

Investigación y desarrollo de tecnologías como soporte a sistemas tolerante a fallos (atención de desastres): Implementación de red peer to peer basada en blockchain

1st Simón David Colmenares Sanchez
Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia
simon.colmenares@uao.edu.co

2nd Alisson Tobar Ariza
Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia
alisson.tobar@uao.edu.co

3rd Nicolás Escandon Varela
Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia
nicolas.escandon@uao.edu.co

4th Diego Maya Perea
Universidad Autónoma de Occidente
Cali, Colombia
diego.maya_perea@uao.edu.co

Abstract—Este artículo explora el potencial de las tecnologías emergentes, como el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial y la cadena de bloques (blockchain), en la gestión de desastres naturales. Se analiza cómo estas tecnologías pueden mejorar la prevención, preparación, respuesta y recuperación en situaciones de emergencia. Además, se presenta un enfoque específico en la implementación de un chat descentralizado basado en blockchain para la comunicación en momentos críticos. Las pruebas exhaustivas realizadas demuestran la eficacia y confiabilidad de esta aplicación en diversas situaciones de desastre. En resumen, la convergencia de estas tecnologías avanzadas ofrece soluciones innovadoras para una gestión de desastres más eficiente y efectiva, fundamental para mejorar la seguridad y la protección de vidas en entornos vulnerables.

Index Terms—Tecnologías emergentes, Desastres naturales, Internet de las Cosas (IoT), Inteligencia artificial, Cadena de bloques (Blockchain)

Abstract—This article explores the potential of emerging technologies, such as the Internet of Things (IoT), artificial intelligence and blockchain, in natural disaster management. It discusses how these technologies can improve prevention, preparedness, response and recovery in emergency situations. In addition, a specific focus on the implementation of a decentralized blockchain-based chat for communication in critical times is presented. Extensive testing demonstrates the effectiveness and reliability of this application in various disaster situations. In summary, the convergence of these advanced technologies offers innovative solutions for more efficient and effective disaster management, critical for improving safety and life protection in vulnerable environments.

Index Terms—Emerging technologies, Natural disasters, Internet of Things (IoT), Artificial intelligence, Blockchain.

I. INTRODUCCIÓN

En este documento, evaluaremos las mejores alternativas para la gestión de desastres naturales mediante la utilización de la tecnología de cadena de bloques (blockchain), así como tecnologías emergentes como el IoT (Internet de las Cosas) y

la inteligencia artificial. Estas tecnologías tienen el potencial de revolucionar la forma en que anticipamos, respondemos y nos recuperamos de eventos naturales devastadores. Evaluaremos sus aplicaciones, analizando cómo la recopilación de datos en tiempo real, la trazabilidad de recursos y los contratos inteligentes pueden mejorar la capacidad de respuesta y coordinación en situaciones de emergencia. A través de este análisis, buscaremos definir un camino hacia un futuro más seguro y resiliente ante desastres naturales.

II. CONTEXTUALIZACIÓN

Los fenómenos naturales y los generados por la acción humana siguen constituyendo peligros importantes para las poblaciones a nivel global. Desde los mecanismos de prevención anticipada hasta las acciones de recuperación iniciadas tras estos eventos, la tecnología es crucial para reducir los efectos de los desastres, gestionar situaciones de emergencia y apoyar la restauración de las zonas afectadas.

A. IoT (Internet de las cosas)

El internet de las cosas es una red de objetos que están integrados con sensores y software que les da la capacidad a objetos comunes de conectarse e intercambiar datos con otros dispositivos a través de internet. Cada vez es más común que objetos de la vida cotidiana cuenten con esta tecnología (electrodomésticos inteligentes, automóviles, etc.), lo que ha permitido que las personas tengan una mayor comunicación con los procesos que las máquinas elaboran, este flujo de datos demanda realmente poca informática y por medio del análisis de datos y el big data se ha logrado reducir de manera abismal la intervención humana.

El internet de las cosas más allá de hacernos la vida más fácil también tiene grandes implicaciones en hacer la vida

mucho más segura, la gestión de desastres por medio del IoT permite mitigar los daños potenciales generados por un desastre, y toda esta gestión se da en 4 etapas principales [1]:

1) *Prevención*: El IoT transforma la prevención de desastres con sensores en tiempo real, monitoreando vehículos, niveles de agua y detectando eventos como incendios, tornados y terremotos. También protege infraestructuras críticas y mitiga riesgos mediante el monitoreo ambiental de contaminantes, incluyendo alertas tempranas.

2) *Preparación*: El IoT agiliza la preparación mediante sensores para la gestión de suministros en tiempo real y procesamiento automatizado de emergencias. También permite el seguimiento de activos y la notificación de acciones basadas en datos de sensores para desplegar recursos predictivos en situaciones complejas.

3) *Respuesta*: El IoT mejora la planificación y respuesta con seguimiento vehicular y GIS, monitoreo de personal clave mediante sensores, uso de NFC para geocercas, y una mejor gestión de incidentes a través de análisis de datos, procesamiento de eventos complejos y redes sociales.

4) *Recuperación*: El IoT facilita la recuperación mediante la identificación y autenticación de beneficiarios con sensores, el uso de tarjetas inteligentes y RFID para la distribución de ayuda, y la creación de una red logística virtual que permite el monitoreo en tiempo real y mejora la comunicación entre todas las partes involucradas en la gestión de desastres. Los beneficios incluyen una distribución más eficiente y una coordinación efectiva de recursos.

B. IA (inteligencia artificial)

La IA o Inteligencia Artificial se entiende como una tecnología que imita, replica y en algunos casos supera a la capacidad humana de realizar ciertas tareas que impliquen lógica y que sean de una u otra forma explicables por medio de algoritmos matemáticos que componen el "pensamiento" de las máquinas. En la actualidad la IA es un tema de moda, herramientas públicas como chatgpt, bard o bing se han vuelto extremadamente famosas por su nivel impresionante de utilidad, pero estas IA tienen una gran limitación y es que no son capaces de analizar y prever situaciones en tiempo real, es por esto que en la actualidad el uso de AI para la adecuada gestión de desastres ha ganado una fuerza mayor, como resultado de un estudio realizado se ha podido tener un panorama más amplio de cuáles han sido las aplicaciones de la IA para la detección y previsión de peligros y desastres naturales [2].

Alrededor del mundo agencias internacionales se han involucrado directamente en el desarrollo de tecnologías de IA, estas tecnologías basadas en el Machine Learning han sido base crucial para prever riesgos y actuar frente a las posibles consecuencias que conllevan. La necesidad de estas tecnologías ha sido cada vez mayor, ya que la falta de información meteorológica y la pertinencia de la misma hace que los pronósticos desarrollados por personas no tengan un nivel adecuado en la calidad de sus resultados, y la IA se ha impuesto como un pilar necesario para evidenciar los

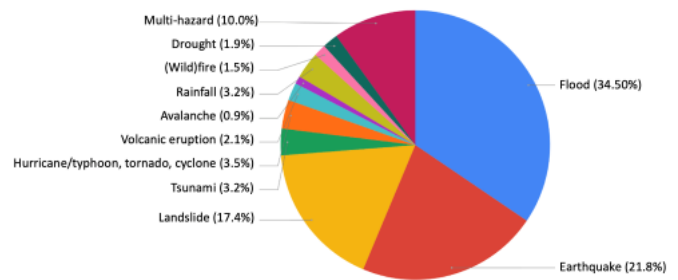


Fig. 1. Aplicaciones de la IA para la detección y previsión de peligros y desastres naturales

posibles escenarios que pueden desarrollarse, cabe resaltar que la inteligencia artificial no trabaja por sí sola, ya que todo este flujo de información proviene de algún lugar, la obtención de datos se genera por medio del análisis de imágenes y la información de sensores que miden miles de variables en tiempo real y permiten que la pertinencia de los escenarios que plantea la IA sean mucho más precisos y adecuados.

La inteligencia artificial a pesar de cumplir labores de gran importancia ha encontrado grandes limitaciones sobre el cómo se recopila la información, la información entregada por los humanos a las máquinas pueden no tener la tenacidad que se esperaba y puede conducir a resultados falsos incurriendo en un sesgo en el cual se puede subestimar el riesgo, llegando a impactar en la pérdida de vidas humanas y daños materiales, o se puede exagerar en la estimación del mismo, teniendo como consecuencia un aumento del coste económico para un riesgo que su magnitud puede ser mucho menor a la esperada..

C. BC (BlockChain)

La tecnología blockchain o cadena de bloques ha dado mucho de qué hablar en los últimos años, criptomonedas como Bitcoin y Ethereum han sido las culpables de que esta tecnología sea mucho más accesible para el público en general, y a pesar de todo este revuelo, sigue siendo para muchos una tecnología totalmente aislada y difícil de entender.

Blockchain según IBM es un libro de contabilidad inmodificable y compartido que facilita el proceso de registro de transacciones y seguimiento de activos en una red empresarial [4] donde un activo puede representar un objeto tangible (físico), o un objeto intangible (derechos de autor, patentes, etc.), esta tecnología cuenta con 4 elementos principales para su funcionamiento, estas son:

1) *Libro mayor*: las transacciones que se realizan en la blockchain se registran en un "libro mayor" que puede verse como una base de datos de la información de las transacciones.

2) *Inmutabilidad*: Los bloques de la cadena crean los libros de contabilidad inmutables protegiendo de manera criptográfica la información mediante firmas digitales y hashes.

3) *Descentralización*: Las redes blockchain no se encuentran alojadas en un servidor, todos los nodos de la red contienen la información del libro mayor lo que garantiza una mayor resistencia a fallos, mayor seguridad y gran potencial de escalabilidad.

4) *Anonimato*: La información personal de los usuarios no es utilizada en la cadena y esto asegura que los usuarios y participantes estén totalmente ocultos.

Todas estas características han sido la base para que el Blockchain tenga éxito en la gestión de desastres, los sistemas centralizados de la información presentan grandes riesgos en el momento que un desastre ocurre, inundaciones, terremotos, tormentas pueden ser la causa de que un sistema de servidores centralizado o data centers enteros caigan en pérdida y queden inutilizados para la gestión de los desastres. Los sistemas habilitados para BC proporcionan un mecanismo de respuesta a desastres descentralizado, seguro, rápido, potente y sostenible [5]. La intervención de BC en desastres naturales tiene grandes implicaciones en muchas dimensiones y problemas asociados a una catastrofe, la comunicación para el rescate de personas, para el almacenamiento de archivos en hospitales y centros de ayuda, la identificación de víctimas mortales, etc.

Las actividades más críticas son las que tienen lugar después de que un desastre ha ocurrido, BC se ha vuelto pieza importante, permitiendo una distribución eficiente de alimentos y suministros esenciales como medicamentos, e implementos para el rescate de sobrevivientes. Esta tecnología no solo mejora la coordinación y comunicación en situaciones de emergencia, sino que también aumenta la transparencia en la fase de reconstrucción. Ejemplos notables, como la iniciativa "Building Blocks" del Programa Mundial de Alimentos, que utiliza BC para optimizar la distribución adecuada de los recursos [6], resaltan el impacto positivo de estas tecnologías en la respuesta a desastres.

III. ANTECEDENTES

Debido a múltiples caídas de data centers o servidores de comunicaciones a nivel local o internacional por desastres naturales u otro tipo de catástrofes, ha empezado a generar en muchas empresas la importancia de tener un plan de respaldo o recuperación para la reactivación de los servicios básicos como lo es la comunicación. Tener una estrategia de recuperación de desastres puede ser clave para que una empresa pueda mantener o reanudar rápidamente las funciones de misión crítica después de una interrupción [7]. Cuando nos referimos a misión crítica, nos enfocamos en organismos de socorro como ambulancias, policía, bomberos, ayudas humanitarias entre otros, mientras que el servicio principal de comunicaciones se reintegra hacia otros servidores en búsqueda de reanudar estas tareas.

Sucede también con organismos del gobierno importantes u otros (privados) que puedan generar ayuda en medio de estos accidentes, como sucedió en la ciudad de Pisco en el terremoto del año 2007, donde los operadores telefónicos sufrieron la caída de sus servicios por largas horas. Según registró la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el colapso afectó incluso a autoridades locales, policía y ejército, que quedaron incomunicados con sus niveles operativos en momentos críticos [8]. Lo que lleva a desarrollar y pensar en otras alternativas en momentos que pasen este tipo de cosas para una comunicación segura y asertiva, ya que con la ayuda

de tecnologías como IOT se pueden predecir y estimar este tipo de catástrofes y tener planes para reaccionar en cuanto a estas situaciones. Ante la proyección del Instituto Geofísico del Perú (IGP) de un posible sismo de 8.8 grados en Lima y Callao, los centros de emergencia están advertidos de que este escenario podría volver a repetirse [9].

Estas situaciones se pueden solucionar con la implementación de tecnologías como Blockchain, que puede garantizar una mantenibilidad de la comunicación de servicios seguros, donde se evita la falsa información debido a que se puede realizar una comunicación asertiva con los organismos de socorro, que son los principales contactos a los que se requieren acceder en estas situaciones precarias.

IV. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Las alternativas de solución basadas en blockchain que se pueden implementar durante situaciones de desastres naturales son:

A. *Redes de comunicación descentralizadas:*

Desarrollar redes de comunicación peer-to-peer que funcionen en ausencia de infraestructuras centrales. Estas redes permiten a los usuarios conectarse directamente entre sí, lo que puede resultar crucial cuando las redes tradicionales están caídas y almacenar de manera segura información crítica como mensajes de emergencia, ubicaciones de refugios seguros y suministros médicos necesarios [10].

B. *Sistemas de identificación y seguimiento seguros:*

Implementar soluciones de identificación y seguimiento en la cadena de nodos para rastrear a los afectados, lo que puede ser útil para coordinar las operaciones de rescate y ayuda humanitaria de manera eficiente. También asegurarse de que los organismos de socorros que se encuentren en esta red sean verificados a través de un inicio de sesión u otra herramienta, para ayudar a evitar la manipulación de datos y garantizar que la información vital llegue a quienes la necesitan.

C. *Sistemas de alerta temprana descentralizados:*

Utilizar la tecnología blockchain para implementar sistemas de alerta temprana que notifiquen a los residentes de áreas propensas a desastres naturales sobre posibles amenazas inminentes. Estos sistemas pueden operar de manera descentralizada y garantizar que la información crítica se difunda de manera oportuna y precisa [10].

D. *Proceso de inmigración y emigración de datos:*

La implementación de sistemas de blockchain descentralizados en el ámbito de la inmigración de datos hablando a nivel internacional y/o nacional, facilita una mayor cooperación y coordinación de la transmisión de datos o información relevante sobre soluciones para la catástrofe entre las diferentes entidades y organizaciones involucradas en el proceso.

V. SOLUCIÓN: REDES DE COMUNICACIÓN DESCENTRALIZADA (APLICACIÓN DE MENSAJERÍA BASADA EN BLOCKCHAIN)

Una aplicación de chat descentralizado es una aplicación la cual utiliza el servicio de blockchain para su funcionamiento y de esta forma garantizar la seguridad, la privacidad y la descentralización de la red [11]. Las características principales de una aplicación descentralizada son:

A. Descentralización:

A diferencia de las aplicaciones de chat tradicionales que almacenan la información en grandes DataCenters, las aplicaciones de chat descentralizado almacenan y transmiten los datos de manera distribuida entre los nodos de la red lo que permite una mayor resistencia a los fallos a diferencia de la infraestructura convencional.

B. Privacidad y seguridad:

Las Dapps específicamente los chats descentralizados utilizan mecanismos de cifrado extremo a extremo lo que garantiza que la información de las conversaciones sea totalmente segura, además, al estar en una infraestructura descentralizada también se reduce el riesgo de violaciones de datos.

C. Escalabilidad:

Las redes descentralizadas son fácilmente escalables, ya que la incorporación de nodos en la red se da de manera flexible sin afectar el rendimiento, en situaciones de desastres esto es parte importante ya que el flujo y la demanda de usuarios en estas situaciones es mucho mayor.

La implementación de un chat descentralizado para situaciones de emergencia es una decisión realmente acertada, ya que tiene la capacidad de proporcionar comunicación persistente y segura en condiciones adversas. Estas aplicaciones al no depender de infraestructuras centralizadas son muy resistentes a fallas en los nodos de la red, garantizando que la información sea persistente en todas las situaciones. Además, su escalabilidad permite una coordinación excepcional entre los organismos de socorro, voluntarios y afectados, facilitando que la distribución de los recursos esenciales se desarrolle de forma transparente y la toma de decisiones críticas en situaciones de alto riesgo sean mucho más acertadas.

VI. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Para el diseño del chat descentralizado se utilizó una estructura blockchain ya existente y se reutilizaron recursos de un proyecto previo del creador de contenido sobre programación Clever Progamer [12], el proyecto se desarrolló como una demo para la utilización y demostración de una aplicación descentralizada orientada a las comunicaciones entre nodos, adaptándose a la persistencia en situaciones de desastre, esta aplicación para la verificación y registro de usuarios se vale de la herramienta Metamask que es una extensión de navegador y una billetera digital que se utiliza principalmente para interactuar con aplicaciones descentralizadas (DApps) en la red Ethereum, esto nos permite estar seguros de que los

usuarios que utilicen el chat sean correctamente gestionados de forma segura consiguiendo una protección de los datos aun mayor, para el desarrollo de la aplicación se utilizaron 3 tecnologías para el desarrollo y una para el despliegue, estas herramientas son:

A. Next.js:

Es un framework JavaScript ligero y de código abierto creado sobre React, que permite desarrollar aplicaciones y sitios web muy rápidos y fáciles de usar.

B. Sanity.io:

Es un software que genera un backend dentro de tu sitio web con el que puedes gestionar los contenidos de la página web lo que se conoce con el nombre de CMS(sistema de gestión de contenido).

C. Gun.js:

Es una base de datos descentralizada y biblioteca de JavaScript especialmente útil para la creación de aplicaciones descentralizadas, ya que permite almacenar y sincronizar los datos de manera descentralizada.

D. Heroku:

Es una plataforma de alojamiento en la nube que se utiliza para alojar y ejecutar las aplicaciones proporcionando un entorno de alojamiento escalable y gestionado, para garantizar que las aplicaciones funcionen de manera confiable en línea.

Para la prueba del chat se utilizó como sistema operativo principal ubuntu, pero se hicieron pruebas en windows 10 y Mac OS

VII. PLAN DE PRUEBAS

A. Pruebas de funcionalidad básica:

1) *Registro de usuario:* Verificar que los usuarios puedan registrarse de manera correcta y segura en la aplicación. :

2) *Inicio de sesión:* Confirmar que los usuarios puedan iniciar sesión sin problemas. :

3) *Envío de mensajes:* Comprobar que los usuarios puedan enviar y recibir mensajes de manera efectiva. :

4) *Administración de grupos:* Verificar que los administradores puedan gestionar miembros, moderadores y configuraciones del grupo. :

5) *Interfaz de usuario:* Evaluar la usabilidad y la interfaz gráfica de la aplicación. :

B. Pruebas de rendimiento:

1) *Carga de usuarios concurrentes:* Evaluar cómo la aplicación maneja un alto número de usuarios conectados y enviando mensajes simultáneamente.:

2) *Tiempo de respuesta:* Medir el tiempo que tarda la aplicación en enviar y recibir mensajes en condiciones normales y de alta carga.:

3) *Escalabilidad:* Probar la capacidad de la aplicación para manejar un crecimiento sostenido en la cantidad de usuarios y grupos. :

C. Pruebas de seguridad:

1) *Cifrado: Verificar que las comunicaciones estén cifradas de extremo a extremo para garantizar la privacidad.* :

D. Pruebas de recuperación y redundancia:

1) *Resiliencia de la red: Simular la pérdida de conexión y restauración para confirmar que la aplicación pueda recuperarse sin pérdida de datos.* :

2) *Respaldos y recuperación de datos: Probar la capacidad de realizar copias de seguridad y restaurar datos en caso de fallos.* :

E. Pruebas de interoperabilidad:

1) *Pruebas de dispositivos y plataformas: Verificar que la aplicación funcione en una variedad de dispositivos y sistemas operativos.* :

F. Pruebas de usabilidad:

1) *Evaluación de usuarios beta: Realizar pruebas con un grupo de usuarios beta para obtener retroalimentación sobre la experiencia de uso y realizar mejoras.* :

VIII. CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de tecnologías como el IoT, la inteligencia artificial y la cadena de bloques (blockchain) ofrece soluciones innovadoras para la gestión de desastres naturales. El IoT se destaca por su capacidad para prevenir, preparar, responder y recuperar ante situaciones de emergencia, mientras que la inteligencia artificial mejora la predicción y la detección de amenazas. Por otro lado, la tecnología blockchain permite una gestión descentralizada, segura y eficiente, facilitando la coordinación y la comunicación en momentos críticos.

La aplicación de un chat descentralizado basado en blockchain ha demostrado ser una solución efectiva para la comunicación en situaciones de emergencia. Utilizando herramientas como Next.js, Sanity.io y Gun.js, esta aplicación garantiza la seguridad y la privacidad de la comunicación, junto con una interfaz de usuario intuitiva. Mediante un plan de pruebas exhaustivo que incluye pruebas de funcionalidad, rendimiento, seguridad, recuperación y usabilidad, se ha verificado la eficacia y la confiabilidad de la aplicación en diversas situaciones de desastre.

En resumen, la convergencia de estas tecnologías avanzadas abre un camino hacia una gestión de desastres más ágil y eficaz, lo que resulta fundamental para mejorar la seguridad y la protección de la vida humana en entornos vulnerables.

REFERENCES

- [1] "4 ways with which IoT helps in disaster management — Analytics Steps". Analytics Steps - A leading source of Technical & Financial content. [En línea]. Disponible: <https://www.analyticssteps.com/blogs/4-ways-which-iot-helps-disaster-management>
- [2] "Artificial intelligence for disaster risk reduction: Opportunities, challenges, and prospects". World Meteorological Organization. [En línea]. Disponible: <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/artificial-intelligence-disaster-risk-reduction-opportunities-challenges-and>

- [3] "The use of artificial intelligence for disasters". SCIRP. [En línea]. Disponible: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=125106#return3>
- [4] "¿Qué es la tecnología blockchain? - IBM Blockchain — IBM". IBM in Deutschland, Österreich und der Schweiz — IBM. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/es-es/topics/blockchain>
- [5] J. K. Hanco Quispe et al. "Gestión de Desastres Naturales con Tecnología Blockchain". Accedido el 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://downloads.editorcientifica.com.br/articles/230312359.pdf>
- [6] Home — Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En línea]. Disponible: <https://www.fao.org/3/ng183es/ng183es.pdf>
- [7] "El incendio del principal data center de OVH pone de relieve la importancia de tener un plan de recuperación ante desastre". [En línea]. Disponible: <https://www.xataka.com/pro/incendio-principal-data-center-ovh-pone-relieve-importancia-tener-plan-recuperacion-desastre>
- [8] "¿Qué sucederá con los sistemas de comunicación durante un terremoto en la capital?". Disponible: <https://especial.elcomercio.pe/estemoslistos/sucedera-sistemas-comunicacion-durante-terremoto-capital/>
- [9] "¿Qué sucederá con los sistemas de comunicación durante un terremoto en la capital?". [En línea]. Disponible: <https://especial.elcomercio.pe/estemoslistos/sucedera-sistemas-comunicacion-durante-terremoto-capital/>
- [10] "Las redes de comunicaciones, ante su próxima revolución: cuántica, descentralizada y basada en IA generativa". [En línea]. Disponible: https://www.lespanol.com/invertia/disruptores-innovadores/innovadores/tecnologicas/20230208/comunicaciones-proxima-revolucion-cuantica-descentralizada-ia-generativa/545195831_0.html
- [11] S. Jagati. "Mensajeros descentralizados basados en blockchain: ¿Un sueño de privacidad?" Cointelegraph. [En línea]. Disponible: <https://es.cointelegraph.com/news/blockchain-based-decentralized-messengers-a-privacy-pipedream>
- [12] "Clever Programmer YouTube". Accedido el 1 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.youtube.com/@CleverProgrammer>