA REMOTO DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y LUMINOSIDAD EN BODEGAS DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS MÉDICOS, BAJO PLATAFORMA IOT.**

Elaborado por la Ing. **Margarita Gioconda Arroyo Paredes**, con C.I **0550015564**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 31 de agosto de 2023



**José Luis Varela Aldás**

JOSE LUIS VARELA  
ALDAS  
Firmado  
2023-09-05 14:15-05:00

**C.I 2200117758**

**Registro SENESCYT: 7241210148**

**ANEXO 10** Aprobación del Validador Ing. Carlos Ernesto Hernández Orellana Mgs.

Yo, **Carlos Ernesto Hernández Orellana**, con cédula N° **05204559-3**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **SISTEMA REMOTO DE MONITOREO DE TEMPERATURA, HUMEDAD Y LUMINOSIDAD EN BODEGAS DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS MÉDICOS, BAJO PLATAFORMA IOT.**

Elaborado por la Ing. **Margarita Gioconda Arroyo Paredes**, con C.I **0550015564**, estudiante de la Maestría en Electrónica y Automatización de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito D.M., 31 de agosto de 2023

**Carlos Ernesto  
Hernandez  
Orellana** Firmado digitalmente  
por Carlos Ernesto  
Hernandez Orellana  
Fecha: 2023.09.04  
13:54:27 -06'00'

**Carlos Ernesto Hernández Orellana**

**Pasaporte N° 05204559-3**

**Número de Registro de título: 2021328539**