



**APLICACIÓN WEB DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE
INCENDIOS FORESTALES BASADO EN IOT PARA ZONAS RURALES
VULNERABLES EN CUENCA**

Trabajo presentado para optar al título de Tecnólogo Superior en Desarrollo de
Software

Proyecto de grado presentado por: Jeremy Mateo Puchi Bermejo

Carrera: Desarrollo de Software

Tutor académico: Ing. Henry Paul Tigre Avila

Cuenca, 25 de febrero de 2025

DERECHOS DE AUTOR

Los derechos de esta obra son irrenunciables y corresponden a su **AUTOR**, incluido sus derechos patrimoniales. El **Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano** tiene licencia gratuita e intransferible sobre esta obra para uso no comercial, de necesitar uso comercial requiere autorización de su titular.



CARRERA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Aprobación del Trabajo de Titulación

Doy fe que el trabajo desarrollado por el estudiante: **Puchi Bermejo Jeremy Mateo**, con el título **"APLICACIÓN WEB DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE INCENDIOS FORESTALES BASADO EN IOT PARA ZONAS RURALES VULNERABLES EN CUENCA"**, cumple con los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

Atentamente,



Tigre Ávila Henry Paul.

C.I: 0106241862



DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, Puchi Bermejo Jeremy Mateo, estudiante del Instituto Tecnológico Superior Particular Sudamericano de la ciudad de Cuenca - Ecuador, que cursó la Tecnología en **TECNOLOGÍA SUPERIOR EN DESARROLLO DE SOFTWARE**, declaro en forma libre y voluntaria que la presente investigación que versa sobre **"APLICACIÓN WEB DE MONITOREO Y ALERTA TEMPRANA DE INCENDIOS FORESTALES BASADO EN IOT PARA ZONAS RURALES VULNERABLES EN CUENCA"** así como las expresiones vertidas en la misma, son autoría de la compareciente, quien ha realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,



Puchi Bermejo Jeremy Mateo

Cédula: 0107911596



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Objetivos de la investigación.....	13
1.1.1. Objetivo General:.....	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
1.2. Preguntas de investigación	13
1.2.1. General.....	13
1.2.2. Específicas	13
1.3. Justificación	14
2. CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA	15
3. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	17
3.1. Marco Teórico.....	17
3.2. Marco Contextual	20
3.3. Marco Conceptual.....	20
3.3.1. Incendios Forestales.....	20
3.3.1.1. Tipos de Incendios Forestales.....	21
3.3.2. Métodos de Detección de Incendios Forestales.....	21
3.3.3. Tecnologías Utilizadas en el Desarrollo de la Aplicación Web.....	22
3.3.3.1. Next.js.	22
3.3.3.2. React.....	22
3.3.3.3. Node.js.....	24
3.3.3.4. MongoDB Atlas.....	24
3.3.3.5. Broker MQTT - HivemQ.....	24
4. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	26
4.1. Enfoque de investigación	26
4.2. Tipo de investigación.....	26

4.2.0.1. Investigación Evaluativa.....	26
4.3. Corte de la investigación	27
4.4. Instrumentos y técnicas para el levantamiento de la información.....	27
4.4.1. Encuestas	27
4.5. Población y muestra	27
4.5.1. Recolección de Datos.....	28
4.6. Metodología de Desarrollo	28
4.6.0.1. Roles en Scrum.....	29
4.6.0.2. Los eventos clave de Scrum.....	29
4.6.0.3. Aplicación de Scrum en el desarrollo de la aplicación web.....	30
5. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	31
5.1. Aplicación Web Implementada.....	31
5.1.1. Ventana de Inicio	31
5.1.2. Ventana de registro.....	32
5.1.3. Cambio de Contraseña	32
5.1.4. Ventana de Monitoreo	33
5.1.5. Alertas.....	34
5.2. Modelo esquemático del dispositivo IoT para la detección de incendios.....	35
5.3. Dispositivo IoT integrado	35
5.4. Resultado de encuesta aplicada a bomberos.	37
6. CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	42
6.1. Diagramas de Soluciones.....	42
6.1.1. Diagrama de Solución	42
6.1.2. Diagrama de procesos funcionamiento del dispositivo	44
6.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO SOFTWARE SCRUM.....	45
6.2.1. ETAPA 1 – CREACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	45
6.2.2. ETAPA 2 – CREACIÓN HISTORIAS DE USUARIO	46

6.2.2.1.	Historia de Usuario 1	46
6.2.2.2.	Historia de Usuario 2	46
6.2.2.3.	Historia de Usuario 3	48
6.2.2.4.	Historia de Usuario 4	48
6.2.2.5.	Historia de Usuario 5	50
6.2.3.	ETAPA 3 - ELABORACIÓN PRODUCT BACKLOG.....	51
6.2.4.	ETAPA 4 - SPRINT PLANNING - SPRINT BACKLOG.....	52
6.2.4.1.	Sprint 1 - 2.....	53
7.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	54
8.	CONCLUSIONES	56
9.	RECOMENDACIONES	57

ÍNDICE DE TABLAS

4.1.	Cálculo del Tamaño de la Muestra	
	.....	27
6.1.	Roles del equipo	46
6.2.	Historia de Usuario H.U.01	
	.....	46
6.3.	Criterios de aceptación	
	.....	47
6.4.	Detalles RNF-1	
	.....	47
6.5.	Historia de Usuario H.U.02	
	.....	47
6.6.	Criterios de aceptación	
	.....	48
6.7.	Detalles RNF-2	
	.....	48
6.8.	Historia de Usuario H.U.03	
	.....	49

6.9.	Criterios de aceptación	49
6.10.	Detalles RNF-1	49
6.11.	Historia de Usuario H.U.04	50
6.12.	Criterios de aceptación	50
6.13.	Detalles RNF-4	50
6.14.	Historia de Usuario H.U.05	51
6.15.	Criterios de aceptación	51
6.16.	Detalles RNF-5	52
6.17.	Tabla de Product Backlog	52

7.1.	Actividad 1	54
7.2.	Actividad 2.	54
7.3.	Actividad 3	54
7.4.	Actividad 4	55
7.5.	Actividad 5	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

3.1. Imagen Ilustrativa de Next.Js.....	23
3.2. Imagen Ilustrativa de React	23
3.3. Imagen Ilustrativa de Node.js	24
3.4. Imagen Ilustrativa de MongoDB Atlas	24
3.5. Imagen Ilustrativa de HivemQ.....	25
4.1. Imagen Ilustrativa de los votos	28
5.1. Ventana de inicio de sesión	31
5.2. Ventana de Registro	32
5.3. Ventana para Recuperar Contraseña	33
5.4. Ventana del formulario para el cambio de contraseña	33
5.5. Pantalla de monitoreo	34
5.6. Esquema del dispositivo.	34
5.7. Esquema del dispositivo.	35
5.8. Dispositivo.....	36
5.9. Pregunta 1.....	37
5.10. Pregunta 2.....	38
5.11. Pregunta 3.....	38
5.12. Pregunta 4.....	39
5.13. Pregunta 5.....	40
5.14. Pregunta 6.....	40
5.15. Pregunta 7.....	41
6.1. Diagrama de Solución	42
6.2. Diagrama de procesos.....	44
6.3. Sprint Backlog	53

ACRÓNIMOS

WSN *Red de sensores inalámbricos*

SAT Sistema de alerta temprana

MQTT Protocolo de mensajería IoT

TAE Trastorno afectivo estacional

TCC Terapia cognitivo-conductual

OMS Organización Mundial de la Salud

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi padre, por su apoyo incondicional y amor infinito. A mi tutor, por su valiosa guía a lo largo de este proyecto. A mis amigos, por estar a mi lado en cada paso del camino hacia mi graduación. A mis profesores, cuyo conocimiento y enseñanza me han permitido crecer y avanzar. Y, sobre todo, a mí mismo, por la perseverancia, la determinación y la fuerza para seguir intentándolo una y otra vez sin rendirme.

Jeremy Mateo Puchi Bermejo

RESUMEN

Los incendios forestales en Cuenca representan una amenaza significativa para los ecosistemas, zonas rurales y la salud pública. Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación web basada en IoT (Internet de las cosas) para detectar y alertar de los incendios forestales. El sistema recolecta datos de parámetros críticos, como temperatura, humedad y detección de humo, mediante el protocolo de comunicación ligero MQTT y usando como intermediario a HiveMQ todos los datos son recopilados y almacenados en la base de datos y por consiguiente mostrarlos en la aplicación web mediante gráficas lineales permitiendo identificar de manera intuitiva posibles focos de incendio y ayudar a reducir los tiempos de respuesta de las autoridades. La metodología implementada para el desarrollo de la aplicación web usa SCRUM, debido a su adaptabilidad, transparencia, y entregas tempranas e incrementales, la misma se trabajó en conjunto con una metodología de investigación cuantitativa, en ella se realizó encuestas que recopilaron información relevante hacia la importancia del dispositivo y sistema. Los resultados demostraron que los sensores lograron detectar anomalías y transmitir las a la aplicación web de forma eficaz, además de que muestra los datos recopilados realizando gráficas lineales para una mejor comprensión intuitiva. Sin embargo, se considera la necesidad de expandir la cobertura de sensores y fortalecer las tecnologías de comunicación en zonas rurales con conectividad limitada.

Palabras Claves: incendios forestales, IoT, aplicación web, React, impacto ambiental.

ABSTRACT

Wildfires in Cuenca pose a significant threat to ecosystems, rural areas, and public health. This study presents the development of a web application based on IoT (Internet of Things) to detect and alert about forest fires. The system collects data on critical parameters such as temperature, humidity, and smoke detection using the lightweight MQTT communication protocol, with HiveMQ as an intermediary. All collected data is stored in a database and displayed on the web application through line graphs, enabling intuitive identification of potential fire outbreaks and helping reduce response times for authorities. The web application was developed using the SCRUM framework due to its adaptability, transparency, and incremental early deliveries, alongside a quantitative research methodology that included surveys to assess the importance of the device and system. The results demonstrated that the sensors effectively detected anomalies and transmitted the data to the web application, where it was visualized through line graphs for better intuitive understanding. However, expanding sensor coverage and strengthening communication technologies in rural areas with limited connectivity remains necessary.

Keywords: wildfires, IoT, web application, React, environmental impact.

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales representan una amenaza global, impactando negativamente al medio ambiente, ecosistemas, biodiversidad y a las comunidades locales. Según FAO (2024) las áreas afectadas por incendios incrementaron debido al cambio climático y a la intervención humana. En Ecuador también los incendios representan una problemática, especialmente en la sierra por la combinación de sequías y prácticas agrícolas inadecuadas experimentando un aumento del 130 % de incendios, mientras que en áreas quemadas hubo un incremento del 119%.

En la última década, la ciudad de Cuenca y sus alrededores han registrado múltiples incendios que han devastado tanto áreas protegidas como terrenos agrícolas. Según Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (2020), el año 2024 se destacó como el más destructivo en los últimos 14 años, con las provincias del Azuay y Loja como las más afectadas. Loja perdió 32.958 hectáreas de vegetación y desplazó a 31 familias, representando el 42 % de la superficie quemada a nivel nacional, mientras que Azuay registró 14.551 hectáreas dañadas. Entre los incendios más significativos destacan los ocurridos en Tigranoloma, San Antonio y Cruzpamba, en la vía Molleturo que incluso comprometieron áreas críticas del Parque Nacional Cajas. Este parque, considerado un ecosistema clave, es altamente vulnerable debido a su rol en la conservación de la flora y fauna endémica, así como en la recarga hídrica que abastece a las cuencas hidrográficas locales. La pérdida de cobertura vegetal en estas zonas afecta directamente la capacidad de retención de agua, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales para las comunidades aledañas.

En la actualidad, la tecnología ha innovado y revolucionado la forma en la que se manejan estos eventos. Desde sensores remotos y drones para la detección temprana, hasta sistemas basados en inteligencia artificial que pueden predecir áreas de riesgo; estas innovaciones tecnológicas permiten una respuesta más rápida y efectiva. Además, plataformas de control y supervisión remoto como ThingSpeak y dispositivos especializados han demostrado ser herramientas valiosas para recopilar y realizar análisis de datos en tiempo real, así reduciendo el tiempo de respuesta y por ende, los efectos adversos en la flora y fauna.

1.1. Objetivos de la investigación

1.1.1. Objetivo General:

Desarrollar una aplicación web de monitoreo y alerta temprana de incendios forestales basado en IoT (Internet de las cosas) para zonas vulnerables, que permita optimizar los tiempos de respuesta de las autoridades y reducir los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a estos eventos.

1.1.2. Objetivos Específicos

El presente trabajo de titulación tiene los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar un sistema de sensores que recolecte datos críticos como temperatura, humedad y presencia de humo en tiempo real.
- Implementar una plataforma web que integre los datos recolectados y los visualice mediante alertas y reportes históricos.
- Evaluar la eficiencia del sistema en escenarios de prueba para validar su capacidad de reducir los tiempos de respuesta ante incendios.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. General

¿Cómo puede una aplicación web de monitoreo y alerta temprana basada en IoT contribuir al monitoreo ambiental para la detección temprana de incendios forestales en zonas vulnerables de Cuenca, Ecuador?

1.2.2. Específicas

1. ¿Cuáles son las funcionalidades y características que una aplicación web debe tener para ser efectiva en la detección y manejo de incendios forestales en las zonas rurales de Cuenca?

2. ¿Cuál es la percepción de las autoridades locales de Cuenca sobre el uso de una aplicación web diseñada específicamente para la prevención de incendios forestales?
3. ¿Qué impacto tiene el uso regular de una aplicación web de prevención y manejo de incendios forestales en la reducción de tiempos de respuesta y la mitigación de sus efectos en un periodo de tiempo específico?

1.3. Justificación

Debido a que en la actualidad los incendios forestales han incrementado en 2024, el Ministerio del Ambiente (2024a) señala que el Consejo de Seguridad Pública y del Estado llevó a cabo una reunión para analizar las mejores opciones de prevención y reducir considerablemente los incendios forestales. Una de las decisiones que se tomaron en la reunión fue la de reforzar el equipamiento básico para la extinción de incendios a nivel nacional. Sin embargo, estas medidas no abordan la deficiencia en la detección temprana de incendios, un factor clave para prevenir la propagación y minimizar su frecuencia. En este contexto se declaró la Alerta Naranja en Pichincha, Imbabura, Carchi, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja y El Oro, lo que resalta la gravedad y la urgencia de implementar soluciones más efectivas.

El propósito de este estudio es el implementar un dispositivo IoT en las zonas vulnerables en Cuenca. La investigación permitirá identificar áreas de alto riesgo a su vez información clave para mejorar la respuesta de las autoridades ante estos desastres. Los principales beneficiarios de este proyecto serán las comunidades rurales, el sector forestal y las autoridades ambientales, quienes podrán acceder a herramientas tecnológicas de bajo costo y alta eficiencia.

CAPÍTULO I: PROBLEMÁTICA

Los incendios forestales representan una de las formas más frecuentes de desastre natural en algunas regiones del mundo, siendo una amenaza ambiental y social a nivel mundial. Estos desastres no solo causan una pérdida significativa de biodiversidad, sino que afectan a las comunidades locales, además de contribuir al cambio climático; a esto también se le atribuye el impacto en la salud pública debido a la emisión de gases y partículas nocivas.

En este sentido, ONU (2022) señala que un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) indica que los incendios forestales podrían incrementar en un 30 % a nivel global, esto a causa del calentamiento global. Además de que la combinación de factores climáticos (sequías, altas temperaturas) y humanos (quemadas no controladas, actividades agrícolas) ha aumentado la frecuencia e intensidad de estos fenómenos.

De acuerdo con Infobae (2020) el 95 % de los incendios forestales son provocados por la mano humana, principalmente debido a cigarrillos encendidos, lotes abandonados y uso de fuego para preparar áreas de siembra. Estas acciones generalmente evitables resaltan la negligencia sobre el uso de los recursos naturales. Además, las sequías prolongadas, altas temperaturas y vientos fuertes ayudan a la propagación del fuego.

Levi (2023) informa que en América Latina en los últimos años el incremento de incendios forestales ha sido preocupante, ya que se han experimentado numerosos focos de incendios en varios países como Brasil, Bolivia, Argentina, Chile, Ecuador y Perú. Por ejemplo, en 2020 se registraron incendios forestales récord del Pantanal, en Brasil, afectando más de 3 millones de hectáreas de bosque. En Chile también fueron registrados incendios forestales, afectando un total de 71.000 hectáreas de bosques y áreas naturales, incluyendo ecosistemas valiosos como el Parque Nacional La Campana, debido a la rápida propagación del fuego por fuertes vientos que dificultaron la extinción del mismo.

De acuerdo con la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos (2024), datos del ministerio del ambiente. En Ecuador se reportan cientos de incendios anualmente, registrando un total de 1491 incendios forestales en 21 provincias, 130 cantones y 435 parroquias, provocando una pérdida total de 25.000 hectáreas en áreas verdes.

Siendo 2024 con más cobertura vegetal quemada en el Ecuador y con 2 personas gravemente heridas mientras se trabaja en la extinción del fuego en Loja. Las provincias con mayor pérdida en el año 2024 fueron Loja, Azuay y Pichincha con un total que va de 2.000 a 14.000 ha afectadas por estos eventos catastróficos.

Vota (2024) señala que una de las consecuencias negativas de los incendios forestales es el impacto socioeconómico que tiene sobre los países, ya que arruina las regiones forestales. Afectando al turismo, siendo que en algunos es el pilar principal de ingresos, estos desastres desencadenan una serie de sucesos como el desempleo y desplazamiento de comunidades, además de la interrupción de actividades económicas locales. Otros de los efectos va directamente relacionado con la calidad de vida de los habitantes cercanos a las zonas devastadas. Es así que, Jijón y Jijón (2024) establece que estas catástrofes afectan directamente la calidad del aire con niveles peligrosos de contaminación en las ciudades de Cuenca y Loja, generando grandes humaredas. Por lo que, el sábado 16 de noviembre las autoridades informaron que se registraba humo con un nivel de contaminación equivalente a 221 partículas finas (menores a 2,5 micras) por el incendio en el Parque Nacional Cajas afectando completamente a la salud pública, debido a que estas cantidades de humo pueden derivar en enfermedades como bronquitis, además de exponer a las personas mayores a niveles altos de riesgo, ya que es posible que las mismas padezcan de enfermedades cardíacas o pulmonares.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

3.1. Marco Teórico

El uso de IoT ha abordado nuevos campos, y la prevención de desastres no es la excepción; para ello se hace uso de sensores especializados y de equipos de comunicación a larga distancia que monitorean constantemente las condiciones climáticas. En este sentido, Serrano y Ochoa (2024) presenta un sistema de respuesta ante las inundaciones y desbordamientos del río Tomebamba. El sistema usa paneles, aprovechando la energía solar, además de estar constituidos por nodos y sensores ultrasonicos conectados a microcontroladores obteniendo datos del nivel del agua, estos datos son transmitidos por tecnología LoRa hacia un Gateway y la envía hacia una plataforma IoT en un dispositivo raspberry pi que permite la visualización de los datos. La integración de este tipo de tecnologías demuestra su eficacia en la transferencia de información en tiempo real desde áreas remotas.

Además de la detección de inundaciones, los sensores inalámbricos han sido implementados en otros ámbitos ambientales, como el monitoreo de incendios forestales. Jonathan David Arguero Tello (2020) planteó el diseño de una red de sensores inalámbricos (WSN, por sus siglas en inglés) con comunicación ZigBee, monitoreada a través de la plataforma Ubidots. Teniendo en cuenta los resultados, los mismos indican que la red de sensores inalámbricos es completamente funcional en un entorno con baja incidencia de fallos. La red está compuesta de un nodo coordinador interconectado con otros tres nodos sensores; cada uno se conecta al nodo coordinador y a su vez este se conecta a una Raspberry Pi con el objetivo de recopilar y visualizar los datos obtenidos, permitiendo la una intercomunicación mediante la plataforma Ubidots. Mientras que este sistema toma un enfoque en la evaluación del rendimiento de sensores inalámbricos, otros estudios han explorado su aplicación en la prevención de incendios forestales. Vinuesa et al. (2022) propone un sistema de alerta temprana para incendios forestales, utilizando Raspberry Pi y módulos XBee para procesar y transmitir datos ambientales. Este sistema destaca por su autonomía, portabilidad y bajo costo, integrando cámaras para capturar imágenes almacenadas en la nube, lo que permite verificar incendios incipientes. Las pruebas de campo confirmaron su confiabilidad y viabilidad

económica, convirtiéndolo en una opción viable para la prevención de estos eventos, similar al enfoque adoptado en este proyecto.

Siguiendo esta línea, pero con un enfoque específico en la protección de ecosistemas vulnerables, Cuesta (2021) plantea la implementación de redes y sensores inalámbricos e internet de las cosas (IoT), enfocándose en mejorar la situación del Páramo de Sumapaz con los incendios forestales. Con la conclusión de haber plantado las bases para futuros proyectos, además de resultar completamente una idea óptima en relación con la detección de incendios forestales.

Además del uso de sensores en zonas específicas, se han desarrollado sistemas con tecnología LoRa para ampliar el alcance y la eficiencia para la detección de incendios. GeneraciónIoT (2024) implementó sensores IoT alimentados por paneles solares y con un alcance ampliado gracias a la tecnología de radio LoRa ha demostrado ser altamente eficiente. Estos dispositivos pueden conectarse directamente a satélites, garantizando una transferencia de datos en áreas vulnerables y de difícil acceso de manera eficiente y confiable. Además, esta solución integra aprendizaje automático para detectar anomalías y minimizar falsas alarmas, abordando así la problemática de identificar incendios en sus etapas iniciales en áreas de difícil acceso. Los primeros resultados obtenidos en España evidencian una alta eficacia en la detección de focos de incendio, posicionando esta tecnología como una herramienta clave para la gestión de emergencias en zonas rurales.

De igual manera, Morocho y Ríos (2021) realizó un sistema diseñado para monitorear parámetros ambientales como posición geográfica, temperatura, monóxido de carbono, dióxido de carbono, velocidad y dirección del viento mediante la implementación de tres nodos sensoriales basados en la tecnología LoRa. Este sistema se divide en dos secciones principales: hardware y software. El software incluye la lógica que controla el microprocesador y la integración con la nube a través de la plataforma ThingSpeak, mientras que el hardware está compuesto por un conjunto de sensores capaces de detectar anomalías. Estos sensores emplean comunicación inalámbrica LoRa para transmitir datos a largas distancias. Los resultados obtenidos destacaron la eficacia del sistema en la lectura de datos entre el nodo y el gateway, así como en la conexión con la nube, lo que permite una vista de información relevante para la detección temprana de incendios. Además, la comunicación LoRa logró un alcance de 1 km, demostrando su potencial para operar en áreas

rurales o de difícil acceso.

Partiendo de lo anterior también existen soluciones basadas en visión artificial por esto GmbH (2023) Bosch desarrolló un sistema que incluye sensores inteligentes para detectar cambios en la temperatura y la presencia de gases asociados con combustión. Con la cámara IR Aviotec 8000i puede detectar incendios basados en videos, logrando un tiempo 3 veces más rápido que los detectores de humo por aspiración, esto se debe a sus algoritmos de IA permitiendo así una mayor confiabilidad para detectar focos de incendio reales.

Un enfoque similar en la detección temprana de incendios se ha aplicado en el Bosque Primavera en México. Angel et al. (2009) señala que el Bosque Primavera uno de las áreas más protegidas e importantes del occidente de México, enfrenta incendios forestales los cuales son causados por negligencias así como por fenómenos naturales. Con el objetivo de mitigar estos riesgos, se desarrolló un sistema de alerta temprana (SAT) para incendios forestales. Este sistema utiliza estaciones automáticas de monitoreo meteorológicos y un modelo numérico llamado Weather Research Forecasting (WRF), que analiza variables como la temperatura, humedad y velocidad del viento. Los resultados incluyen la creación de una página web interactiva, que ofrece pronósticos meteorológicos hasta 84 horas, ayudando a prever las condiciones que podrían favorecer el inicio de incendios en la zona.

Otro proyecto reciente ha desarrollado un prototipo IoT para la detección temprana de incendios. Armijos y Guerrero (2024) plantea la importancia de detectar incendios forestales cuando el mismo se inicia, lo cual es crucial para extinguirlo de manera temprana. Por esto, desarrollaron un prototipo IoT junto con una plataforma de monitoreo para la detección temprana de incendios forestales, respondiendo a la necesidad de combatir estos desastres con resultados buenos debido a la precisión en la detección de eventos, minimizando tanto falsos positivos como negativos, proporcionando confiabilidad para una toma de decisiones.

Por otro lado, aunque con un enfoque distinto, la medición y monitoreo de la calidad del aire también ha sido abordada mediante tecnologías IoT. En este contexto Medina y Rebeca (2020) desarrolló una plataforma e implementó un dispositivo de (IoT) para medir y monitorear la calidad del aire en zonas urbanas, motivado por la contaminación del aire, ya que el humo puede

ocasionar enfermedades y muertes. Este dispositivo fue diseñado para monitorear la calidad del aire utilizando el microcontrolador Arduino MKR1000 junto con el protocolo MQTT, permitiendo enviar y almacenar datos en una base de datos que registra altos niveles de gas donde el dispositivo fue instalado. Los resultados obtenidos presentan la factibilidad y fiabilidad en la transmisión de datos a la plataforma, la misma permite visualizar datos clave, como la concentración de humo, temperatura y humedad.

3.2. Marco Contextual

En el contexto a la problemática que representa los incendios forestales, además de la falta de herramientas para la detección de los mismos en la ciudad de Cuenca, Ecuador, se ha presentado un aumento en la frecuencia e intensidad de estos desastres, el proyecto es desarrollado en colaboración con el Cuerpo de Bomberos de Cuenca, con el objetivo de implementar una aplicación web interconectada a un dispositivo (IoT) capaz de detectar incendios en sus fases iniciales y enviar alertas a la aplicación. El sistema propuesto, está compuesto por un sensor de Humedad, Temperatura, Humo, Flama y la integración de un módulo GPS, facilitando el monitoreo y obteniendo respuestas en tiempo real. Incluso puede facilitar el control de áreas lejanas, la solución optimiza el tiempo de respuesta a emergencias proporcionando información importante.

3.3. Marco Conceptual

3.3.1. Incendios Forestales

En el contexto de incendios forestales, estos se definen por su propagación descontrolada, específicamente en áreas remotas y de difícil acceso, afectando directamente a la flora y fauna de ecosistemas valiosos. Los mismos ocurren con más frecuencia en los meses de verano, pero gran parte de estos son a causa de la mano humana, como en España o EE.UU (colaboradores de Wikipedia, 2025).

Agregado a lo anterior, el cuerpo de Bomberos de Quito indica que el 0,1 % de incendios forestales que se producen cada año son por causas naturales, resaltando que la gran mayoría son

de la negligencia humana, como ejemplo, la quema de matorrales, hierba seca, pajonales y también los que ocurren en parques Ministerio del Ambiente (2024b).

3.3.1.1. Tipos de Incendios Forestales

1. Incendios de superficie:

Afectan la vegetación baja como pasto y arbustos. Son los más comunes y fáciles de identificar. Suelen ser los más frecuentes ya que contemplan el 85 % de los incendios. Las Quemas agrícolas, relacionada con la preparación de los terrenos para el cultivo es asociado principalmente con los incendios de superficie ya que son iniciados en pastizales y matorrales. Además, las acciones de Negligencia como dejar fogatas mal apagadas o colillas de cigarrillos arrojados en la vegetación seca son causantes directos de estos tipos de incendios.

2. Incendios de Copa: Se propagan por la parte superior de los árboles (Copa), su propagación es rápida debido a los fuertes vientos y vegetación seca. Una de sus causas son las condiciones climáticas adversas como sequías prolongadas y las temperaturas altas ayudan a que el fuego alcance a las copas de los árboles, esto a causa de los incendios provocados en áreas boscosas pueden escalar rápidamente en este tipo de incendios, especialmente en zonas con vegetación densa.

3.3.2. Métodos de Detección de Incendios Forestales

1. Detección visual

Este método está basado en personal capacitado que observan al horizonte en busca de columnas de humo, los mismos mantienen control desde torres de vigilancia o también patrullas terrestres para recorrer áreas forestales y lograr identificar incendios forestales.

2. Detección por satélite

Imágenes térmicas satelitales como el MODIS y VIIS que pueden identificar puntos calientes y columnas de humo una de las ventajas es que tiene una cobertura global, además

de detección en tiempo real y la capacidad de monitorear en áreas remotas. Pero no todo son buenas noticias ya que las desventajas son las imágenes que captura, la mayoría de las veces llegan a ser una resolución muy baja y la dependencia de la frecuencia de paso del satélite.

3. Detección por drones

Vuelan sobre áreas forestales para identificar focos de calor y humo, transmitiendo imágenes en tiempo real, siendo muy flexible además de tener la capacidad de acceder a áreas remotas y peligrosas pero el problema radica en que su batería es muy poca y tiene un costo alto dicho sea de paso que algunos requieren programación y mantenimiento.

3.3.3. Tecnologías Utilizadas en el Desarrollo de la Aplicación Web

En este capítulo se usaron tecnologías para el desarrollo de la aplicación web de monitoreo y alerta temprana de incendios forestales basada en (IoT) para optimizar los tiempos de respuesta por parte de las autoridades.

3.3.3.1. Next.js.

En la figura 3.1 tenemos a Next.js, que se lo identifica en el mundo de la programación por ser un framework de React, diseñado para crear aplicaciones web en la actualidad con funciones avanzadas, como el renderizado del lado del servidor o mejor conocido como (SSR). Además, Next.js cuenta con un sistema de enrutamiento automático basado en la estructura de archivos, lo que simplificó la creación de interfaces de usuario y redujo el tiempo de desarrollo (Next.js, 2025).

3.3.3.2. React.

En la figura 3.2 se presenta React, esta es una librería de JavaScript ampliamente utilizada para construir interfaces de usuario reutilizables debido a su enfoque basado en componentes que fueron clave para el desarrollo de una interfaz dinámica y responsive permitiendo a los usuarios finales una visualización para un análisis de datos eficiente (Coppola, M., 2022).

Figura 3.1:
Imagen Ilustrativa de Next.Js

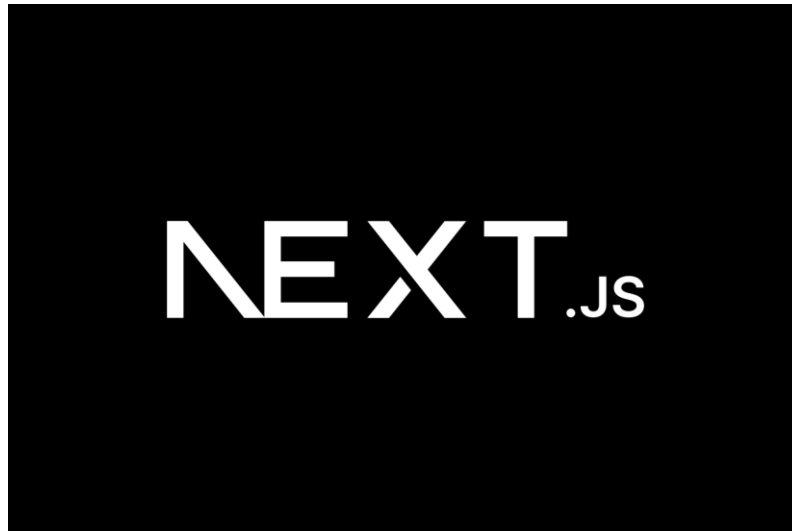
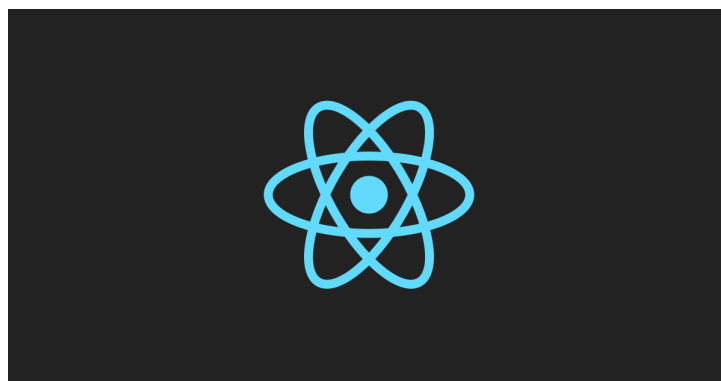


Figura 3.2:
Imagen Ilustrativa de React



3.3.3.3. Node.js.

En la figura 3.3 se presenta el log de node.js, el cual es un entorno para ejecutar código de JavaScript del lado del servidor. Node.js sirve para construir el backend de la aplicación, además de tener la capacidad de gestionar muchas solicitudes (Flores, 2023).

Figura 3.3:
Imagen Ilustrativa de Node.js



3.3.3.4. MongoDB Atlas.

En la figura 3.4 se presenta MongoDB Atlas, que es una base de datos de servicio. La misma tiene el beneficio de que siempre está activa, además de contar con la capacidad para manejar una gran cantidad de datos simultáneamente (MongoDB, 2025).

Figura 3.4:
Imagen Ilustrativa de MongoDB Atlas



3.3.3.5. Broker MQTT - HivemQ.

En la figura 3.5 se presenta el logo de HiveMQ, este es un broker con una plataforma que permite la transferencia segura de datos. Este broker también ofrece el clustering y la integración con la nube (InfluxData, 2021). Por otra parte, tenemos a MQTT, que es un protocolo de mensajería

ligero para una comunicación con dispositivos de redes, con una latencia considerablemente alta, siendo ideal para aplicaciones IoT (AWS, 2023).

Figura 3.5:
Imagen Ilustrativa de HivemQ



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Enfoque de investigación

Este trabajo se desarrolló con un enfoque cuantitativo, ya que se centra en la recopilación de datos numéricos para evaluar la efectividad de una aplicación web en la mejora de la respuesta ante incendios forestales.

La metodología de investigación cuantitativa se basa en la manera de recopilar datos informativos usando métodos como las encuestas en línea. Esta metodología está enfocada en obtener información relevante de clientes o población a la que se dirige el proyecto realizado, al finalizar, los resultados pueden ser analizados cuidadosamente, reflejando la factibilidad del proyecto (Mugira A, 2023).

4.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada debido a que no solamente se basa en algo teórico, sino que trata de tener un impacto directo y tangible, aplicando conocimientos existentes en IoT y desarrollo de software para diseñar e implementar una herramienta que optimice los procesos de monitoreo y respuesta.

4.2.0.1. Investigación Evaluativa

El método evaluativo consiste en un enfoque sistemático para analizar, valorar y mejorar programas, proyectos o políticas, con el objetivo de determinar su eficacia, eficiencia y sostenibilidad, y así facilitar el desarrollo del proyecto, además de obtener mejoras permanentes (Velázquez A, 2023).

Este trabajo se realizó con el tipo de investigación evaluativa debido a que se buscó determinar si la aplicación web cumple con su objetivo principal: Desarrollar una aplicación web basada en el Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo y alerta temprana de incendios forestales, que permita optimizar los tiempos de respuesta de las autoridades y reducir los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a estos eventos. Además de identificar fallas y mejorar en la implementación

del sistema, como por ejemplo, en un futuro poder desarrollar una red completa para cubrir áreas mucho más grandes ante incendios forestales.

4.3. Corte de la investigación

El presente estudio tiene un diseño transversal debido a que se define como un tipo de investigación observacional que analiza datos de variables recopiladas sobre una población o subconjunto predefinido.

4.4. Instrumentos y técnicas para el levantamiento de la información

4.4.1. Encuestas

Se diseñaron y aplicaron encuestas estructuradas dirigidas a las autoridades responsables de la gestión de incendios forestales, con el objetivo de cuantificar su percepción sobre la efectividad de la aplicación web. Las encuestas incluyeron preguntas cerradas y escalas Likert, lo que permitió analizar tendencias y frecuencias de manera objetiva. Este instrumento fue fundamental para medir el nivel de satisfacción y la utilidad percibida de la herramienta.

4.5. Población y muestra

La población de este estudio estuvo conformada por los bomberos activos en la región de Cuenca, quienes son los principales usuarios potenciales de la aplicación web para el monitoreo y respuesta ante incendios forestales.

Tabla 4.1:
Cálculo del Tamaño de la Muestra

Parámetro	Valor
Tamaño de la población (N)	11

Nota. La tabla muestra datos recopilados durante la investigación

4.5.1. Recolección de Datos

La encuesta realizada tiene como objetivo diagnosticar la factibilidad y las necesidades del desarrollo de la aplicación web, teniendo un total de 7 preguntas que se distribuyeron en línea. :

1. ¿Qué tan útil considera que sería una aplicación web para monitorear incendios forestales en tiempo real?
2. ¿Qué tan útil sería que la aplicación web muestre datos ambientales en tiempo real (temperatura, humedad, dirección del viento)?
3. ¿Qué tan importante es para usted recibir alertas tempranas sobre incendios forestales a través de una aplicación web?
4. ¿Qué tan importante es que la aplicación web permita la comunicación entre los equipos de respuesta durante una emergencia?
5. ¿Qué tan probable es que utilice una aplicación web para coordinar la respuesta ante incendios forestales?
6. ¿Qué tan probable es que la aplicación web reduzca el tiempo de respuesta ante incendios forestales?
7. ¿Qué tan probable es que recomiende la aplicación web a otros bomberos o autoridades?

Figura 4.1:
Imagen Ilustrativa de los votos

4.6. Metodología de Desarrollo

Descripción de la metodología Scrum

Scrum es un marco de administración utilizado por equipos, ya que esta metodología permite estructurar y gestionar trabajos complejos, especialmente en el desarrollo de software. Basada en

colaboración, adaptabilidad y entrega incremental. También se le atribuye la transparencia, pues bien todos los miembros del equipo son conscientes de las dificultades que pueden tener los demás, evitando la falta de comunicación y cuellos de botella en el desarrollo; dicho sea de paso en esta metodología se puede volver a repriorizar las tareas en función a lo que el cliente desea.

4.6.0.1. Roles en Scrum

Para el desarrollo de un trabajo con la metodología se requieren tres roles principales: Product Owner, Scrum Master y el equipo de desarrollo.

- **Scrum Master:** Este rol le pertenece a la persona que se encarga de facilitar el desarrollo, realizar reuniones, motivar y eliminar impedimentos para los sprints, asimismo asegurarse de que el equipo pueda cumplir cada objetivo en el trabajo.
- **Product Owner:** El dueño del producto es el responsable de priorizar los objetivos de cada sprint y administrar el backlog de Scrum (lista de pendientes actualizada)
- **Equipo de desarrollo:** Son todos los miembros del equipo encargados de desarrollar el trabajo e incrementar los sprints.

4.6.0.2. Los eventos clave de Scrum

- **Sprint Planning:** En este evento el equipo estima el trabajo que debe completarse durante el siguiente Sprint. También se debe definir los objetivos de cada sprint, siendo específicos, medibles y viables, dicho esto cada miembro del equipo debe comprender cómo se pueden hacer entregables durante sprint.
- **Daily Scrum:** Esta es una sesión breve en la que los miembros del equipo planifican el trabajo del día, esta reunión suele durar de entre 10 y 15 minutos.
- **Sprint Review:** Al finalizar cada sprint el equipo se reúne para revisar el trabajo y presentarlo ante el Product Owner.

- **Sprint Retrospective:** Es una reunión para que los miembros reflexionen sobre el sprint y poder mejorar para el próximo.

4.6.0.3. Aplicación de Scrum en el desarrollo de la aplicación web

En la aplicación Scrum proporcionó beneficios significativos, como la flexibilidad para adaptarse a cambios, transparencia en el avance del proyecto y los incrementos en las funcionalidades; estos aspectos fueron fundamentales para el éxito del desarrollo web, asegurando el objetivo principal: Desarrollar una aplicación web basada en el Internet de las cosas (IoT) para el monitoreo y alerta temprana de incendios forestales, que permita optimizar los tiempos de respuesta de las autoridades y reducir los impactos ambientales, sociales y económicos asociados a estos eventos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

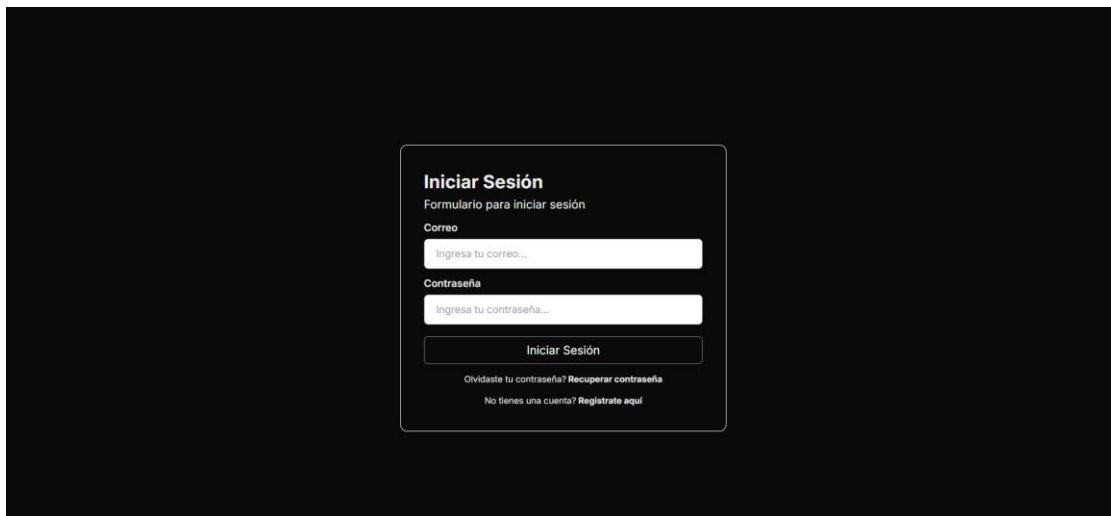
En el presente capítulo se muestran los resultados de la aplicación web, dispositivo IoT y la encuestas realizadas. También se incluyen capturas de las distintas pantallas junto con descripciones de las funcionalidades que tiene la aplicación web, además de presentar la figura del modelo esquemático del dispositivo IoT. Por otra parte también se integra los resultados obtenidos de las preguntas realizadas en la encuesta.

5.1. Aplicación Web Implementada

5.1.1. Ventana de Inicio

La aplicación web fue desarrollada y diseñada para servir como herramienta a los bomberos, para que los mismos puedan detectar incendios guiándose mediante una interfaz intuitiva para el monitoreo de datos (temperatura, humedad, humo y fuego); cuando los datos presentados en el dashboard sean críticos, la aplicación web lanzará una notificación de alerta, buscando minimizar la reacción ante este tipo de eventos.

Figura 5.1:
Ventana de inicio de sesión

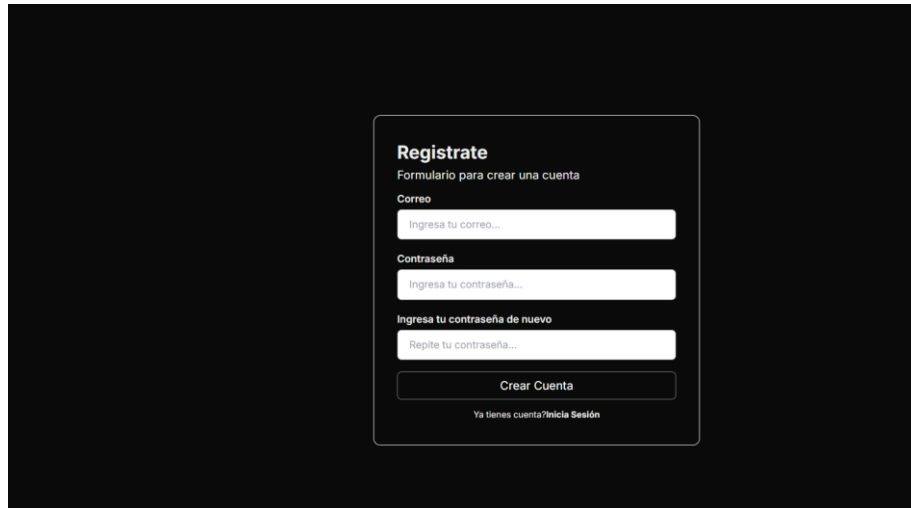


En la figura 5.1 se muestra la pantalla de inicio de sesión, la cual permite el acceso a la plataforma. Esta opción es importante porque se enfoca en brindar una experiencia segura y personalizada al usuario. El beneficio resalta cuando el usuario ha iniciado sesión; la aplicación web lo redi-

rigirá a la ventana principal de monitoreo donde se visualizan los datos recibidos por parte del dispositivo.

5.1.2. Ventana de registro

Figura 5.2:
Ventana de Registro



The image shows a registration form on a dark background. The form is a white rounded rectangle with the following elements:

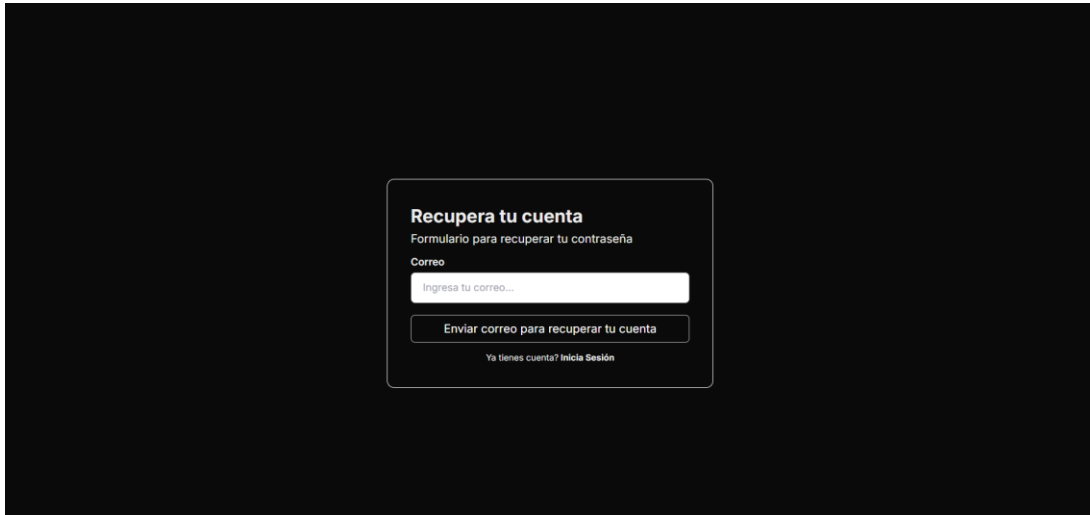
- Regístrate** (Title)
- Formulario para crear una cuenta (Subtitle)
- Correo** (Label) above an input field with placeholder text "Ingresa tu correo..."
- Contraseña** (Label) above an input field with placeholder text "Ingresa tu contraseña..."
- Ingresa tu contraseña de nuevo** (Label) above an input field with placeholder text "Repite tu contraseña..."
- Crear Cuenta** (Button)
- [Ya tienes cuenta? Inicia Sesión](#) (Link)

La figura 5.2 presenta la ventana de registro que está desarrollada y diseñada para que los usuarios nuevos se registren en la aplicación web, además, esta funcionalidad permite que cada uno cuente con sus propias credenciales y también otorgarles el acceso a la ventana principal de monitoreo.

5.1.3. Cambio de Contraseña

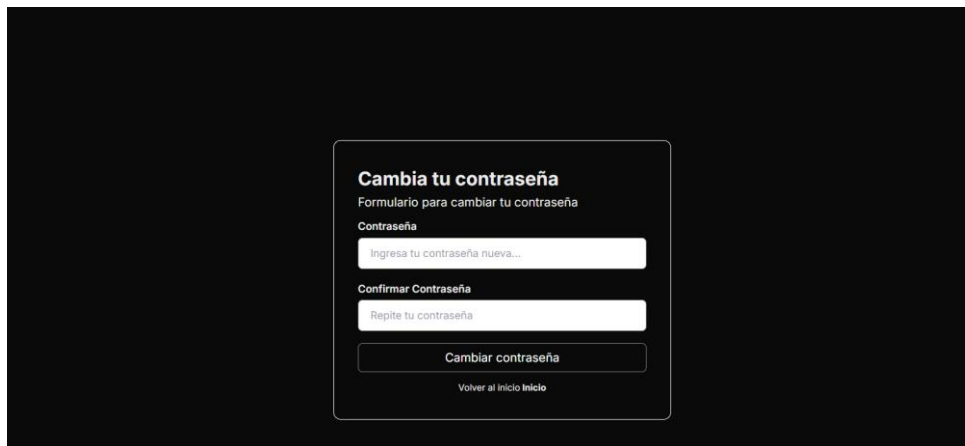
La figura 5.3 se muestra la funcionalidad de recuperación de contraseña. Esta opción permite que el usuario restablezca su contraseña, ingresando su correo electrónico; por consiguiente, recibirá un correo con un link que lo dirigirá a una ventana para restablecer su contraseña como se muestra en la figura 5.4.

Figura 5.3:
Ventana para Recuperar Contraseña



The image shows a dark-themed user interface for recovering a password. The form is centered and contains the following elements: a title 'Recupera tu cuenta', a subtitle 'Formulario para recuperar tu contraseña', a label 'Correo', an input field with the placeholder text 'Ingresa tu correo...', a button labeled 'Enviar correo para recuperar tu cuenta', and a link at the bottom that says 'Ya tienes cuenta? Inicia Sesión'.

Figura 5.4:
Ventana del formulario para el cambio de contraseña



The image shows a dark-themed user interface for changing a password. The form is centered and contains the following elements: a title 'Cambia tu contraseña', a subtitle 'Formulario para cambiar tu contraseña', a label 'Contraseña', an input field with the placeholder text 'Ingresa tu contraseña nueva...', a label 'Confirmar Contraseña', an input field with the placeholder text 'Repite tu contraseña', a button labeled 'Cambiar contraseña', and a link at the bottom that says 'Volver al inicio Inicio'.

5.1.4. Ventana de Monitoreo

La figura 5.5 se puede ver la ventana principal de monitoreo, donde se visualizan los datos (temperatura, humedad, humo y flama) recopilados del dispositivo IoT, representados mediante gráficos lineales, generados con Chart.js. Facilitando el análisis de las mediciones obtenidas y permitiendo a los usuarios identificar focos de incendios basándose en las gráficas obtenidas.

Figura 5.5:
Pantalla de monitoreo



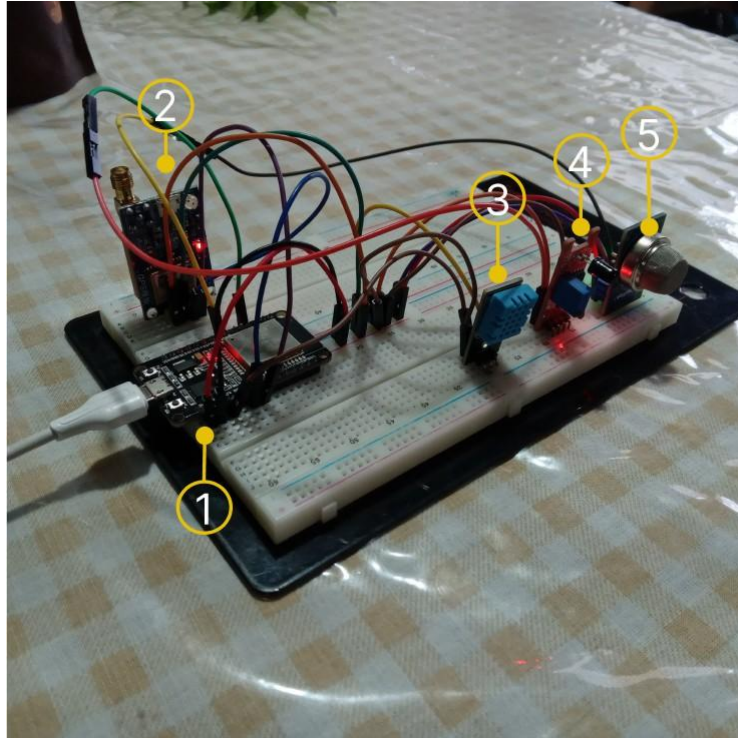
5.1.5. Alertas

Aquí se muestra la característica principal de la aplicación web, las alertas. Estas aparecen cuando la aplicación web recibe datos que superan el rango de peligro, proporcionando así una ayuda al momento de detectar los incendios en tiempo real. La figura 5.6 nos presenta los colores para los distintos eventos que se presentan cuando el dispositivo recolecta los datos; también en la figura 5.5 se puede visualizar que la alerta está en color verde, lo que indica que no se detecta un incendio.

Figura 5.6:
Esquema del dispositivo.

- **Verde (No hay incendio)** → 0 o 1 sensor en alerta.
- **Amarillo (Posible incendio)** → 2 o 3 sensores en alerta.
- **Rojo (Incendio confirmado)** → Los 4 sensores en alerta.

Figura 5.8:
Dispositivo.



se encarga de todas las conexiones y el uso de tecnologías, como el protocolo MQTT y la comunicación con la aplicación web usando como intermediario a HveMQ.

2. **Módulo GPS (GY-GPS6MV2):** modulo encargado de establecer una conexión con los satélites que orbitan la tierra para obtener una ubicación geográfica. Los resultados del GPS resultaron ser altamente eficientes ya que permite al dueño, ubicar el dispositivo y saber cual es la zona que se está monitoreando.
3. **Módulo de Temperatura-Humedad (DHT11):** se encarga de medir la temperatura y la humedad del ambiente. Es una parte esencial e importante del sistema, ya que es fundamental para detectar condiciones críticas que podrían indicar la presencia de fuego.
4. **Módulo de Gas (MQ2):** este sensor detecta la presencia de gases, por lo que fue fundamental su implementación, para detectar cambios en el aire, y así detectar (CO2) y poder tener más datos de cuales confiar y evitar falsos positivos.

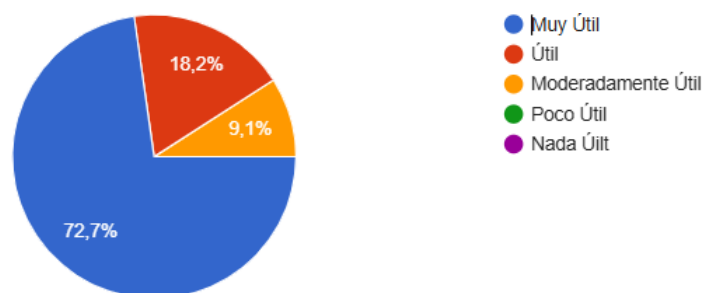
5. **Módulo de Flama (KY-026):** su propósito es detectar fuego mediante la captación de radiación infrarroja emitida por las llamas. Su rápida respuesta permite identificar incendios en sus primeras etapas y activar alertas para una intervención oportuna, reduciendo el riesgo de propagación.

5.4. Resultado de encuesta aplicada a bomberos.

Luego de tener a la muestra de la población y obtener datos de los mismos a través de encuestas realizadas con Google Forms, se recopilieron los siguientes datos de cada una de las preguntas, los cuales serán analizados a continuación.

1. **¿Que´ tan útil considera que ser´ia una aplicación web para monitorear incendios forestales en zonas rurales vulnerables en cuenca en tiempo real?**

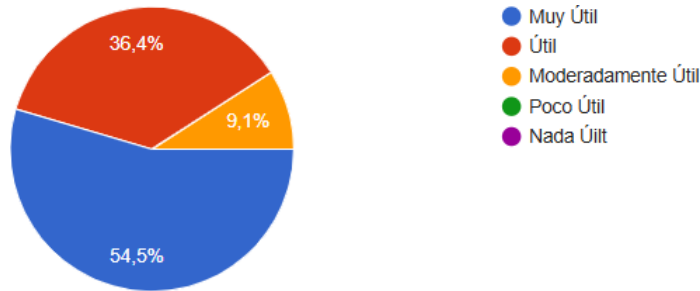
Figura 5.9:
Pregunta 1



En la figura 5.9 se nos muestra que el recibimiento de la Aplicación Web fue bien valorada por los bomberos, con un 72 % de aceptación, considerándola muy útil cuando se trata de la importancia en detectar incendios en zonas vulnerables, esto debido a que se puede obtener información en tiempo real, además de mantener control en las zonas que serán monitoreadas.

2. **¿Que´ tan ´til ser´ia que la aplicaci3n web muestre datos ambientales en tiempo real (temperatura, humedad, Flama, humo)?**

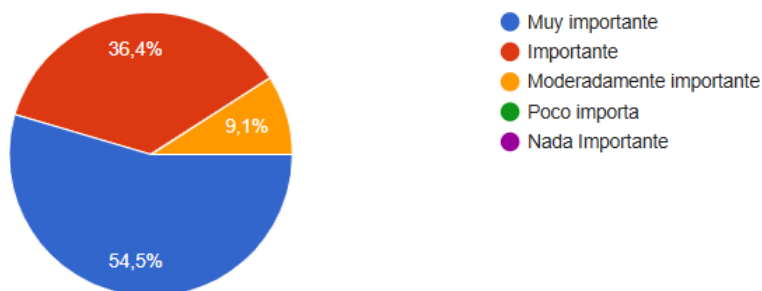
Figura 5.10:
Pregunta 2



Seguimos con la Pregunta 2, nuestra figura 5.10 demuestra que los resultados fueron favorables ante la utilidad de la Aplicaci3n Web con un 54 %, debido a que la utilidad de una visualizaci3n gr´afica de todos los datos recolectados podr´ia ayudar en gran medida a diferenciar de manera intuitiva cuando hay o no focos de posibles incendios.

3. **¿Que´ tan importante es para usted recibir alertas tempranas sobre incendios forestales a trav3s de una aplicaci3n web?**

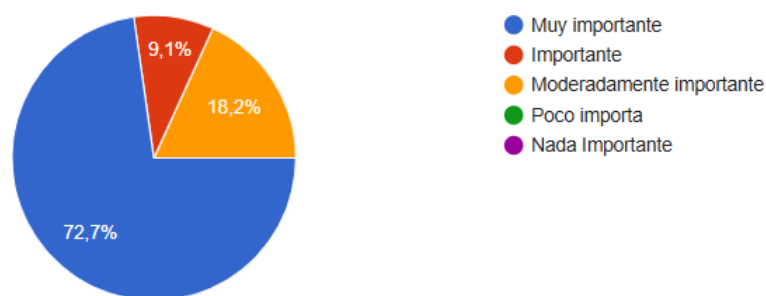
Figura 5.11:
Pregunta 3



En la figura 5.11 resalta el recibimiento que tiene el añadir las alertas en la pagina web, el 54 % y el 36 % consideraron importante esta opción, ya que no solamente guiarse por medio de gráficas es suficiente. La automatización de capturar los parámetros cr íticos para saber sobre un posible incendio es importante ya que evita tomarse el tiempo de analizar las 4 gráficas en la ventana de monitoreo.

4. **¿Que´ tan importante es que la aplicación web permita la comunicación entre el dispositivo de respuesta durante una emergencia?**

Figura 5.12:
Pregunta 4

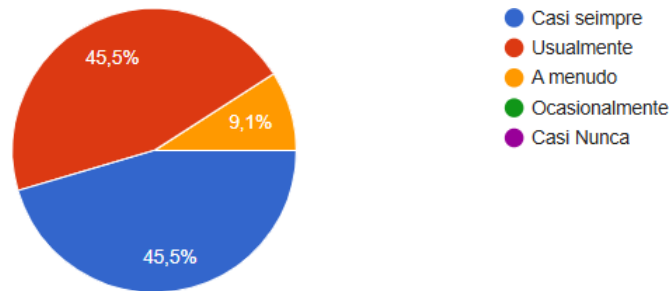


La figura 5.12 presenta la valoración entre la comunicación de la aplicación web y el dispositivo IoT, contando con un 72 % que votó por muy importante, ya que es sabido que la comunicación entre aplicación y dispositivo debe ser constante para verificar la existencia de un incendio.

5. **¿Que´ tan probable es que utilice una aplicación web para coordinar la respuesta ante incendios forestales?**

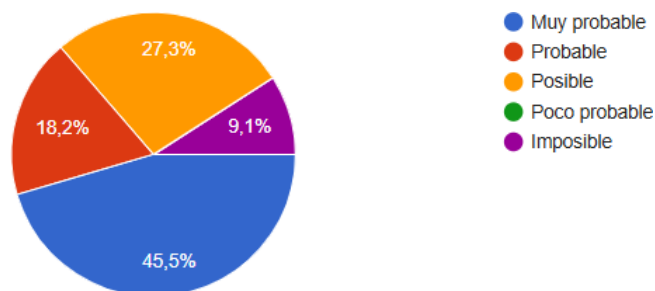
Por otra parte la figura 5.13 presenta el resultado del uso que le darían a la aplicación web para la detección de un incendio forestal, contando con un 90 % debido a que podrían reducir su tiempo de respuesta.

Figura 5.13:
Pregunta 5



6. **¿Qué tan probable es que la aplicación web reduzca el tiempo de respuesta ante incendios forestales?**

Figura 5.14:
Pregunta 6

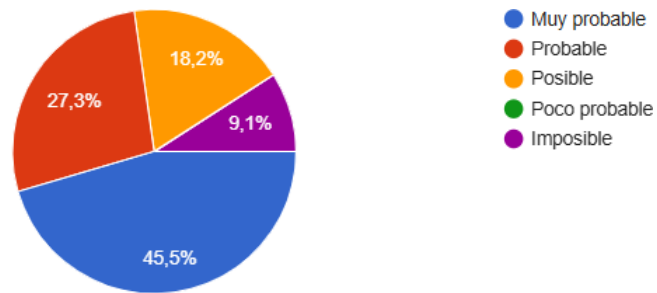


La figura 5.14 presenta que un 63 % debido a que gracias a los datos en tiempo real, los bomberos podrían llegar a la zona monitoreada y extinguir el fuego antes de que se extienda mucho más.

7. **¿Qué tan probable es que recomiende la aplicación web a otros bomberos o autoridades?**

En la figura 5.15 presenta que 72% recomendaría la aplicación, debido a que les parece muy

Figura 5.15:
Pregunta 7



buena idea la implementación de una aplicación web y dispositivo IoT para alertar sobre incendios forestales en zonas rurales vulnerables en Cuenca.

CAPÍTULO V: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

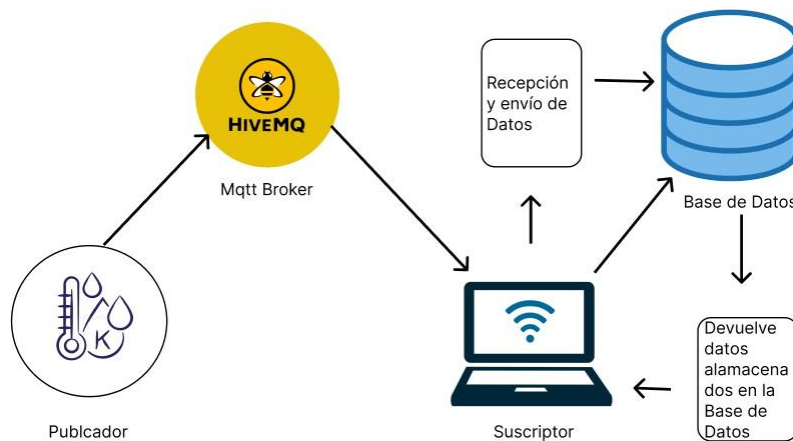
En el presente capítulo se muestra una descripción con todos los pasos de la metodología de desarrollo de software aplicada en la aplicación que tiene como objetivo monitorear el ambiente de una área específica para poder alertar a las autoridades sobre posibles focos de incendio. Los lectores podrán encontrar una explicación del flujo de trabajo con la metodología utilizada, diagramas de solución, procesos y componentes.

6.1. Diagramas de Soluciones

Aquí se presentan todos los diagramas que ayudan como guía en el flujo de trabajo; estos incluyen los diagramas de soluciones, diagrama de procesos y diagrama de componentes.

6.1.1. Diagrama de Solución

Figura 6.1:
Diagrama de Solución



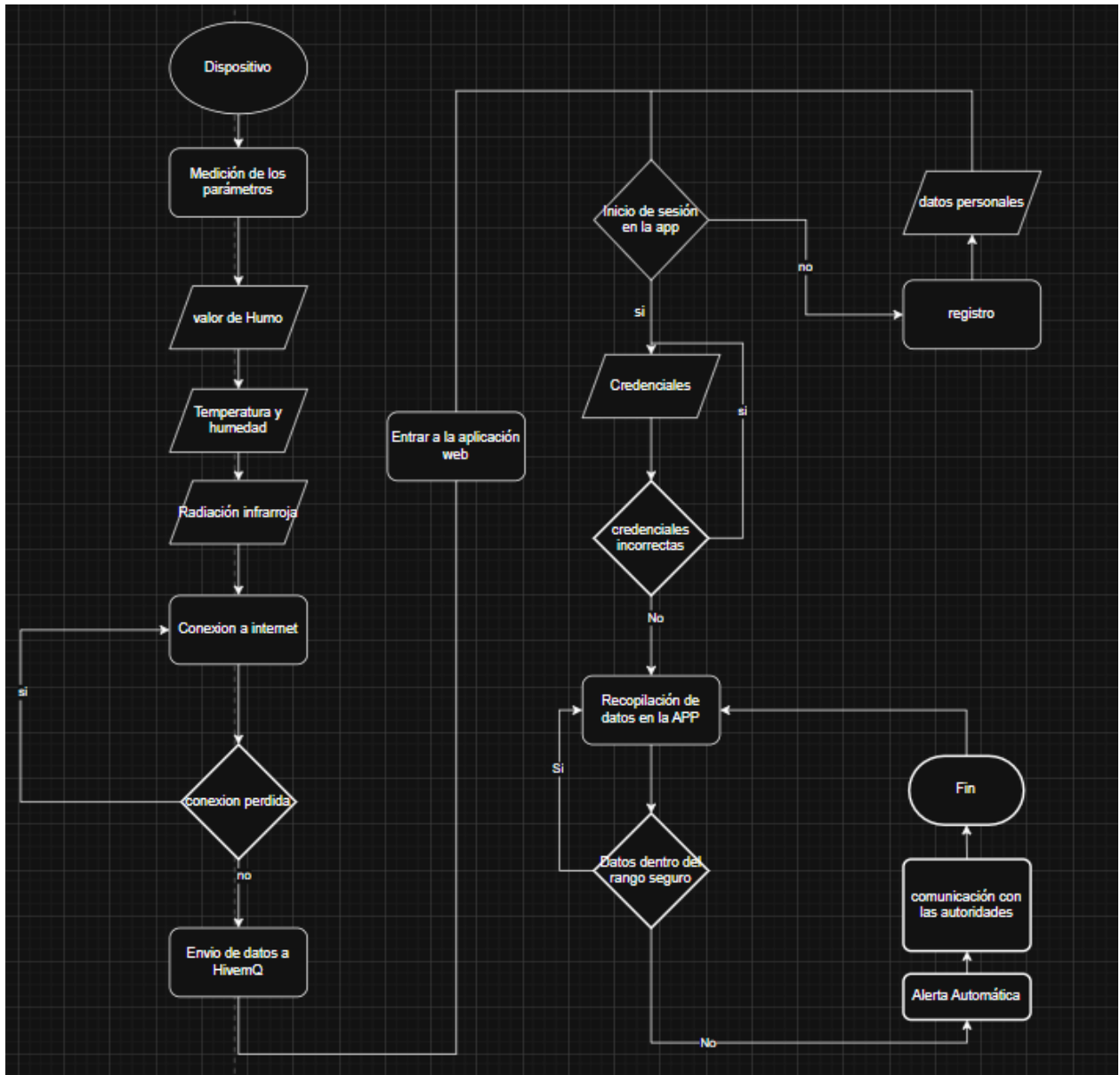
El diagrama de solución de la figura 6.1 presenta la arquitectura y el flujo de datos del sistema. La solución se basa en un modelo Publisher-Subscriber, donde los dispositivos IoT actúan como publishers que envían datos ambientales (temperatura, humedad, ubicación GPS, etc.) al broker MQTT (HiveMQ).

La aplicación web, en este caso, actúa como Subscriber, recibiendo los datos publicados en el broker. Una vez que la aplicación web recibe los datos, los procesa y los almacena en una base de datos en la nube (MongoDB Atlas). Posteriormente, los datos son recuperados y visualizados en la interfaz de usuario mediante peticiones GET a la API del backend.

- **Dispositivos IoT (Publisher):** el dispositivo equipado con sensores de temperatura, humedad, fuego, humo y GPS, recopilan datos ambientales en tiempo real. Estos datos son enviados al broker MQTT (HiveMQ) utilizando el protocolo MQTT que es ideal para entornos con limitaciones de ancho de banda y recursos.
- **Broker MQTT (HiveMQ):** el broker MQTT actúa como intermediario entre el dispositivo y la aplicación, recibiendo los datos y distribuyendolos a los suscriptores (en este caso, la aplicación web). HiveMQ fue seleccionado por su confiabilidad, escalabilidad y su gran capacidad para manejar grandes volúmenes de datos.
- **Aplicación Web (Suscriptora):** la aplicación web desarrollada con Next.js y React, suscribe a los tópicos relevantes en el broker MQTT para recibir datos en tiempo real.
- **Base de Datos (MongoDB Atlas):** MongoDB Atlas fue seleccionado debido a su gran capacidad para almacenar volúmenes grandes de datos de manera flexible y escalable.
- **Backend (Node.js):** fue seleccionando y usado debido a la capacidad de gestionar la lógica del servidor y exponer una API REST para la comunicación entre la base de datos y frontend. Por ejemplo, cuando el cliente necesita visualizar los datos, se realiza una petición GET a la API la cual recupera información de la base de datos y la envía al frontend
- **Frontend (Next.js y React):** consume los datos a través de la API REST y los presenta al usuario mediante una interfaz gráfica e intuitiva, así mismo contiene gráficas lineales que se forman cuando reciben los datos por parte de la base de datos. Dicho sea de paso esta funcionalidad ayuda a los bomberos a monitorear los datos del dispositivo para responder de manera eficiente ante posibles focos de incendio.

6.1.2. Diagrama de procesos funcionamiento del dispositivo

Figura 6.2:
Diagrama de procesos



La Figura 6.2 describe el flujo de trabajo entre el dispositivo IoT y la aplicación web para el monitoreo de datos ambientales. El proceso comienza con el dispositivo IoT, el cual mide parámetros críticos como humo, temperatura, humedad, fuego y ubicación GPS. Una vez recopilados estos datos, el dispositivo intenta conectarse a Internet para transmitirlos. Si la conexión no se establece

en el primer intento, el dispositivo realiza reintentos automáticos de manera periódica hasta lograr una conexión estable, garantizando que no se pierdan datos incluso en zonas con cobertura limitada.

Cuando el dispositivo IoT establece una conexión a Internet, envía los datos recopilados al broker MQTT (HiveMQ) utilizando el protocolo MQTT, ideal para entornos IoT debido a su bajo consumo de recursos y eficiencia en redes con ancho de banda limitado. Una vez que los datos llegan al broker, la aplicación web, que actúa como suscriptora, los recibe en tiempo real.

El diagrama de flujo también presenta el proceso de ingreso a la aplicación web. En este punto, el usuario (bomberos) cuando ingresa a la aplicación web y en el caso de no tener una cuenta, el usuario puede crear una nueva proporcionando la información esencial como su correo electrónico. Una vez que el usuario inicia sesión, puede acceder a la ventana principal de la aplicación, donde se visualizan los datos monitoreados por el dispositivo IoT. Estos datos se presentan de manera intuitiva mediante gráficas lineales que muestran los parámetros ambientales (temperatura, humedad, humo, Flama) a lo largo del tiempo, permitiendo al usuario identificar los focos de incendio mediante las alertas.

6.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO SOFTWARE SCRUM

Para el desarrollo de la aplicación web, fue utilizada la metodología de desarrollo de software SCRUM debido a que es un marco de trabajo ágil. El uso de esta metodología permitió que el desarrollo fuera colaborativo, iterativo e incremental, teniendo la capacidad para adaptarse a cambios sugeridos por el cliente y entregando software funcional.

6.2.1. ETAPA 1 – CREACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

En la metodología Scrum, se asignaron roles principales a los miembros del equipo para que el desarrollo vaya con fluidez y ayuda entre los mismos. Estos roles, que incluyen al Product Owner, el Scrum Master y el Equipo de Desarrollo, son necesarios para el avance del proyecto, debido a que esta composición trata sobre la colaboración y organización para la entrega de un software funcional en cada iteración. El conjunto de los roles radican en que el equipo trabaje de manera

eficiente y adaptativa, cumpliendo los objetivos de cada sprint.

ya que fomentan la comunicación, la organización y la entrega de valor en cada iteración. La correcta ejecución de estos roles asegura que el equipo trabaje de manera eficiente y adaptativa, cumpliendo con los objetivos establecidos en cada Sprint.

Nombre	Rol
Ing. Henry Tigre	Product Owner
Est. Jeremy Puchi	Desarrollador
Est. Jeremy Puchi	Scrum Master

Tabla 6.1: Roles del equipo

6.2.2. ETAPA 2 – CREACIÓN HISTORIAS DE USUARIO

Durante esta etapa, se redactan las Historias de Usuario, basadas en los requisitos que el cliente desea para la aplicación web. Estas historias permiten tener una visión más clara de sus expectativas, fomentando la transparencia y mejorando la comunicación con él.

6.2.2.1. Historia de Usuario 1

Tabla 6.2:
Historia de Usuario H.U.01

H.U.01		Indicadores	
Como	Usuario	V	9000
puedo	Tener la capacidad de registrarme	E	20
para	Crear una cuenta cuenta y poder guardar mis datos en al app	R	

Nota. La tabla muestra especificaciones del proposito de la Historia de Usuario 1, además de incluir sus respectivos indicadores como valor, esfuerzo y riesgo.

6.2.2.2. Historia de Usuario 2

En la Historia de Usuario 2 se describe la funcionalidad de la aplicación que permite al usuario cambiar su contraseña. Esta función está respaldada por criterios de aceptación que definen cuándo

Tabla 6.3:
Criterios de aceptación

Criterios de aceptación	
Dado que	El usuario se necesita guardar los datos de los usuarios
Cuando	Los nuevos usuarios quieran acceder a la visualización del monitoreo.
Entonces	El usuario nuevo podrá registrarse con su correo.

Nota. La tabla muestra los criterios de aceptación de la Historia de Usuario 1.

Tabla 6.4:
Detalles RNF-1

Detalles RNF-1	
Reglas de negocio	Esto solo podrá realizarse con el correo.
Requerimientos funcionales	no Las contraseñas necesitan encriptarse.
Otros detalles importantes	La aplicación debe validar que el correo ingresado no tenga otros caracteres y tener dominios existentes

Nota. La tabla RNF-1 muestra los requisitos no funcionales que se necesitan para el funcionamiento de la app.

es útil y cómo debe comportarse el sistema. Toda esta información se detalla en las tablas 6.5 (Historia de Usuario 2), 6.6 (Criterios de Aceptación) y 6.7 (Requisitos No Funcionales).

Tabla 6.5:
Historia de Usuario H.U.02

H.U.02		Indicadores	
Como	Usuario	V	9000
puedo	Cambiar mi contraseña	E	15
para	Cambiarla cuando se me olvide la mía	R	

Nota. La tabla muestra la Historia de Usuario 2 requerimientos del cliente en la función.

Tabla 6.6:
Criterios de aceptación

Criterios de aceptación	
Dado que	En caso de que el usuario olvide su contraseña, el podrá recuperarla poniendo su correo.
Cuando	Un usuario que estuvo ausente por mucho tiempo, olvidó su contraseña.
Entonces	Cuando el usuario ingrese su correo se le enviara´ un link con un formulario para cambiar su contraseña.

Nota. La tabla muestra los criterios de aceptación de la Historia de Usuario 2.

Tabla 6.7:
Detalles RNF-2

Detalles RNF-2	
Reglas de negocio	Para ingresar a la ruta se necesita que el usuario haya iniciado sesión.
Requerimientos funcionales	no Tiene que ingresar la contraseña 2 veces para confirmar la igualdad de las mismas.
Otros detalles importantes	La aplicación debe regresar al usuario a la página de inicio de sesión

Nota. La tabla RNF-2 muestra los requisitos no funcionales que se necesitan para el funcionamiento de la app.

6.2.2.3. Historia de Usuario 3

En la Historia de Usuario 3 se describe la funcionalidad de la aplicación que permite al usuario iniciar sesión en la aplicación web. Esta función está respaldada por criterios de aceptación que definen la finalidad que tiene la función. Toda esta información se detalla en las tablas 6.8 (Historia de Usuario 2), 6.9 (Criterios de Aceptación) y 6.10 (Requisitos No Funcionales).

6.2.2.4. Historia de Usuario 4

La Historia de Usuario 4 describe la funcionalidad principal de la aplicación: el panel de monitoreo de los cuatro sensores que recopilan datos. Su objetivo es proporcionar una visualización gráfica e intuitiva de la información obtenida, permitiendo a los usuarios interpretar y analizar los

Tabla 6.8:
Historia de Usuario H.U.03

H.U.03		Indicadores	
Como	Usuario	V	8000
puedo	Tener la capacidad de iniciar sesión	E	10
para	Ingresar a la pagina de montioreo y visuaizarlo.	R	

Nota. La tabla muestra especificaciones del proposito de la Historia de Usuario 3, además de incluir sus respectivos indicadores como valor, esfuerzo y riesgo.

Tabla 6.9:
Criterios de aceptación

Criterios de aceptación	
Dado que	El usuario ya se ha registrado en e pasado
Cuando	Quiera visualizar los datos recopilados por los sensores.
Entonces	Cuando ingrese mis credenciales me permitira´ visualizar a la pagina de monitoreo de aplicación web

Nota. La tabla muestra los criterios de aceptacion de la Historia de Usuario 3.

Tabla 6.10:
Detalles RNF-1

Detalles RNF-3	
Reglas de negocio	Los usuarios tienen 10 intentos para ingresar la contraseña.
Requerimientos funcionales	no Debe ser intuitiva y tener alertas cuando se equivoque.
Otros detalles importantes	La cantidad de intentos evitara´ ataques de robustez.

Nota. La tabla RNF-3 muestra los requisitos no funcionales que se necesitan para el funcionamiento de la app.

datos de manera eficiente. Toda esta información se detalla en las tablas 6.11 (Historia de Usuario 2), 6.12 (Criterios de Aceptación) y 6.13 (Requisitos No Funcionales).

Tabla 6.11:
Historia de Usuario H.U.04

H.U.04		Indicadores	
Como	Usuario	V	7000
puedo	Visualizar Datos	E	20
para	Poder monitorear y esta alerta de las anomalías	R	

Nota. La tabla muestra especificaciones del proposito de la Historia de Usuario 1Historia de Usuario 4, además de incluir sus respectivos indicadores como valor, esfuerzo y riesgo.

Tabla 6.12:
Criterios de aceptación

Criterios de aceptación	
Dado que	Es crucial tener los datos para saber si existen anomalías
Cuando	El usuario haya iniciado sesión
Entonces	Se puede visualizar los datos recopilados por el dispositivo

Nota. La tabla muestra los criterios de aceptación de la Historia de Usuario 4.

Tabla 6.13:
Detalles RNF-4

Detalles RNF-4	
Reglas de negocio	Los datos que se recopilan tienen un delay de 10min
Requerimientos no funcionales	La visualización de los datos deben ser mediante graficas lineales
Otros detalles importantes	Los datos siempre estarán recopilándose aunque ninguna persona haya iniciado sesión.

Nota. La tabla RNF-4 muestra los requisitos no funcionales que se necesitan para el funcionamiento de la app.

6.2.2.5. Historia de Usuario 5

La Historia de Usuario 5 describe la funcionalidad de alertas que se activan cuando la aplicación recibe datos críticos provenientes de los sensores. Estas alertas tienen como objetivo notificar de manera inmediata a los usuarios sobre situaciones de riesgo, permitiéndoles tomar acciones

rápidas y efectivas. La implementación de esta funcionalidad garantiza una respuesta oportuna ante eventos críticos, mejorando la eficiencia en la gestión de emergencias. Todo se detalla en las tablas 6.14 (Historia de Usuario 5), 6.15 (Criterios de Aceptación) y 6.16 (Requisitos No Funcionales).

Tabla 6.14:
Historia de Usuario H.U.05

H.U.05		Indicadores	
Como	Usuario	V	5000
puedo	Recibir notificaciones de alerta dentro de la aplicación web.	E	10
para	Identificar anomalías sobre posibles focos de incendios	R	

Nota. La tabla muestra especificaciones del proposito de la Historia de Usuario 5, además de incluir sus respectivos indicadores como valor, esfuerzo y riesgo.

Tabla 6.15:
Criterios de aceptación

Criterios de aceptación	
Dado que	las notificaciones serian de gran ayuda para informar sobre posible fuego.
Cuando	os sensores registren datos críticos.
Entonces	Mientras se hace el monitoreo, una alerta emergerá cuando los datos recopilados sean altos.

Nota. La tabla muestra los criterios de aceptacion de la Historia de Usuario 5.

6.2.3. ETAPA 3 - ELABORACIÓN PRODUCT BACKLOG

Como se muestra en la Tabla 6.17, se desarrolla el Product Backlog como una lista priorizada de funcionalidades y características del producto.

Este backlog sirve no solo como guía para el equipo, asegurando que se aborden primero las tareas más importantes y valiosas, sino también como un marco para la planificación y gestión del proyecto a lo largo de su desarrollo; asegurando que el proyecto llegue a tener éxito al final del tiempo establecido.

Tabla 6.16:
Detalles RNF-5

Detalles RNF-5	
Reglas de negocio	Las notificaciones se darán cuando los datos del sensor superen el rango definido para el mismo anomalías
Requerimientos funcionales	no Cuando se notifique se brindará la opción de informar a las autoridades
Otros detalles importantes	La aplicación brindará la ubicación del dispositivo donde se ubica.

Nota. La tabla RNF-5 muestra los requisitos no funcionales que se necesitan para el funcionamiento de la app.

Tabla 6.17:
Tabla de Product Backlog

Product Backlog		
Hu	Valor	Esfuerzo
HU1	9000	20
HU2	8000	25
HU3	7000	20
HU4	6000	10
HU5	5000	20

Nota. La tabla presenta el Product Backlog, organizado en tres columnas principales: HU (Historias de Usuario), Valor y Esfuerzo.

6.2.4. ETAPA 4 - SPRINT PLANNING - SPRINT BACKLOG

En esta etapa se presenta el Sprint Planning que es al inicio de cada Sprint donde el equipo selecciona las tareas del Product Backlog que se abordarán durante la iteración, definiendo los objetivos y el alcance del trabajo. A partir de esta planificación, se crea el Sprint Backlog, la cual es una lista de las tareas seleccionadas, priorizadas y estimadas, las cuales el equipo se compromete a completar durante el Sprint.

Figura 6.3:
Sprint Backlog

SPRINT Backlog					
ESFUERZO ESCALA /5P EQUIVALE 2 DIAS					
SPRINT	El sprint tendra como minimo una semana de plaificacion y maximo 4 (20 dias laborales)				
REQUERIMIENTOS	ACTIVIDADES	NUM DIAS	INICIO	FIN	RESPONSABLE
Sprint 1 (Noviembre 4 al 29, 2024)					
	HU1	8	4 nov	13 nov	Jeremy
	HU4	4	14 nov	19 nov	Jeremy
	HU2	6	20 nov	29 nov	Jeremy
Sprint 2 (Diciembre 2 al 27, 2024)					
	HU3	8	2 dic	11 dic	Jeremy
	HU5	8	12 dic	23 dic	Jeremy

6.2.4.1. Sprint 1 - 2

La figura 6.3 muestra el Sprint Backlog, organizado en dos Sprints con tareas priorizadas según su nivel de esfuerzo, utilizando una escala de 5 a 20 puntos (cada 5 puntos equivalen a dos días). En el Sprint 1 (4 al 29 de noviembre, 9 días), se desarrollaron las Historias de Usuario 1, 4 y 2, bajo mi responsabilidad. En el Sprint 2 (2 al 23 de diciembre), se trabajó en la Historia de Usuario 5 y 3, también a mi cargo. Esta planificación permitió un desarrollo estructurado y eficiente, asegurando la entrega de funcionalidades clave dentro de los plazos establecidos.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 7.1:
Actividad 1

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Análisis y requisitos	4/10/2024	7/10/2024
Recursos necesarios	8/10/2024	20/10/2024
Definición de objetivos del proyecto	21/10/2024	23/10/2024

Nota. La tabla muestra el periodo de tiempo que se trabajó en cada actividad.

Tabla 7.2:
Actividad 2.

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Diseño de la aplicación web en figma	24/10/2024	31/10/2024
Definición de tecnologías a usar	24/10/2024	31/10/2024
Diseño de prototipo en figma	24/10/2024	31/10/2024

Nota. La tabla muestra las actividades que corresponden a la Actividad 2: Diseño de la aplicación y dispositivo, además definir las tecnologías a usar.

Tabla 7.3:
Actividad 3

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Formación de Equipo	1/11/2024	30/11/2024
Definición de Roles	1/11/2024	30/11/2024
Historias de Usuario	1/11/2024	30/11/2024

Nota. La tabla muestra las actividades de la Actividad 3: Formación de Equipos, definición de roles e historias de usuario

Tabla 7.4:
Actividad 4

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Product Backlog	1/12/2024	24/11/2024
Sprint Backlog	1/12/2024	24/12/2024

Nota. La tabla las actividades realizadas como el product backlog.

Tabla 7.5:
Actividad 5

Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Presentación de la aplicación web y el dispositivo	5/02/2025	17/02/2025
Corrección e implementación	5/02/2025	17/02/2025

Nota. La tabla presenta las actividades desarrolladas en el mes de febrero

CONCLUSIONES

Como es sabido, los incendios forestales son un problema recurrente y los mismos pueden traer consecuencias graves para nosotros mismo, por lo que el desarrollo una aplicación web de monitoreo y alerta temprana de incendios forestales basado en IoT para zonas rurales vulnerables en cuenca ha demostrado ser una solución viable y efectiva para abordar la problemática que afecta a los bosques y zonas rurales. A través de la integración de tecnologías IoT, como sensores ambientales y tecnologías como MQTT y una plataforma web desarrollada con Next.js y react. Se logró crear un sistema capaz de monitorear en tiempo real párametros clave como temperatura, humedad, humo, flama y ubicación GPS.

El marco teórico permitió profundizar en problemáticas similares y explorar soluciones basadas en IoT que respaldan la utilidad y viabilidad del proyecto. La metodología de desarrollo Scrum demostró ser muy útil, ya que facilitó el proceso con su transparencia, entregas rápidas y por su adaptabilidad, asegurando una entrega de software funcional para cada Sprint

Este proyecto establece las bases para la iniciativa a proyectos de mayor alcance como lo puede ser la creación de una red de sensores interconectados mediante tecnologías más sofisticadas, como LoRa, que permite la comunicación a largas distancias, logrando llegar a áreas de difícil acceso. Estos dispositivos estarían conectados a un nodo principal, el cual tendría conexión con la aplicación web para el monitoreo en tiempo real. Un proyecto de esta magnitud implica un gran costo debido a los componentes necesarios, el desarrollo de este proyecto demuestra la eficiencia y la viabilidad de un sistema para la detección de incendios forestales en zonas rurales vulnerables, abriendo paso a futuros proyectos mucho más avanzados.

En conclusión, el presente proyecto representa una innovación tecnológica a la prevención de incendios en Cuenca, minimizando estos eventos y contribuyendo al medio ambiente, salud pública y la seguridad de las personas. En el marco teórico se recopiló información relevante que puede servir como inspiración para futuros proyectos, como la implementación de inteligencia artificial para un análisis predictivo de incendios.

RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos y las lecciones aprendidas en el transcurso del desarrollo del proyecto, se proponen las siguientes recomendaciones para una mejora del sistema y futuras implementaciones:

1. Explorar el uso de tecnologías como LoRa para ampliar el alcance de comunicación si el dispositivo es implementado en áreas remotas.
2. Hacer el uso de tecnologías como inteligencia artificial para realizar análisis predictivos de incendios forestales
3. Una ampliación del proyecto como una red de sensores, para cubrir áreas más extensas y diversas
4. Una investigación mas exhaustiva sobre opciones para una reducción de costos de producción y despliegue del dispositivo IoT.
5. Establecer convenio con el cuerpo de bomberos y otras instituciones para el desarrollo de proyectos de este tipo y así obtener apoyo tecnico y financiero.
6. Diseñar un plan de mantenimiento y actualización para garantizar la sostenibilidad del sistema.

BIBLIOGRAFÍA - WEBGRAFÍA

- Angel, R., et al. (2009). Sistema de alerta temprana para incendios forestales en el Bosque La Primavera. *Foro de Investigación y Conservación del Bosque La Primavera*, 1(1), 91-95.
- Armijos, J., & Guerrero, P. (2024). Desarrollo de un prototipo IoT para la detección temprana de incendios forestales. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 1(3), 1-101.
- AWS. (2023). ¿Cuál es el principio en el que se basa MQTT? [7]. *Amazon Web Services*. <https://aws.amazon.com/es/what-is/mqtt/>
- colaboradores de Wikipedia. (2025). Incendio forestal [1-2]. *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Incendio_forestal
- Coppola, M. (2022). ¿Qué es React y para qué sirve? [1]. *blog.hubspot*. <https://blog.hubspot.es/website/que-es-react>
- Cuesta, C. (2021). Aplicación de un modelo de transformación digital rural en la región de Sumapaz para la atención de emergencias ambientales causadas por incendios forestales. *Universidad Nacional de Colombia*.
- FAO. (2024). La FAO actualiza sus directrices para hacer frente a los incendios forestales extremos [Recuperado de <https://www.fao.org/newsroom/detail/faolaunch-updated-guidelines-to-tackle-extremewildfires/es>]. *FAO Newsroom*.
- Flores. (2023). ¿Qué es node.js y para qué sirve? [1]. *OpenWebinars*. [OpenWebinars.net.%20https://openwebinars.net/blog/que-es-nodejs](https://openwebinars.net/blog/que-es-nodejs)
- GeneraciónIoT. (2024). Dryad Networks lanza la tercera generación de pasarelas Silvanet con conectividad por satélite para detección temprana de incendios forestales. <https://internetdelascosas.xyz/articulo.php?id=6951&titulo=Dryad-Networks-lanza-la-tercera-generacion-de-pasarelas-Silvanet-con-conectividad-por-satelite-para-deteccion-temprana-de-incendios-forestales>
- GmbH, R. B. (2023). Revolutionizing fire safety with video-based fire detection. *Bosch Safety Innovations*.
- InfluxData. (2021). ¿Qué es node.js y para qué sirve? [1-2]. *influxdata*. <https://www.influxdata.com/partners/hivemq/>

- Infobae. (2020). El 95 % de los incendios forestales que afectan a 11 provincias se originaron por intervenciones humanas. *Infobae*.
- Jijón, J., & Jijón, M. (2024). Incendios forestales afectan la calidad del aire en Cuenca [Recuperado de <https://www.larepublica.ec/blog/2024/11/16/los-incendios-forestales-afectan-la-calidad-del-aire-en-cuenca-y-loja/>]. *La República*.
- Jonathan David Arguero Tello. (2020). DESARROLLO DE UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS CON COMUNICACIÓN ZIGBEE PARA EL MONITOREO DE UNA ESTACIÓN DIDÁCTICA. 3(1), 1-71.
- Levi, D. (2023). Incendios forestales: una amenaza creciente en las Américas. *Sostenibilidad*.
- Medina y Rebeca. (2020). Diseño e implementación de un dispositivo de Internet de las cosas para la medición y monitoreo de la calidad de aire en zonas urbanas. 3(3), 1-145.
- Ministerio del Ambiente. (2024a). Ocho provincias en Alerta Naranja por incendios forestales [Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/ocho-provincias-en-alerta-naranja-por-incendios-forestales/>]. *Ministerio del Ambiente*.
- Ministerio del Ambiente, A. y. T. E. (2024b). Aprende sobre incendios forestales, únete a #CuidemosLosBosques [Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/aprende-sobre-incendios-forestales-unete-a-cuidemoslosbosques/>]. *Gob.ec*.
- MongoDB. (2025). ¿Qué es MongoDB Atlas? [1]. *blog.hubspot*. <https://www.mongodb.com/docs/atlas/>
- Morocho y Ríos. (2021). Implementación de un Sistema de Monitoreo y Posicionamiento Geográfico para la Prevención de Incendios Forestales Mediante una Red Sensorial. 1. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10513/1/16102.pdf>
- Muguirra A. (2023). Características de investigación cuantitativa. [1]. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/caracteristicas-de-la-investigacion-cuantitativa/>
- Next.js. (2025). ¿Qué es Next.js? [párrafo 1]. *Next.js*. <https://nextjs.org/docs>
- ONU. (2022). Los incendios forestales aumentarán un 30 % para 2050 y un 50 % para fin de siglo debido a la crisis climática [Recuperado de <https://news.un.org/es/story/2022/02/1504472>]. *Noticias ONU*.

- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2020). En Azuay 507.58 ha. se han afectado en el 2020 por incendios forestales [<https://www.gestionderiesgos.gob.ec/en-azuay-50758-ha-se-han-afectado-en-el-2020-por-incendios-forestales/>]. *Gestión de Riesgos*.
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Dirección de Monitoreo de Eventos Adversos. (2024). SitRep No. 22 – Incendios forestales desde el 23 de agosto de 2024 a la fecha. *Gestión de Riesgos*.
- Serrano y Ochoa. (2024). Sistema de Alerta temprana ante inundaciones bajo escenarios de cambio climático para el río Tomebamba, Cuenca-Ecuador. 3(1), 1-17.
- Velázquez A. (2023). ¿Qué es una investigación evaluativa? [1]. *QuestionPro*. <https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-evaluativa/>
- Vinueza et al. (2022). Implementación de una mini-red de sensores inalámbricos para detección temprana de incendios forestales [parrafo 1]. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8652903>
- Vota, K. (2024). Consecuencias de los incendios forestales. *KPNSafety*.