

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ESTUDIO DE LAS TECNOLOGÍAS BLOCKCHAIN Y SUS
APLICACIONES EN REDES CELULARES 5G, 6G Y EN
SEGURIDADES**

**ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN Y SUS
APLICACIONES EN REDES 5G Y 6G**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TELECOMUNICACIONES**

WILIAN ALEXANDER ESPINOSA QUIMBITA

(wilian.espinosa@epn.edu.ec)

DIRECTOR: M.Sc. WILLIAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES

(fernando.flores@epn.edu.ec)

DMQ, abril 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Wilian Alexander Espinosa Quimbita declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Wilian Alexander Espinosa Quimbita

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Wilian Alexander Espinosa Quimbita, bajo mi supervisión.

M.Sc. WILLIAMS FERNANDO FLORES CIFUENTES
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el producto resultante del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Wilian Alexander Espinosa Quimbita

M.Sc. Williams Fernando Flores Cifuentes

DEDICATORIA

A mi abuelito Manuel Quimbata y mi amiga Johanna Robayo que estuvieron en mis momentos felices, en los momentos tristes y que ahora me cuidan desde el cielo personas que me ayudaron a ver el lado positivo de la vida, seguir luchando por mis sueños mientras ayudo al resto de personas.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Moisés Espinosa y Bertha Quimbita, por todo el apoyo emocional durante toda mi vida. Gracias a ustedes conseguí cumplir una más de mis metas

Agradezco a mi hermana Jessica Espinosa por brindarme su cariño en los momentos difíciles de mi vida universitaria.

Agradezco a mi tío Marcelo por ayudarme y apoyarme durante mi estancia en Quito.

A toda mi familia mis abuelitos maternos y paternos a mis tíos, primos que me dieron su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, enseñándome el valor del respeto la responsabilidad y la honestidad.

Agradezco al M.Sc. Williams Fernando Flores Cifuentes, por guiarme en el desarrollo del presente trabajo y su compromiso constante en guiar a las nuevas generaciones a la excelencia.

A mis amigos que estuvieron durante gran parte de mi vida especialmente a Alejandra, Carlos, Carol, Natasha, Sandy, Ana y Adrián, personas que son pilares importantes en mi vida, que me enseñaron el valor de la amistad y que gracias a ellos forme un carácter más asertivo y responsable en la vida.

Agradezco también a todas las amistades que conocí a lo largo por cada una de las vivencias alegrías y tristezas que vivimos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
1.4.1 Fundamentos de Blockchain	3
1.4.1.1 Definición.....	3
1.4.1.2 Estructura de un bloque	5
1.4.1.3 Funcionamiento.....	6
1.4.1.4 Técnicas Blockchain.....	6
1.4.1.5 Tipos	12
1.4.1.6 Aplicaciones relevantes.....	13
1.4.2 Redes celulares 5G	13
1.4.2.1 Definición.....	13
1.4.2.2 Características	14
1.4.2.3 Aplicaciones	15
1.4.3 Redes celulares 6G	15
1.4.3.1 Definición.....	15
1.4.3.2 Características	16
1.4.3.3 Aplicaciones	16
1.4.4 Intersección de 5G y 6G con Blockchain.....	16
2 METODOLOGÍA.....	18
2.1 Aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones.....	18
2.2 Aplicaciones en redes 5G	19
2.2.1 Contratos inteligentes.....	19
2.2.2 Gestión de datos	20

2.2.3	Auditoría de la cadena de suministros.....	21
2.2.4	Entretenimiento y multimedia	23
2.2.5	Casas inteligentes	24
2.2.6	Logística y envíos.....	25
2.2.7	Operaciones con drones	26
2.2.8	Vehículos inteligentes.....	27
2.3	Aplicaciones en redes 6G	28
2.3.1	Comunicación holográfica	28
2.3.2	Monitoreo y protección ambiental continua	29
2.3.3	Atención médica inteligente.....	30
2.3.4	Interacción inalámbrica cerebro-ordenador	31
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
3.1	Resultados	33
3.2	Conclusiones	43
3.3	Recomendaciones	44
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis de la tecnología Blockchain y sus aplicaciones en redes móviles de quinta y sexta generación.

En el primer capítulo se encuentra la definición de la tecnología Blockchain, cómo es la estructura de un bloque, el funcionamiento de la herramienta, cuáles son sus técnicas o algoritmos de consenso y cómo funcionan cada uno, que tipos de sistemas Blockchain existen, las aplicaciones más relevantes de manera general de la herramienta, dentro del capítulo también se encontrará la definición, características y aplicaciones de las redes celulares de quinta y sexta generación así como la intersección que tienen dichas redes con la arquitectura Blockchain.

En el segundo capítulo se presentan algunas aplicaciones de Blockchain en el ámbito de las telecomunicaciones, dichas aplicaciones solo son listadas, más adelante se analizan 8 aplicaciones de Blockchain en redes 5G y 4 aplicaciones en redes 6G en cada aplicación se analiza las características tanto de la red como de la herramienta dejando en segundo plano la parte de seguridad y centrándose en la parte de transparencia, inmutabilidad entre otros aspectos.

En el tercer capítulo se analiza las ventajas que tiene el uso de la tecnología Blockchain en cada una de las aplicaciones que se mencionaron en el segundo capítulo, finalmente se encuentran las conclusiones y recomendaciones a las cuales se llegó mediante el análisis tanto de la herramienta como de su impacto dentro de las aplicaciones estudiadas.

PALABRAS CLAVE: Descentralización, Blockchain, algoritmos de consenso, transparencia, eficiencia, inmutabilidad.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of the Blockchain tool and its applications in fifth and sixth generation mobile networks.

In the first chapter is the definition of the Blockchain tool, what is the structure of a block, how is the operation of the tool, what are its techniques or consensus algorithms and how each one works, what types of Blockchain systems exist, the most relevant applications of the tool in general, within the chapter will also be found the definition, characteristics and applications of cellular networks of fifth and sixth generation as well as the intersection that these networks have with the Blockchain tool.

In the second chapter some applications of Blockchain in the telecommunications field are presented, these applications are only listed, later 8 applications of Blockchain in 5G networks and 4 applications in 6G networks are analyzed in each application the characteristics of both the network and the tool are analyzed leaving in the background the security part and focusing on the part of transparency, immutability among other aspects.

The third chapter analyzes the advantages of using the Blockchain tool in each of the applications that were analyzed in the second chapter. Finally, the same chapter contains the conclusions and recommendations reached by analyzing both the tool and its impact on the applications studied.

KEYWORDS: Decentralization, Blockchain, consensus algorithms, transparency, efficiency, immutability.

1 INTRODUCCIÓN

La integración de la tecnología Blockchain en aplicaciones de redes 5G y 6G marca un hito crucial en la evolución de las comunicaciones móviles. Blockchain, originalmente concebida para respaldar criptomonedas como Bitcoin, ha emergido como una solución disruptiva con un potencial revolucionario en diversos sectores, y su sinergia con las redes celulares más avanzadas promete transformar la conectividad de manera integral, con inmutabilidad la cual es característica primordial dentro de las herramientas Blockchain.

En el contexto de las redes 5G y las emergentes 6G, la introducción de Blockchain introduce un nivel sin precedentes de seguridad, transparencia y eficiencia. La descentralización inherente a la tecnología Blockchain contrarresta las vulnerabilidades de las redes centralizadas, proporcionando un entorno más resistente a ataques maliciosos y mejorando la confiabilidad de las comunicaciones.

Además de brindar una capa adicional de seguridad, Blockchain facilita la gestión eficiente y segura de transacciones, lo que es esencial en un entorno donde la velocidad y el volumen de datos son exponencialmente mayores siendo que tanto las redes 5G como 6G buscan mejorar la latencia y la tasa máxima de transferencia de datos con el fin de ser utilizado en las aplicaciones críticas en la cual la movilidad es extremadamente rápida. Los contratos inteligentes, ejecutados automáticamente mediante código, simplifican y aseguran la ejecución de acuerdos en tiempo real, lo que resulta especialmente relevante en el ámbito de las transmisiones masivas de datos y la gestión autónoma de dispositivos conectados.

La trazabilidad y la integridad de los datos se fortalecen mediante la inmutabilidad de la cadena de bloques, permitiendo un registro confiable y a prueba de manipulaciones. En aplicaciones como la gestión de recursos de red, el monitoreo de dispositivos IoT y la autorización segura de transacciones, esta característica es crucial para garantizar la integridad y la autenticidad de la información.

A medida que los usuarios se adentren en la era de la conectividad 6G, la incorporación de Blockchain no solo optimiza la seguridad y la eficiencia, sino que también sienta las bases para nuevos paradigmas, como el intercambio de recursos de manera descentralizada y la habilitación de economías tokenizadas. En resumen, la convergencia de Blockchain y las redes celulares 5G y 6G anticipa una transformación completa en la forma en que concebimos y experimentamos la conectividad móvil y sus aplicaciones, marcando el inicio de una era innovadora y segura en las comunicaciones inalámbricas avanzadas.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de las aplicaciones de la arquitectura Blockchain dentro de redes celulares 5G y 6G.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el cumplimiento del objetivo general se tienen los siguientes objetivos específicos.

1. Estudiar y comprender la arquitectura Blockchain en el ámbito de las telecomunicaciones.
2. Presentar y analizar las principales aplicaciones de Blockchain en las redes móviles.
3. Analizar las ventajas y desventajas que presenta el uso de Blockchain en cada una de las aplicaciones presentadas dentro de las redes móviles.

1.3 ALCANCE

Se realizará un estudio para explorar en profundidad la convergencia entre las tecnologías Blockchain y las redes celulares de quinta y sexta generación (5G y 6G, respectivamente). El alcance del estudio abarca un análisis de las características fundamentales de la tecnología Blockchain y su capacidad para transformar los paradigmas de confiabilidad y descentralización en el contexto de las redes celulares avanzadas.

Se llevará a cabo un análisis de algunas de las aplicaciones potenciales de la tecnología Blockchain en el ámbito de las redes celulares, centrándose en áreas clave como la autenticación de dispositivos, la gestión de identidades digitales y la administración de recursos, siendo esto uno de los paradigmas más centrales de las nuevas tecnologías. Se investigará cómo los conceptos de contratos inteligentes y registros inmutables pueden ser aprovechados para optimizar la asignación dinámica de recursos en entornos de red altamente dinámicos.

El estudio también abordará los desafíos técnicos y de implementación que surgen al integrar la tecnología Blockchain en las infraestructuras de redes celulares existentes y futuras. Se analizarán las implicaciones en términos de escalabilidad, latencia y consumo energético, así como los posibles riesgos de seguridad asociados con la adopción de Blockchain en entornos móviles.

El análisis se basará en una revisión de la literatura académica y técnica, así como en la evaluación de casos de uso y ejemplos prácticos donde la tecnología Blockchain ya ha comenzado a influir en las redes celulares. El resultado final será un informe integral que presenta recomendaciones sobre las áreas de aplicación más prometedoras, los posibles beneficios y las consideraciones críticas que deben abordarse para lograr una implementación exitosa y segura de las tecnologías Blockchain en las redes celulares 5G y 6G.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 FUNDAMENTOS DE BLOCKCHAIN

1.4.1.1 Definición

La tecnología Blockchain es una estructura de datos distribuida y descentralizada que se puede definir de manera sencilla como una red P2P (Peer to Peer), la cual permite la transacción segura y transparente de datos entre pares. De igual manera es una cadena de bloques interconectados que almacena información de manera permanente y verificable, uno de los nombres con los cuales se identifica este tipo de almacenamientos es libro de contabilidad digital, libro mayor(ledger) o libro de registro; cada transacción que se encuentra almacenada debe contar con la firma digital del propietario esto con el fin de que se verifique la transacción y se evite la manipulación de los datos lo que permite garantizar la protección de datos almacenados dentro del libro mayor[1].

La cadena de bloques continuos que tienen dentro la lista completa de las transacciones realizadas junto con un libro de registro público es llamada Blockchain, una de las características que tiene el almacenamiento de Blockchain, es que el mismo se encuentra cifrado de manera que las identidades de cada uno de los miembros que se encuentran dentro de la red se encuentren ocultas completamente[2]. En la Figura 1.1 se puede observar la secuencia continua de bloques en Blockchain, donde el bloque TX hace referencia a una transacción.

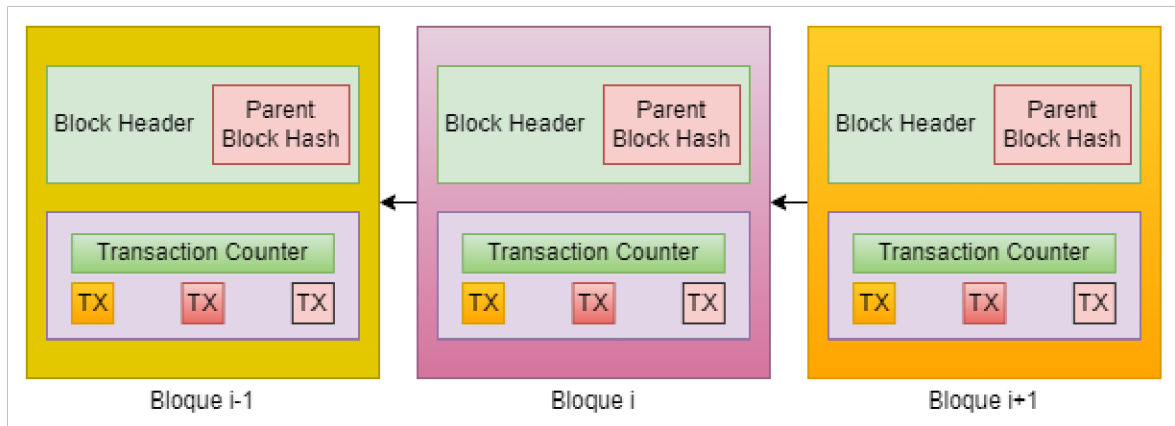


Figura 1.1. Secuencia de bloques en Blockchain[3].

En la tecnología Blockchain se pueden definir 4 atributos que permiten, junto con los algoritmos de consenso distribuidos disminuir costos y mejorar la eficiencia de los procesos. Los atributos de Blockchain son:

- **Descentralización:** Generalmente cuando se requiere realizar una transacción dentro de un sistema en el que, realizada la validación en una agencia central se tiende a generar congestión en el desempeño dentro de la agencia. Dentro de Blockchain se elimina la congestión ya que no se requiere de ningún sistema central de tal manera que en una red distribuida los datos sean coherentes lo que se consigue mediante el uso de los algoritmos de consenso[3].
- **Persistencia:** Ya que las transacciones realizadas son validadas de manera instantánea y los nodos o mineros no realizan transacciones inválidas, se puede encontrar de manera inmediata aquellos bloques los cuales tengan transacciones inválidas ya que una vez que el bloque se almacena dentro de Blockchain este no podrá ser eliminado ni tampoco podrá ser revertido, con lo cual la información es inmutable o inalterable[4].
- **Anonimato:** Blockchain se caracteriza por mantener oculta la identidad de los usuarios, si los usuarios requieren interactuar entre ellos lo podrán realizar mediante direcciones que proporcione Blockchain, sin embargo debido al anonimato no se puede garantizar la privacidad[3].
- **Auditabilidad:** En el caso de verificación y seguimiento de transacciones Blockchain realiza un proceso en el cual utiliza el modelo de salida de transacciones no gastadas, en donde la transacción actual que se va a realizar debe ser referida a las transacciones no gastadas, permitiendo el cambio de estado de transacción

no gastada a transacción por gastar con lo que el rastreo de estas se vuelve más sencillo de llevar[3].

1.4.1.2 Estructura de un bloque

La estructura del bloque esta dado por una cabecera y un cuerpo los mismos que contienen ciertos elementos, en la Figura 1.2 se puede observar de manera gráfica cada elemento dentro de la estructura.

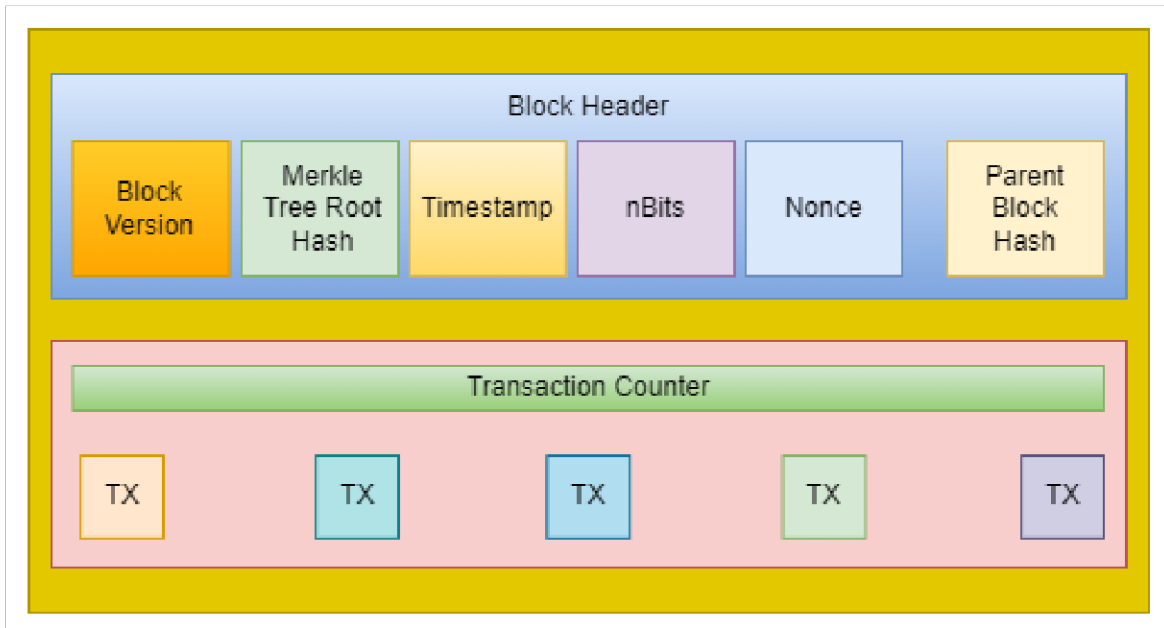


Figura 1.2. Estructura de un bloque[3].

Dentro de la cabecera se encuentra

- **Versión del bloque:** indica cual es el protocolo que debe implementarse para realizar la validación del bloque.
- **Merkle tree Root Hash:** Es un valor hash que se encarga de representar todas las transacciones que se están realizando dentro de un bloque en una cadena de bloques, este hash es importante ya que permite garantizar la integridad de las transacciones y la seguridad de las cadenas de bloques[5].
- **Timestamps:** Este campo se encarga de almacenar la hora actual en unidades de segundos.
- **nBits:** Se puede definir como el objetivo del bloque hash que debe alcanzar el nodo este valor permite analizar bajo algunos algoritmos de consenso si se resolvió o no la transacción[6].

- **Nonce:** Es un campo de 4 bytes que permite identificar de manera única el bloque que está realizando la transacción de alguna anterior ya que va tomando valores desde cero y dichos valores aumentan conforme a cada calculo o transacción que se realice[7].
- **Parent Block Hash:** Dentro de este campo se encuentra un valor hash de 256 bits el cual tiene como función ser una cadena que se encargue de unir lo bloques por lo que este campo tiene que estar dirigido hacia el bloque anterior de esta manera uniendo ambos bloques[8], de igual manera el siguiente bloque tiene su valor de hash dirigido hacia el bloque actual, estos se pueden observar de manera más eficiente en la Figura 1.1 en donde el bloque central es el bloque actual y el bloque a la izquierda y derecha son su antecesor y predecesor.

Dentro del cuerpo del bloque se puede encontrar las transacciones y un contador de transacciones, el número de transacciones se verá limitado por el tamaño de cada transacción individual o del tamaño de cada bloque de ahí que cada bloque tenga un número distinto de transacciones. Cuando se requiera realizar la validación de la autenticidad de la transacción será necesario el uso de las técnicas de cifrado asimétrico

1.4.1.3 Funcionamiento

El funcionamiento de esta tecnología se base en una síntesis de sus 4 atributos en donde los datos se comparten entre los nodos de la red en tiempo real lo que garantiza de manera óptima la descentralización, después de ello mediante el uso de los algoritmos de consenso se validan las transacciones y se garantiza la integridad de la red, teniendo presente que una vez se registre la transacción esta no puede ser alterada o eliminada por lo cual puede rastrearse cada movimiento siempre manteniendo el anonimato del usuario.

1.4.1.4 Técnicas Blockchain

También denominadas algoritmos de consenso son técnicas que se encuentran dentro del ecosistema de Blockchain las cuales permiten implementar la tecnología y garantizar la seguridad, integridad y descentralización de los datos. Entre las principales técnicas se encuentran:

- **Proof of Work (PoW):** Traducido como prueba de trabajo, los participantes, conocidos como nodos, compiten para resolver problemas matemáticos complejos y criptográficos. Estos problemas requieren una cantidad significativa de poder de cómputo para ser resueltos. El objetivo de los mineros es encontrar un valor hash que cumpla con ciertos criterios, como ser menor que un valor objetivo específico.

Este proceso implica la manipulación de datos en el bloque y la búsqueda de un nonce (número arbitrario) que, al concatenarse con los datos del bloque, produzca un hash válido.

Una vez que un nodo encuentra un hash válido, propaga la solución a la red. Los demás nodos pueden verificar fácilmente la validez del hash al reproducir el mismo proceso de hashing. Si la solución es aceptada por la mayoría de los nodos, el nuevo bloque se agrega a la cadena de bloques[3]. En la Figura 1.4 se observa cómo se pueden crear las ramas Blockchain.

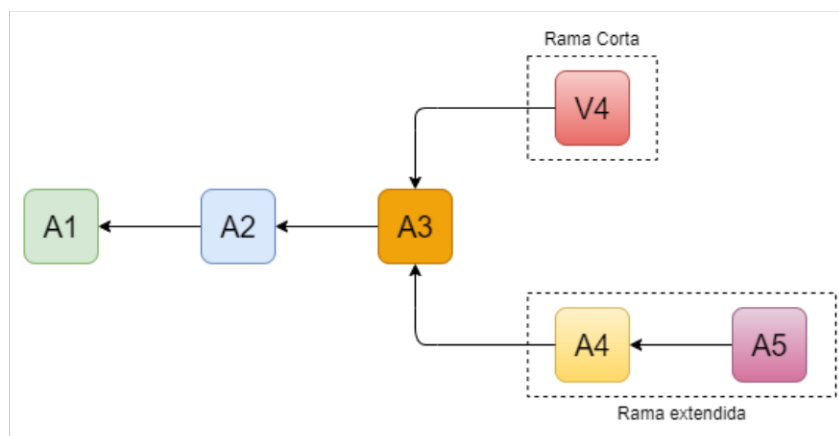


Figura 1.3. Escenario en el que se observan las ramas en Blockchain[3].

Dentro de este algoritmo la principal desventaja es que tiene como limitación en su seguridad que es propenso al ataque por doble gasto el cual se define como que las unidades de criptomonedas que son utilizadas en una transacción pueden ser nuevamente utilizadas en otras transacciones simultáneas sin que sean registradas lo cual generaría una desconfianza en el sistema Blockchain ya que el mismo busca tener base de datos a prueba de manipulación y un control y registros de todas las transacciones realizadas en la red[9], este ataque se puede observar en la Figura 1.4. donde posteriormente se realizará una breve descripción del ataque.

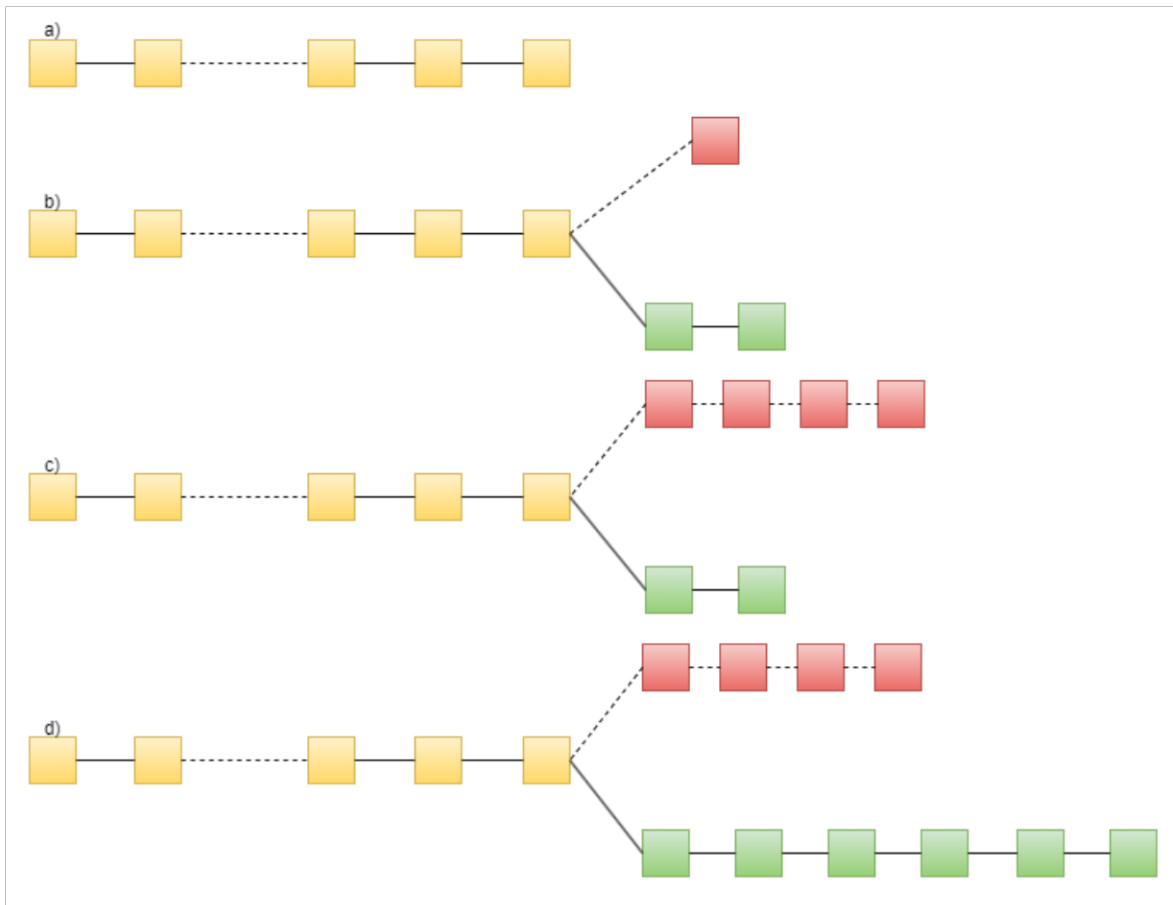


Figura 1.4. Forma de ataque por doble gasto[3].

El ataque por doble gasto se realiza de la siguiente manera:

- a) Se toman en cuenta cada una de las transacciones
 - b) La cadena empieza a extenderse con nodos honestos(verdes) y fraudulentos dichos nodos son minados de manera simultánea y secreta.
 - c) Se alarga la rama fraudulenta
 - d) Al publicarse la rama esta se considera valida, una vez hecho el atacante busca invalidar la transacción con lo que su bifurcación empieza a ser aún más larga con lo que logra atacar un nodo valido e invirtiendo la transacción.
- **Proof of Stake (PoS):** En PoS, los validadores son seleccionados basándose en la cantidad de criptomonedas que poseen y están dispuestos a apostar como garantía, en lugar de competir resolviendo problemas criptográficos. Los validadores proponen y validan bloques, con incentivos para actuar honestamente y penalizaciones por comportamientos maliciosos. PoS es más eficiente en términos de energía que PoW y enfrenta desafíos como la posibilidad de

centralización por parte de participantes más ricos. Ethereum está implementando PoS con su actualización Ethereum 2.0, reemplazando gradualmente PoW. En resumen, PoS busca una validación eficiente y segura de bloques mediante la participación y la apuesta de criptomonedas como garantía[3].

- **Proof of Burn (PoB):** Este algoritmo de consenso se basa en quemar una cantidad de monedas esto se lo realiza enviando cierta cantidad de monedas a una dirección inaccesible la cual se la denomina como consumidor las monedas enviadas a la dirección del consumidor no pueden ser utilizadas de nuevo de manera inmediata, el libro de contabilidad se encarga de realizar un seguimiento de las monedas quemadas con lo cual las mismas quedan inutilizables, a pesar de que se tiene una pérdida por quemar las monedas, el daño es solo temporal ya que a largo plazo el resto de monedas están protegidas ya sea de piratas informáticos o de ataques cibernéticos, una de las ventajas de realizar la quema de monedas es que aumenta la apuesta de otras monedas con lo que se aumentan las recompensas por lo que se denomina a quemar como un privilegio de la minería Slimcoin es un ejemplo de criptomoneda que utiliza PoB[3].
- **Proof of Activity (PoA):** Prueba de actividad este algoritmo de consenso se basa en una fusión entre la prueba de trabajo y prueba de participación, este algoritmo tiene las ventajas de ser más seguro ante los ataques cibernéticos, así como que no consume muchos recursos por lo que se manifiesta que este algoritmo no está hambriento de poder.

El algoritmo empieza como el algoritmo PoW en donde todos los nodos realizan la resolución de los rompecabezas críticos con el fin de conseguir las recompensas a continuación los nodos se encargarán netamente solo en extraer las plantillas de los bloques, dentro del encabezado se pueden encontrar partes interesadas aleatorias de ahí se define que cuando mayor sean los intereses de la parte interesada las probabilidades de que el bloque sea aprobado aumentan de una manera específica[3].

- **Proof of Elapsed Time (PoET):** Prueba de tiempo transcurrido este algoritmo es considerado como el mejor algoritmo de consenso dentro de la red Blockchain, en este algoritmo los nodos se identifican al iniciar la sesión por lo que los usuarios ganadores son únicamente seleccionados por medios justos, sin embargo, este algoritmo dictamina que nodo que espera el menor tiempo tiene el derecho de

proponer el siguiente bloque, el sistema Intel SGX se basa en este tipo de algoritmo[3].

- **Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT):** Es un algoritmo de consenso diseñado para sistemas distribuidos, incluyendo implementaciones en Blockchain. Opera en rondas de consenso con nodos designados como primarios y secundarios. Durante cada ronda, un nodo primario propone un bloque, y los nodos secundarios votan para validar ese bloque. La aceptación requiere la mayoría de los votos, proporcionando finalidad rápida a las transacciones. Aunque eficiente, la comunicación entre todos los nodos puede limitar la escalabilidad. PBFT se utiliza comúnmente en Blockchains privadas, ofreciendo tolerancia a fallas bizantinas con un conjunto fijo de nodos. A pesar de su eficiencia, su nivel de descentralización puede ser menor en comparación con otros algoritmos[3].
- **Leased Proof of Stake (LPoS):** Prueba de participación arrendada, este algoritmo de consenso está basado en PoS, el cual fue introducido por la plataforma Waves las principales características del algoritmo son su bajo consumo de energía, a diferencia de PoS los usuarios con un número limitado son capaces de participar en el consenso[3].
- **Delegated Proof of Stake (DPoS):** Es un algoritmo de consenso utilizado en Blockchain que combina características de Proof of Stake (PoS) con un sistema de delegación de voto. En DPoS, un grupo limitado de participantes llamados "delegados" o "testigos" son elegidos para validar bloques mediante un proceso de votación. Los poseedores de criptomonedas pueden votar por los delegados que prefieran, permitiendo una mayor flexibilidad en la elección de validadores. La rotación periódica de delegados y la limitación en el número de nodos validadores contribuyen a la eficiencia y escalabilidad del sistema. Aunque DPoS a menudo se percibe como menos descentralizado, su enfoque equilibrado entre descentralización y eficiencia ha sido implementado en Blockchain como EOS y BitShares[3].
- **Pure Stake-Based Consensus:** Algoritmo que se basa en PoS siendo esta su forma más pura, en donde cuando mayor sea la apuesta del nodo mayor será la posibilidad de extraer el bloque[3].
- **Tendermint:** Busca lograr acuerdo entre nodos sobre el estado del sistema. Su modelo de tolerancia a fallas bizantinas (BFT) permite que la red funcione correctamente incluso si algunos nodos son maliciosos o fallan, brindando

resistencia a ataques. La red está compuesta por un conjunto fijo de nodos validadores, participando en rondas de consenso donde proponen y votan bloques. Tendermint se destaca por su capacidad de llegar a acuerdos rápidos en cada ronda, ofreciendo finalidad rápida a las transacciones una vez que se alcanza el consenso. Diseñado de manera modular, puede implementarse en diversas blockchains, siendo reconocido por su seguridad y robustez. Su aplicabilidad no está limitada a una criptomoneda específica, y es comúnmente utilizado en la arquitectura de blockchains como Cosmos Network[3].

- **Ripple:** Utiliza un protocolo de consenso iterativo que se ejecuta continuamente en la red. A diferencia de PoW, no hay una competencia directa para resolver problemas matemáticos o la necesidad de demostrar la posesión de recursos, como en PoS. Antes de cada ronda de consenso, un subconjunto de nodos se selecciona aleatoriamente de la lista de nodos únicos de la red. Este subconjunto se conoce como el Validador Único (Unique Node List, UNL). Cada nodo de la UNL confirma transacciones, y si al menos el 80% de los nodos están de acuerdo, se considera que el consenso se ha alcanzado[3].

Ripple se considera una red escalable, ya que puede procesar un gran número de transacciones en poco tiempo. El algoritmo de consenso de Ripple permite un rendimiento eficiente y rápido en comparación con algunas otras Blockchains. El diseño de Ripple está diseñado para ser resistente a ataques, ya que la elección de los nodos validadores y la naturaleza descentralizada del proceso de consenso dificultan la manipulación maliciosa.

- **Hybrid Form of PoS and PoW:** Este tipo de algoritmo es una variante de PoS que utiliza PoW, el algoritmo se basa en utilizar un parámetro conocido como “*coin age*” del nodo la cual se obtiene multiplicando su participación con la cantidad de tiempo que posee. Algunos participantes pueden ser seleccionados de manera aleatoria mediante PoS, mientras que otros pueden competir por la oportunidad de validar mediante PoW. Esto puede ayudar a evitar la centralización excesiva y fomentar una mayor diversidad de nodos[3].

La combinación de PoS y PoW busca reforzar la seguridad de la red. PoW puede ayudar a prevenir ataques del tipo del 51%, donde un actor malintencionado controla la mayoría del poder de cómputo, mientras que PoS puede proporcionar una forma adicional de participación y consenso.

1.4.1.5 Tipos

Existen 4 diferentes sistemas dentro de Blockchain.

- **Público:** Dentro de este sistema los participantes en el proceso de consenso pueden participar de manera activa y sin restricciones ya que la visibilidad de los recursos es pública.
- **Privado:** Un sistema centralizado en el cual una entidad central se encarga de controlar los datos o transacciones.
- **Consortium:** En este sistema se encuentra una mezcla entre el sistema privado y público por lo que se encuentra parcialmente descentralizado ya que existe un número definido de entidades que pueden determinar los procesos de consenso.
- **Híbrido:** Similar al sistema consortium ya que es una mezcla de los 2 primeros sistemas, pero en este sistema se determina si las transacciones o datos son públicos o privados.

Ya que los tipos de sistemas principales son el público y el privado en la Tabla 1.2 se realizará una comparación de algunas características de cada uno de los sistemas.

Tabla 1.2. Comparación de sistemas[3]

Características	Público	Privado
Identidad	Anónima	Identificable
Derechos de acceso	Abiertos (lectura y escritura)	Autorizados (lectura y escritura)
Seguridad	Mecanismos de consenso	Usuarios preaprobados
Evaluación	Nativa	Ninguna
Velocidad	Alta	Baja

Al analizar las características de la Tabla 1.2 se observa claramente que en el caso de la velocidad en el sistema tipo público es alta debido a la descentralización, mientras que esto no sucede en el sistema tipo privado ya que al existir una agencia central que controle los datos se generan congestión o cuellos de botella en la validación de datos por lo que la velocidad es baja, en el caso de la identidad al poder acceder de manera pública a los registros se mantiene anónima, ya que todo usuario puede observarla mientras que en el caso privado al tener un mayor control se pueden identificar quien realiza el ingreso de los datos, finalmente en el derecho de acceso la característica más novedosa es que al igual que en el sistema tipo público se tiene permisos de lectura y escritura, pero en el sistema tipo privado deben ser autorizados previamente.

1.4.1.6 Aplicaciones relevantes

Solamente en el caso de Blockchain las aplicaciones más relevantes son:

- **Criptomonedas:** Los Bitcoin son la aplicación más relevante en el ámbito de las criptomonedas, debido a que la misma ocupa un sistema Blockchain público.
- **Contratos Inteligentes:** Automatizan y ejecutan acuerdos digitales de forma segura, esto con el fin de eliminar intermediarios ya que todos los detalles del contrato estarán disponibles para el usuario.
- **Gestión de Cadena de Suministro:** Rastreo transparente de productos y transacciones.
- **Internet de las cosas (IoT):** La aplicación permite que electrodomésticos y los sensores que utilizan cada uno de los dispositivos (cosas) de manera específica puedan realizar transacciones de datos que permitan la automatización de los dispositivos con el fin de que la cadena de suministros no sea escasa o se esté desaprovechando[3].
- **Propiedades inteligentes:** Los detalles que existen dentro de los títulos de propiedad o contratos de los bienes tangibles e intangibles pueden ser almacenados dentro del libro de registro lo cual garantiza mayor eficiencia y confianza y reduce el riesgo de que exista un fraude[3].
- **Gobierno:** Dentro de esta aplicación se busca mejorar y optimizar la relación entre los ciudadanos y el gobierno con el fin de que los servicios gubernamentales mejoren, ya que la comunicación entre los participantes de esta relación será transparente, está ayudando a fomentar los negocios con el intercambio seguro de datos, así mismo esto puede eliminar la burocracia que existe dentro de los gobiernos con lo que se puede llegar a prevenir el fraude fiscal[3].

La tecnología Blockchain continúa expandiéndose a múltiples industrias debido a su naturaleza segura, transparente y descentralizada es importante notar que estas aplicaciones son puntuales y aun no se analizan aplicaciones que tengan la interacción entre la tecnología Blockchain y las redes móviles 5G y 6G.

1.4.2 REDES CELULARES 5G

1.4.2.1 Definición

La red 5G es una evolución gigantesca de las redes 4G-LTE actuales, la cual busca ofrecer mejoras significativas en términos de velocidad, capacidad, latencia y conectividad con respecto a las anteriores generaciones.

Para analizar las capacidades que caracterizan la red 5G es necesario conocer que requerimientos mínimos están dados por los estándares IMT-2020 el caso de la UIT y los *releases* 15, 16 y 17 en el caso de 3GPP[10].

1.4.2.2 Características

Las principales características que presenta la red 5G según la recomendación M.2083 conocida como “*IMT Vision: Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond*”[11] son:

- **Tasa máxima de transferencia de datos:** La velocidad máxima en condiciones ideales debe tener un valor mínimo de 10Gbps sin embargo en un número limitado de aplicaciones la velocidad puede llegar a los 20Gbps[11].
- **Tasa de datos de experiencia del usuario:** La velocidad que logran el 95% de usuarios es 100Mbps en áreas amplias y 1Gbps en usuarios de interiores o puntos de acceso[11].
- **Latencia:** El tiempo de latencia requerido según la recomendación de IMT-2020 debe ser de 1ms[11].
- **Movilidad:** La recomendación indica que espera se habilite una velocidad máxima de 500Km/h con un aceptable QoS, esto con el fin de ser utilizado en el caso de los trenes de alta velocidad[11].
- **Densidad de conexión:** Este parámetro debe estar sobre los 10^6 usuarios/Km² para ambientes en donde existe un despliegue máximo IoT[11].
- **Capacidad de tráfico en área:** La recomendación indica que este parámetro debe tener un valor de 10Mbps/m²[11].
- **Eficiencia del espectro:** Según las aplicaciones, así como si el enlace es de subida o bajada, la eficiencia puede tener valores máximos de 15bps/Hz en subida y 30bps/Hz de bajada[12].

Una vez vistos los valores que deben tener cada una de las características de la red es necesario aclarar que esta recomendación y los datos que la misma presentan son para el caso de uso *Enhanced Mobile Broadband (eMBB)*.

Dentro del reporte M.2441 denominado como *Emerging Usage of the Terrestrial Component of International Mobile Communications*. se encuentran 16 ejemplos de casos de uso emergentes que están respaldados por el IMT-2020[13], los cuales se enlistaran en el siguiente punto, así mismo el reporte enlista las bandas de frecuencia utilizadas por el IMT-2020 las cuales son.

- 450-960 MHz
- 1.427-1.518 GHz
- 1.710-2.025 GHz
- 2.110-2.200 GHz
- 2.300-2.400 GHz
- 2.500-2.690 GHz
- 3.300-3.700 GHz
- 4.800-4.990 GHz

Asimismo, se presentan otras bandas de frecuencia que ya se encuentran en la telefonía móvil y solo restan de identificarse en la IMT-2020.

1.4.2.3 Aplicaciones

[13]Algunas de las aplicaciones que se presentan dentro del reporte mencionado en el punto anterior pueden ser:

- Comunicación tipo máquina.
- Protección pública de ancho de banda y socorro en casos de desastres.
- Sistemas de transporte inteligente.
- Comunicación de ferrocarriles y trenes de alta velocidad
- Ciudades

1.4.3 REDES CELULARES 6G

1.4.3.1 Definición

La red celular 6G, también conocida como sexta generación de tecnología móvil, se proyecta como la evolución futura de las redes móviles más allá de 5G. Aunque aún no se han establecido estándares formales ya que esta misma se encuentra en etapas tempranas de desarrollo, se espera que 6G ofrezca mejoras significativas en velocidad, capacidad, latencia y capacidad de conexión en comparación con su predecesora con el fin de permitir una conectividad global de manera mucho más rápida y con menos tiempo de latencia principalmente en escenarios los cuales requiera tomas de decisiones inmediatas.

1.4.3.2 Características

Los valores que se esperan tener dentro en cada una de las características de la red 6G se presenta a continuación:

- **Tasa máxima de transferencia de datos:** La velocidad máxima debe tener un valor 1Tbps de subida y mayor a 1Tbps de bajada[14].
- **Latencia:** El tiempo de latencia se espera esté en el rango de 10-100 μ s[14].
- **Movilidad:** Se espera una velocidad máxima de 1000Km/h[14].
- **Densidad de conexión:** Este parámetro debe estar sobre los 10⁷usuarios/Km²[14].
- **Capacidad de tráfico en área:** La recomendación indica que este parámetro debe tener un valor de 1-10Gbps/m²[14].

1.4.3.3 Aplicaciones

Ya que esta red aún se encuentra en desarrollo existen pocas aplicaciones que se conocen hasta el momento entre las aplicaciones más conocidas se tienen:

- Realidad virtual, aumentada y mixta.
- Telepresencia holográfica.
- Automatización de las fábricas.
- Dispositivos inteligentes con IoT masivo
- Comunicación submarina
- Conexión autónoma y vehículos conectados.

1.4.4 INTERSECCION DE 5G Y 6G CON BLOCKCHAIN

En el caso de la intersección con la red 5G se basa en pagos, tiempos de bloque más corto disminuyendo la latencia de la red lo cual desemboque en una escalabilidad mejorada, la red 5G se centrará en la velocidad de los datos con el fin de ser utilizados en ciudades inteligentes, así como la realización de documentos que puedan ser protegidos basándose en la transparencia e inmutabilidad que otorga Blockchain[3].

Para el caso de la red 6G ya que Blockchain utiliza una red P2P descentralizada se aumentará la disponibilidad y confiabilidad de los servicios 6G, se puede realizar el uso de redes heterogéneas en donde distintos operadores son parte de la conexión, así mismo en la red 6G se busca que los contratos inteligentes sean de conocimiento público con el fin de que las partes interesadas los puedan observar sin la necesidad de una entidad que gestionen o transfiera responsabilidades[14].

Finalmente, los contratos inteligentes basados en Blockchain representan entidades autónomas que respaldan la autoorganización y autosostenibilidad. Su capacidad para simplificar y optimizar la gestión en una red, como la de servicios 6G, permite que observen el entorno operativo, establezcan condiciones de activación y ejecuten operaciones en función de factores desencadenantes para ajustar eficientemente dicho entorno operativo[14].

2 METODOLOGÍA

En el siguiente capítulo se realizará la descripción general de algunas aplicaciones que tiene la arquitectura Blockchain en el campo de las telecomunicaciones, posterior a eso se analizarán las aplicaciones que presenta Blockchain en las redes móviles de quinta y sexta generación en las aplicaciones se analizarán características de la red como velocidad, ancho de banda, latencia, conexión masiva y redes privadas de manera general, también se analizaran características de la herramienta siendo de manera general la inmutabilidad la transparencia la privacidad y la seguridad siendo características secundarias contratos virtuales, micropagos, rastreabilidad entre otras al no tener todas las aplicaciones las mismas características tanto en la red como en la herramienta de almacenamiento, una vez se obtengan sus características se especificara como son el uso de los contratos inteligentes que tiene cada aplicación siendo que uno es una aplicación como tal y los otros son características.

2.1 APLICACIONES EN EL CAMPO DE LAS TELECOMUNICACIONES

La tecnología Blockchain tiene varias aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones siendo que las estas buscan ofrecer soluciones que permitan mejorar la seguridad, la transparencia y la eficiencia en los diversos aspectos de la industria algunas de las aplicaciones son[15]:

- Gestión de identidad y acceso
- Autenticación y seguridad de dispositivos IoT
- Micropagos y facturación
- Contratos inteligentes para acuerdos automatizados
- Número de portabilidad y roaming
- Gestión de la cadena de suministros de dispositivos
- Registro de eventos y resolución de problemas
- Seguridad y privacidad en mensajería y comunicación VoIP
- Intercambio seguro de datos entre operadoras
- Registros de recursos y configuración de red

2.2 APLICACIONES EN REDES 5G

Dentro de las redes 5G al ser redes que manejan mayor velocidad y menor latencia las aplicaciones tienen que ver con el tiempo que toma en la conexión entre usuarios, el número de usuarios que pueden interactuar entre sí o con un servidor, así como la seguridad que añade a las aplicaciones el uso de la arquitectura Blockchain, entre las principales aplicaciones se encuentran.

2.2.1 CONTRATOS INTELIGENTES

Para el caso de los contratos inteligentes el uso de las redes 5G reduce el tiempo que toma entre la conexión de usuarios siendo que las velocidades promedio que existen son de 20Gbps con lo cual los contratos se ejecutaran de manera más eficiente en tiempo real, al analizar la latencia de la red 5G la cual es menor a 1 milisegundo permite que la respuesta del contrato sea instantánea lo cual es altamente beneficioso en escenarios en los cuales la respuesta del contrato sea instantánea con lo cual se puede mantener una eficiencia en la comunicación en tiempo real mientras se realiza el contrato, similar a las redes 4G las redes 5G tienen la capacidad de conexión con varios dispositivos lo cual es de suma importancia dentro de los contratos inteligentes ya que los mismos se podrán conectar a varios sensores los cuales al realizar las actividades y cumplirlas según lo preestablecido en el contrato podrán enviar la información en tiempo real y de manera instantánea con el fin de que los valores o especificaciones acordadas se cumplan de manera correcta y eficiente, las redes 5G también se caracterizan por el hecho de soportar redes descentralizadas lo cual permite que la arquitectura Blockchain trabaje de manera eficiente dentro de este tipo de aplicaciones[3].

La arquitectura Blockchain en los contratos inteligentes permite que la información que ha sido recopilado para los contratos sea inmutable con lo cual una vez se realice la toma de datos de los sensores los mismos no podrán ser modificados con lo cual se garantiza la integridad de los contratos, mediante la transparencia de la herramienta se puede mostrar de manera pública los contratos inteligentes con el fin de que las partes interesadas puedan acceder a los contratos y verificar que la información sea correcta según los parámetros especificados al realizar el contrato, a pesar de que se señala que las partes interesadas pueden acceder a la información del contrato inteligente es importante tener en cuenta en qué tipo de sistema de Blockchain se está utilizando ya que al utilizar un sistema público al no tener restricción de acceso el contrato puede ser observado por múltiples usuarios los cuales pueden utilizar la información que se presenta en el contrato de cualquier manera,

si se utiliza un sistemas privada la información se mantendrá solo dentro de las partes interesadas pero como se analizó previamente esto conlleva a que las velocidades sean menores que en el sistema público, con el uso de la arquitectura Blockchain se busca automatizar los procesos como se mencionó en las características por parte de la red 5G esto permite la eliminación de intermediarios que ralentizarían el proceso cuando se utiliza múltiples dispositivos conectados a la herramienta teniendo en cuenta que los contratos se ejecutan una vez se hayan cumplido las condiciones que se preestablecieron, con el uso de los algoritmos de consenso se elimina la necesidad de solo un ente que haga las funciones de punto de autoridad con lo cual se puede aumentar la resistencia a fallos y la seguridad en el momento de la realizar el contrato, en el caso de los contratos inteligentes los algoritmos de consenso más utilizados son el de prueba de trabajo y prueba de actividad por lo cual es importante conocer sus beneficios y limitaciones para su uso adecuado en cada uno de los escenarios que se puedan presentar, la interoperabilidad que presenta la arquitectura Blockchain beneficia a los contratos inteligentes ya que se puede acceder a los mismos desde diferentes sistemas o plataformas lo cual es sumamente necesario ya que los contratos interactúan con múltiples tecnologías y servicios[3].

Es importante aclarar que estos contratos como tal no se pueden definir como “contratos” ya que los mismos por el momento no tienen una validez legal y aun no son inteligentes porque siguen reglas básicas en el momento de su ejecución generalmente se les da este nombre por el hecho de que el contrato se ejecuta de manera automática una vez se cumplen con las condiciones estipuladas sin que las mismas puedan ser alteradas o interrumpidas por las partes interesadas[16].

2.2.2 GESTIÓN DE DATOS

Para el caso de la gestión de datos es necesario analizar como estos son utilizados en la actualidad ya que muchas redes sociales como Facebook permiten el uso gratuito de la aplicación a cambio de la información del usuario por lo cual se espera que dentro de cierto tiempo los usuarios puedan gestionar sus datos de tal manera que su actividad en línea pueda ser vendida refiriéndose al hecho de que esto beneficiaría a las empresas a depurar sus algoritmos para ser más específicos al momento de ofrecer servicios a sus clientes [3].

En la gestión de datos las redes 5G debido a su alta velocidad y gran ancho de banda al funcionar en tres diferentes bandas siendo la banda baja, la banda media y la banda alta permiten el envío o transferencia de un alto volumen de datos entre muchos dispositivos a la red con lo que se aumenta la capacidad del sistema de gestión, para los casos en los

cuales la gestión de los datos es crítica el hecho de una latencia de 1 milisegundo permite que los datos sean gestionados de manera eficiente y más cuando los datos son trabajados en tiempo real, dentro del aspecto de la conexión masiva de dispositivos en el caso de la gestión de datos se permite el soporte para dispositivos IoT permitiendo una conexión y gestión eficiente de datos de múltiples dispositivos, dentro del aspecto de la descentralización existe una flexibilidad en la topología de la red la cual permita que exista una gestión distribuida de los datos debido a las propias características de la red 5G[17].

La arquitectura Blockchain en la gestión de datos por su característica de inmutabilidad garantiza la integridad de los datos recopilados siendo en este caso las actividades realizadas en línea de manera que los datos que se desean gestionar no son modificados y se tiene una mayor certeza en las preferencias del usuario, dentro de la gestión de datos se puede utilizar contratos inteligentes con el fin de eliminar la intervención humana y reducir el número de intermediarios o en el mejor de los casos eliminarlos, Blockchain en la gestión de datos permite la creación de consorcios a las cuales se les pueden asignar permisos según la necesidad de acceso de las partes interesadas de la información, una de las partes importantes en el caso de la gestión de datos es el registro inmutable de las transacciones y cambios de datos con lo que se puede realizar de manera eficiente una auditoria y al mismo tiempo tener conocimiento de todas las actividades realizadas con el fin de poder rastrear de manera correcta el proceso realizado durante la gestión de los datos con los cuales se están trabajando, dentro de la interoperabilidad Blockchain permite un cambio suave con sistemas en los cuales ya existe una infraestructura para la gestión de datos, dentro del aspecto de resiliencia a fallos para la gestión de datos toda la información se encuentra distribuida en múltiples nodos con lo cual se reducen los puntos en los cuales pueden existir fallos y se pueda perder la información.

Para fines de estudio se puede generalizar la gestión de datos como el hecho de almacenar las actividades que un usuario realiza con el fin de proporcionar soluciones rápidas y eficientes en diferentes ámbitos como salud, logística entre otras, de igual manera el usuario puede generar un beneficio económico por la venta de sus datos el cual dentro del ámbito de estudio será una de las monedas virtuales en este caso el uso de bitcoin para el pago de la información que se encuentra almacenada dentro del libro mayor.

2.2.3 AUDITORIA DE LA CADENA DE SUMINISTROS

En la actualidad los suministros utilizados ya sean de manera diaria u ocasionales muchas veces está en el centro de la opinión pública debido a que los consumidores quieren

conocer si las afirmaciones de ética que presentan las empresas en sus productos son reales de ahí que el uso de registros distribuidos mediante la arquitectura Blockchain permiten certificar que la historia detrás de los productos es auténtica[3].

Dentro de la auditoria de la cadena de suministros la conectividad a alta velocidad es crucial esto debido a que se requiere una transmisión sumamente rápida de los datos de cada uno de los productos que se encuentra en la cadena de suministros con el fin de que los productos sean monitoreados en tiempo real y la recopilación de los datos de los productos sea eficiente, dentro de esta aplicación la baja latencia permite que las transacciones se realicen de manera instantánea así como la actualización de los productos que se encuentran en la cadena de suministros siendo que este es un aspecto sumamente crucial ya que al realizarse transacciones con los productos se debe actualizar de manera rápida y eficiente los datos de los suministros que se encuentran dentro de la cadena, las redes 5G permiten el manejo de una cantidad masiva de dispositivos IoT de manera simultánea de ahí que en la cadena de suministros se puede hacer el uso de múltiples sensores debido a la necesidad de automatizar los procesos que más se puedan para poder realizar el seguimiento de los mismos, la capacidad que tienes las redes 5G para conectar gran cantidad de nodos en la cadena de suministros permite mejorar la visibilidad y gestión extremo a extremo de todos los productos, una característica de las redes 5G que se puede utilizar para esta aplicación es las redes privadas las cuales pueden ser implementadas para crear una conexión dedicada en entornos sumamente específicos en los cuales la información solo necesita ser observada por un grupo definido de usuarios con lo que se garantizaría seguridad y confidencialidad de los datos almacenados.

Blockchain en su característica de inmutabilidad hace que la historia que lleva por detrás los productos dentro de la cadena de suministros no pueda ser modificada ni eliminada con lo que se garantiza la integridad de la información durante toda la cadena de suministros. La transparencia de Blockchain permite que todas las partes interesadas tanto clientes como proveedores puedan acceder y verificar la información que se está almacenando acerca de la cadena de suministros, El uso de contratos inteligentes dentro de una cadena de suministros permite automatizar acuerdos y transacciones asegurándose que se realice una ejecución automática de los mismos una vez se completen todas las condiciones predeterminadas, la capacidad de la Blockchain para rastrear el origen y el historial de cada producto a lo largo de la cadena de suministro mejora la capacidad de rastreo y ayuda en la identificación rápida de problemas o irregularidades, de igual manera la creación de consorcios permisivos ayuda que dentro de la cadena de suministros solo las partes autorizadas puedan acceder a la información protegiendo la privacidad y seguridad de la

información que se encuentra recopilada, la intersección de todas estas características tanto de la red como de la herramienta permiten realizar una auditoría eficiente de la cadena de suministros.

Dentro de esta aplicación el uso de la red 5G y Blockchain crea un entorno en el cual se asocian una conectividad ultrarrápida con la transparencia en la recopilación de datos con el fin de mejorar la eficiencia y confiabilidad de la gestión de la cadena de suministros siendo esto especialmente valioso para industrias que requieren una trazabilidad detallada y segura de productos, como la alimentaria y la farmacéutica.

2.2.4 ENTRETENIMIENTO Y MULTIMEDIA

En la actualidad uno de los campos más explotados dentro del entretenimiento es la realidad aumentada y la realidad virtual siendo que estos necesitan o requieren video de alta definición con baja latencia con el fin de que el usuario se sienta inmerso dentro de la experiencia del uso de ambas realidades teniendo en cuenta que pequeños defectos como un retraso dentro de la realidad virtual puede confundir nuestros sentidos y causar mareos[3].

En el entretenimiento y multimedia las altas velocidades de descarga y transmisión proporcionadas por la red 5G permite realizar la transmisión de contenido online de manera rápida, así como permite la descarga de contenido multimedia de alta calidad con resoluciones de 4K o superiores en un tiempo sumamente corto, la baja latencia que tiene la red permite que los usuarios puedan interactuar en tiempo real y de manera fluida con el contenido multimedia disponible y los escenarios que se presentan en los videojuegos de realidad virtual, la capacidad de la red 5G para conectarse con diversos dispositivos es crucial en escenarios en donde múltiples usuarios se encuentran consumiendo contenido multimedia, las redes privadas pueden ser utilizadas para ofrecer servicio dedicados de entretenimiento y multimedia en ubicaciones específicas con una conectividad de alta calidad y confiable, la red 5G permite mejorar la experiencia de la realidad virtual y la realidad aumentada debido a su velocidad y capacidad lo cual permite la transmisión de contenido inmersivo e interactivo de manera eficiente.

Con el uso de la arquitectura Blockchain se puede realizar una gestión de derechos digitales mejorada esto con el fin de realizar un seguimiento del acceso al contenido multimedia de manera que se pueda evitar la piratería y de cierta manera se garantice la compensación adecuada a los creadores del contenido, Blockchain ayuda a facilitar

micropagos eficientes siendo que este es utilizado en modelos de negocios en los cuales se distribuye contenido multimedia como música o video bajo demanda con lo que se reduce el tiempo hasta que se hagan efectivos los pagos si estos se realizaran de manera tradicional, realizando una comparación con contenido que se haya almacenado previamente Blockchain puede ser utilizada para autenticar y verificar la autenticidad del contenido multimedia esto siendo de ayuda en la actualidad debido a la proliferación de información falsa, dentro de la cadena de distribución de ingresos Blockchain permite garantizar una mayor transparencia y trazabilidad en la compensación a creadores artistas productores y todas aquellas personas que se encuentran dentro de la cadena de valor del entretenimiento, sabiendo que se puede almacenar los datos de los boletos que se van a vender para un evento y estos no pueden ser duplicado o alterados Blockchain puede ser utilizado con el fin de evitar falsificaciones y se garantice una distribución justa y segura.

La interacción entre la red 5G y Blockchain en el ámbito del entretenimiento ofrece un ambiente o ecosistema robusto que mejora la experiencia de los usuarios garantizando la satisfacción del usuario su seguridad, los derechos digitales, y la creación de nuevas oportunidades de negocio en la era digital.

2.2.5 CASAS INTELIGENTES

En la actualidad los electrodomésticos y dispositivos inteligentes para los hogares han ganada mucho terreno dentro del mercado esto debido a las facilidades que los mismos presentan así como la seguridad que de cierta manera pueden brindar a los usuarios, de ahí que mediante el uso de las redes inalámbricas los dispositivos pueden ser configurados desde ubicaciones remotas así como también se pueden acceder a los dispositivos como por ejemplo la visualización en tiempo real y en alta definición de lo que se observa en el circuito cerrado de las cámaras de seguridad[3].

La red 5G mediante su ultrarrápida velocidad permite la interconexión de todos los dispositivos de manera eficiente así como la transmisión de datos en tiempo real, la baja latencia de la red mejora la experiencia del usuario ya que la respuesta de la interacción entre dispositivos del hogar es instantánea con lo cual la posibilidad de que los dispositivos fallen es cercana a cero, la conectividad masiva de la red 5G permite que se conecten múltiples electrodomésticos, dispositivos de seguridad y multimedia entre otros dispositivos, en el caso de las redes privadas resulta más eficiente en este caso ya que se buscara generalmente un conexión dedicada entre el usuario con el entorno del hogar o

entre los dispositivos y puntos de abastecimiento para proteger la privacidad de los datos del usuario.

Para las casas inteligentes Blockchain permite realizar la gestión de identidad y acceso con lo que se espera que los dispositivos se comuniquen entre ellos de manera segura y eficiente, en el ámbito de la seguridad y autenticación la herramienta busca permitir el acceso solo de dispositivos autorizados mediante la autenticación inmutable de los dispositivos. Los registros que se encuentran en Blockchain al ser inmutables facilitan el proceso de auditoría con lo cual es más sencillo la detección y resolución de problemas así como realizar la trazabilidad de las acciones que han realizado cada uno de los dispositivos que se encuentran conectados a la red y cuya información se está almacenando, con el uso de los contratos inteligentes se pueden automatizar procesos en la casa como la gestión de energía de cada uno de los dispositivos, también se puede automatizar alertas que nos informen si los productos que se encuentran dentro del electrodoméstico, para esta aplicación la arquitectura Blockchain permite gestionar la comunicación y conexión segura entre los dispositivos IoT de manera que se mejore su eficiencia y su coordinación, dentro de las casa inteligentes es necesario que el sistema permita la interoperabilidad con el fin de que el usuario tenga una experiencia integrada y no sea necesario tener dispositivos de una sola marca, una característica similar a los contratos inteligentes es en el aspecto de los micropagos ya que al detectarse que uno de los productos dentro del electrodoméstico se está acabando este puede solicitar en línea más productos y realizar el pago de manera automática.

En el caso de las casas inteligentes la interacción de la red 5G y la arquitectura Blockchain busca crear un ecosistema robusto que ayude a la conexión segura y automática de cada uno de los dispositivos del hogar siendo que esta aplicación está centrada más en la seguridad que se le puede ofrecer al usuario.

2.2.6 LOGÍSTICA Y ENVÍOS

Similar a la gestión de la cadena de suministros esta aplicación busca realizar un seguimiento, pero en este caso de mercancía, gestión de flotas y reportes en tiempo real de entregas, esta aplicación analiza la entrega de la mercancía a los usuarios distinto a la cadena de suministros la cual analiza la información previa a la salida de los productos hacia los usuarios siendo esos datos generalmente la producción y venta de los productos[3].

Dentro de la logística y el envío la velocidad de la red 5G permite la transmisión rápida de datos para que de esa manera se gestione la logística, la mercancía y las flotas en tiempo real, la baja latencia en la red permite respuestas rápidas cuando se realizan los envíos esto siendo crucial cuando es necesario tomar decisiones instantáneas cuando existe algún percance en los envíos siendo que este problema se da más en envíos los cuales se realizan de manera remota, en el aspecto de la conectividad masiva los sensores utilizados son con respecto a la ubicación del producto durante el envío por lo cual se requiere que múltiples sensores estén dentro de la red con el fin de garantizar la visibilidad y monitoreo de la mercancía, las redes privadas de la red 5G generalmente serán utilizadas en el caso de garantizar privacidad y seguridad en la gestión logística y el seguimiento de envíos.

Blockchain permite proporcionar los registros inmutables y transparentes de cada uno de los movimientos o transacciones que se realizan con lo cual se mejora de una manera excepcional la rastreabilidad de los productos desde la salida del local o entidad dependiendo del producto que se esté manejando, mediante la gestión de identidad se busca que la herramienta gestione la identidad y autentique los productos de manera que no puedan ser falsificados, mediante el uso de contratos inteligentes se pueden automatizar procesos como la emisión de facturas, confirmación de entrega y gestionar los pagos siempre teniendo en cuenta que estos no poseen validez legal por lo que aun es necesario un ente externo que los valide cada uno de estos documentos de ser necesario, la seguridad de los datos del seguimiento logístico se garantiza ya que la herramienta no permite la manipulación de la información, Blockchain permite que el proceso de auditoría se simplifique facilitando la resolución de disputas y generando confianza entre los actores de la cadena que se genera, finalmente Blockchain permitirá que la gestión de pagos y financiera sea más eficiente al garantizar transparencia y precisión en las transacciones financieras, en el caso de distintos actores logísticos es crucial la interoperabilidad que presenta Blockchain de manera que los distintos sistemas o actores colaboren de la manera más eficiente.

La combinación de 5G y Blockchain en logística y envíos ofrece un entorno más seguro, eficiente y transparente, permitiendo una gestión más avanzada y precisa de cada uno de los productos y de los medios que los transportan.

2.2.7 OPERACIONES CON DRONES

En la actualidad el uso de drones ha ganado terreno en actividades como captura de videos, entretenimiento, acceso de emergencia a lugares en donde por desastres naturales

no se puede acceder, acceso médico, seguridad, vigilancia, entrega de paquetes entre otros tipos de operaciones, con el uso de la red 5G se busca tener un respaldo sólido para la conectividad de la red inalámbrica de alta velocidad[3].

La velocidad que ofrece la red 5G permite una conexión rápida y confiable para las operaciones que se desean realizar con los drones lo que permite que se pueda realizar la transmisión de datos en tiempo real y siendo de ayuda en la respuesta cuando el dron se encuentra en una situación crítica, la baja latencia permite un control más preciso de los drones siendo esto un parámetro crucial cuando la operación del dron es en la parte médica o en la de emergencia, la capacidad de la red permite que varios drones estén conectados de manera simultánea de manera que se mejore la coordinación de los drones y se gestione de una manera eficiente el espacio aéreo, con las redes privadas se buscara realizar una conexión dedicada entre los drones y la estación de control.

Para evitar la manipulación no autorizada de los drones Blockchain proporciona una capa adicional mediante la autenticación inmutable de los datos los cuales permitirán identificar de manera segura los drones que pertenecen al usuario o la entidad que está en la estación de control, las actividades durante el vuelo pueden ser almacenadas y no podrán ser modificadas con lo cual se facilita la auditoria y permite verificar de manera eficiente los eventos que están sucediendo en tiempo real, en el caso de las estaciones de control Blockchain también puede gestionar la identidad y acceso que se les otorgara a cada persona para que puedan manejar los sistemas asociados a las operaciones con drones, para esta aplicación los contratos inteligentes serán utilizados para la coordinación automática entre los drones y dispositivos o actores que se pueden encontrar en el espacio aéreo, mediante la rastreabilidad y la transparencia las partes interesadas y las autoridades podrán observar la ruta que toma el dron y el historial de vuelo de manera que se puedan tomar decisiones que mejore la eficiencia principalmente en la entrega de paquetes de manera automática, dentro de la aplicación Blockchain permite la gestión segura de pagos o transacciones por las operaciones con los drones de manera especial con aquellas que son para prestar un servicio como la entrega de paquete.

Al utilizar tanto la red 5G y la arquitectura Blockchain en operaciones con drones mejora la seguridad, la eficiencia y la confianza en aplicaciones que van desde la entrega de paquetes hasta la vigilancia y la respuesta a emergencias, todo esto ofrece soluciones avanzadas y seguras en el espacio aéreo no tripulado.

2.2.8 VEHÍCULOS INTELIGENTES

Una de las aplicaciones que este ganando espacio en la actualidad son los vehículos inteligentes los cuales muchas veces son confundidos con vehículos autónomos por definición esta clase de vehículos están conformados por una combinación de cámaras, radares y sensores los cuales presentan una respuesta más rápida en comparación a los reflejos que posee una persona, actualmente se pueden encontrar vehículos que poseen cambio de carril asistido y control de velocidad[3].

Los vehículos inteligentes necesitan el uso de la red 5G ya que transmite un gran número de datos y estos deben de transmitirse en tiempo real por lo que es necesario también tener un gran ancho de banda debido a la información que enviarán cada uno de los datos, en el caso de la latencia los vehículos inteligentes deben tomar decisiones a lo mucho en 2 milisegundos por lo que solo la red 5G y superiores permitirían dichos tiempos de reacción, también es necesaria la conexión masiva de la red ya que se conectarán distintas cámaras y sensores con el fin de recopilar la información y utilizarla para predecir las acciones que se deben tomar en ambientes densamente poblados, las redes privadas serán utilizadas para garantizar seguridad en la comunicación del vehículo con los sistemas externos[18].

Blockchain permite el almacenamiento inmutable de datos del vehículo los cuales son historial de mantenimiento, accidentes, reparaciones entre otros eventos que pueden ser de interés para las partes interesadas, así como los dispositivos que posee el vehículo, con la gestión de identidad Blockchain busca que solo los vehículos autorizados tengan acceso a ciertas funciones y servicios, para esta aplicación los contratos inteligentes serán utilizados para el pago de servicios sin necesidad de intermediarios estos servicios pueden ser como pago de estacionamiento o recargas para pasar por los telepeajes, una vez que Blockchain almacena la información de ubicación del vehículo esta puede ser utilizada para los servicios de navegación y gestión de tráfico, los vehículos inteligentes tienen un software integrado que procesa cada una de las señales que recibe dicho software debe ser actualizado cada cierto tiempo por lo que arquitectura Blockchain garantiza la autenticidad y seguridad de las actualizaciones de software de los vehículos, evitando la manipulación maliciosa, de igual manera la comunicación se puede realizar entre vehículos por lo cual Blockchain facilita el intercambio seguro de datos para mejorar la seguridad vial[18].

La combinación de ambas tecnologías no solo permite mejorar la conectividad, sino que también reducen el gasto de combustible ya que no existe el desperdicio por acelerar o

frenar de manera repentina, así mismo permite una mayor seguridad con el entorno en el cual se encuentran.

2.3 APLICACIONES EN REDES 6G

Primero es necesario aclarar que la red de sexta generación es una red que se encuentra en desarrollo de ahí que sus aplicaciones también están en desarrollo por lo que las características que se presentaran en las aplicaciones son las esperadas a futuro, algunas de las aplicaciones que se conocen son.

2.3.1 COMUNICACIÓN HOLOGRÁFICA

Una de las aplicaciones que más sonada en el ámbito de las redes 6G es la comunicación holográfica la cual se basa en la transmisión de una imagen tridimensional en tiempo real con lo cual se espera que el usuario este dentro de una comunicación inmersiva[19].

Se espera que en velocidad la comunicación holográfica no supere los terabits por segundo con lo cual se podría utilizar la red 6G ya que con ella se podría conseguir una comunicación fluida y de alta calidad, la red 6G tiene una gran capacidad para datos masivos lo cual es crucial en el aspecto que la comunicación holográfica maneja un gran volumen de datos complejos, con la baja latencia que tiene la red 6G se espera una comunicación más realista sin pausas perceptibles de manera que se mejore la experiencia del usuario[20].

En la comunicación holográfica la arquitectura Blockchain es implementada para garantizar la seguridad y autenticación de las transmisiones holográficas con lo que se espera prevenir la manipulación de los datos de manera no autorizada, los contratos inteligentes en esta aplicación se espera que permitan la gestión de contenido de manera que se pueda facilitar la gestión automatizada del contenido holográfico desde los acuerdo de licencia hasta el acceso y distribución de los datos, Blockchain también se utilizara para la gestión de identidad de las partes involucradas garantizando la privacidad y seguridad de las mismas, es importa resaltar que todos los eventos que se realicen en una comunicación holográfica pueden ser almacenados y no pueden ser alterados ni eliminados por lo que estos datos pueden ser utilizados para facilitar las auditorias en caso de que existan problemas, en este tipo de aplicaciones será necesario el uso de tokens que permitan el

pago de los servicio de comunicación holográfico, contenido premium o servicios adicionales[20].

En la comunicación holográfica la intersección entre la red 6G y Blockchain permite administrar una gran cantidad de datos los cuales pueden ser almacenados y utilizados posteriormente en la autenticación de las partes interesadas o participantes de la comunicación.

2.3.2 MONITOREO Y PROTECCIÓN AMBIENTAL CONTINUA

Al realizar el monitoreo continuo de las condiciones ambientales se puede ir observando cuales deberían ser las acciones que se deben tomar para proteger el medio ambiente siendo que el realizarlo de manera continua presenta una necesidad de una red que permita una conexión masiva de sensores y que pueda procesar la información de una manera rápida[19].

Para realizar un monitoreo correcto de las condiciones ambientales es necesario el uso de una red extensa de sensores que permitan recolectar datos en tiempo real de la calidad del aire niveles de contaminación entre otros indicadores ambientales debido a la cantidad de sensores y la cantidad de información que se va a recopilar la red 6G en teoría sería la más adecuada para soportar lo mencionado previamente, la red 6G también puede llegar a permitir la imagenología satelital de alta resolución con lo cual se podrá visualizar de manera detallada y en tiempo real ciertas áreas geográficas, la red 6G al permitir la combinación con tecnologías como la inteligencia artificial y el internet de las cosas permitiría tomar decisiones en cuanto al proceso de protección[21].

Usando la arquitectura Blockchain se espera que los datos que se encuentren almacenados los cuales no pueden ser alterados generen confiabilidad en los informes que se entregan acerca de cómo están los indicadores ambientales y según eso se tomen las decisiones más oportunas, los contratos inteligentes dentro de esta aplicación serán utilizados para generar sanciones o incentivos a las empresas basándose en el monitoreo continuo de las condiciones que se presentan en los alrededores de la empresa, Blockchain busca descentralizar la gestión de los recursos naturales de manera que la toma de decisiones sobre bosque o arboles sea más participativa y transparente, la empresas generalmente se ven obligadas a realizar prácticas sostenibles las cuales podrán ser certificadas si se rastrea las emisiones y huellas de carbono de manera transparente dentro de la arquitectura Blockchain, también se puede mejorar la eficiencia en la gestión de

residuos si se rastrea el ciclo de vida de los elementos y se garantiza su eliminación adecuada, los usuarios podrán observar los informes que se presentan teniendo en cuenta que estos estarán de manera pública con lo cual se podría analizar cuáles deberían ser las medidas tener en cuenta y cuando es el momento en el cual se deben aplicar de manera que no se afecte al ecosistema[21].

En el futuro se esperaría transformar la manera en que se monitorea y protege el entorno, permitiendo un enfoque más proactivo y eficiente para abordar desafíos ambientales que se pueden presentar en los años venideros.

2.3.3 ATENCIÓN MEDICA INTELIGENTE

En la actualidad existen asesores médicos virtuales los mismos por el momento esta programados para realizar preguntas generales de manera que se obtiene un punto de partida para la consulta presencial con un médico la atención medica inteligente busca que el asesor medico inteligente sea capaz de realizar operaciones complejas y de manera remota en la actualidad existen un numero contado de especialistas que han realizado una cirugía de manera remota[19].

La alta velocidad que tiene la red 6G permite una conectividad ultrarrápida y latencia baja con lo que se puede realizar la comunicación en tiempo real y se puede realizar servicios médicos como telemedicinas y operaciones remotas asistidos por un doctor, con la capacidad de conexiones masivas de la red se pueden conectar varios dispositivos que permitan un monitoreo continuo del paciente, la red también permite la implementación de aplicaciones de realidad virtual y realidad aumentada en la atención medica con lo que se espera mejorar a los profesionales de la salud ya que pueden experimentar de manera segura lo que deben realizar durante una operación, se sabe que la red 6G mejora la integración con la inteligencia artificial en la atención medica de manera que al analizar los datos del paciente se pueda personalizar el tratamientos, mejorando la eficiencia y precisión en el cuidado de los pacientes[22].

Con el uso de Blockchain se espera garantizar la seguridad y accesibilidad a los historiales clínicas electrónicas de manera que los medios tengan información actualizada y precisa de la condición del paciente, gestionar de manera segura la identidad de los pacientes, mejorando la autenticación y evitando errores en la identificación, lo que es crítico para la seguridad del paciente, en el caso de la interoperabilidad es necesario el uso del Blockchain ya que la herramienta permite compartirlos datos de manera segura y eficiente

entre los proveedores de atención médica, clínicas y hospitales los cuales generalmente trabajan con distintos sistemas, también puede ser utilizado para crear registros seguros y transparentes de datos de ensayos clínicos, facilitando la investigación y desarrollo de nuevos medicamentos y terapias[22].

Dentro de la atención médica se buscará que la red 6G permita conexiones rápidas y masivas de los elementos mientras que la arquitectura Blockchain tenga de manera accesible y transparente los archivos de los pacientes para que esa manera se tomen decisiones acordes al análisis de los padecimientos previos.

2.3.4 INTERACCIÓN INALÁMBRICA CEREBRO-ORDENADOR

La interacción inalámbrica entre el cerebro y un ordenador es una de las aplicaciones más ambiciosas que busca implementarse con el auge de las redes 6G esta aplicación busca mejorar la vida inteligente de los usuarios.

La red 6G proporciona una conectividad ultrarrápida con la que se puede lograr una comunicación instantánea y sin problemas en la interacción cerebro-ordenador, la baja latencia de la red permite respuestas instantáneas con las cuales se pueden mejorar la experiencia de interacción y sincronización entre el cerebro y los dispositivos con la conexión masiva se busca involucrar múltiples dispositivos y aplicación a la interacción inalámbrica, otra característica es el uso de las redes ultradensas la cual se logra añadiendo más nodos de comunicación mejorando la cobertura y capacidad de la red, el ancho de banda de la red 6G está en el orden de los Terahercios lo cual permite la transmisión de grandes cantidades de datos generados en la interacción cerebro-ordenador[23].

Blockchain se encarga de proporcionar una capa adicional de seguridad mediante la inmutabilidad de los datos asegurándose que la información generada durante la interacción sea segura y resistente a manipulaciones, los contratos inteligentes en esta aplicación pueden automatizar el control de acceso a los datos cerebrales, permitiendo que el usuario pueda elegir quienes pueden acceder a la información del usuario y bajo que condiciones teniendo en cuenta que de no cumplirlas no podrá acceder de ninguna manera a la información, mediante los registros de las actividades cerebrales se permite la trazabilidad y auditoria de los datos almacenados, Blockchain también permite la monetización ética de los datos cerebrales permitiendo al usuario tener control y

beneficiarse de su información finalmente estos datos pueden ser auditados de manera sencilla siendo beneficios para investigaciones médicas en algunos casos[23].

Para el caso de la interacción inalámbrica del cerebro con un ordenador la alta densidad de información y la necesidad de que la misma no sea modificada o eliminada hace que el uso de la red 6G sea obligatorio por la necesidad de un gran ancho de banda, así como la seguridad que ofrece la arquitectura Blockchain para la confiabilidad de los datos almacenados.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se realiza el análisis de las ventajas y desventajas que presenta la tecnología Blockchain con respecto al uso de las herramientas tradicionales de almacenamiento de datos, a partir de dicho análisis se podrán definir las conclusiones adecuadas con respecto al uso de la herramienta dentro de las redes móviles 5G y 6G.

3.1 RESULTADOS

En cada una de las aplicaciones se analizó las características tanto en la parte de la red como en la parte del uso de la arquitectura Blockchain, para el análisis de las ventajas y desventajas se tomará en cuenta solamente la parte en donde se describe las características de la arquitectura Blockchain para cada una de las aplicaciones mencionadas en el capítulo 2.

- **Contratos inteligentes.**

- **Ventajas**

Ejecución de los contratos de manera automática una vez que se cumplan las condiciones especificadas dentro de los términos.

Una vez registrados los datos estos no pueden ser alterados o eliminados con lo que los términos no se podrán alterar después de la ejecución.

No es necesario un ente regulador o intermediarios lo cual permite una mejor eficiencia en los procesos comerciales.

Previo a la ejecución los contratos pueden ser personalizados con el fin de satisfacer las necesidades de las partes interesadas.

Ya que los contratos pueden ser observados de manera pública esto permite un acceso global de la información que se encuentra en los contratos.

- **Desventajas**

Los contratos actualmente no poseen validez legal en ciertos lugares por lo que no pueden ser utilizados en aspectos jurídicos.

Se requiere la contratación de desarrolladores para escribir el código base del contrato en cuestión según las instrucciones solicitadas por las partes interesadas.

De existir errores en el código resulta complicado o hasta imposible restituir las consecuencias que se genere el error.

Los contratos siguen lo dictaminado por las partes interesadas por lo cual no están estandarizados de manera global lo cual puede generar problemas en la interoperabilidad del contrato en distintas plataformas.

Ya que los contratos se ejecutan de manera automática al cumplirse los términos solicitados, en ocasiones los contratos no se adaptarán fácilmente a cambios externos.

- **Gestión de datos**

- **Ventajas**

Debido a la inmutabilidad de la herramienta se pueden garantizar la integridad de los datos por lo que los mismos no podrán ser alterados sin dejar rastro en el peor de los casos.

Permite la eliminación de tareas manuales o redundantes permitiendo que exista una mayor eficiencia operativa.

Al eliminarse tareas repetitivas y sin la necesidad de intermediarios los costos se pueden ver reducidos.

La seguridad de la herramienta junto con la descentralización hace que los datos sean resistentes a la manipulación por terceros.

La creación de consorcios permite la colaboración de múltiples partes al estar dentro de un registro compartido y confiable de datos.

- **Desventajas**

Sin el uso de redes móviles de alta velocidad como 5G y 6G la escalabilidad de la herramienta se ve limitada a la capacidad de transacciones que soporte redes de menor velocidad.

Las bifurcaciones dentro de la red pueden causar en algunos casos confusiones en la gestión de los datos si las mismas no son gestionadas correctamente.

Si se requiere tener una copia de seguridad de los datos se necesitará un espacio de almacenamiento aun mayor del que se tenía previsto debido a que la cadena de datos lo requiere.

Los consorcios permiten colaboración en la red, pero esto también puede afectar principalmente en casos que se necesite que la gestión de datos se mantenga confidencial.

El desarrollo del software que permita la gestión de los datos junto con Blockchain puede aumentar los costos o puede ser una barrera al no tener especialistas en el campo del desarrollo.

- **Auditoría de cadena de suministros**

- **Ventajas**

- El conocimiento del historial de cada uno de los productos de la cadena permite la identificación rápida de los problemas y las acciones correctivas que deben ser tomadas.

- Automatización de acuerdos y transacciones mediante el uso de contratos inteligentes una vez que la cadena de suministros cumpla con las condiciones señaladas en el contrato.

- El uso de los consorcios permisivos permite que la información solo pueda ser observada por ciertos usuarios con el fin de garantizar la privacidad y seguridad de la información.

- Se puede realizar un proceso de auditoría más sencillo ya que existe una visión en tiempo real de la cadena de suministros teniendo en cuenta que es necesario el uso de redes móviles de alta velocidad.

- El hecho de tener un proceso de auditoría eficiente permite que la cadena de suministros garantice el cumplimiento de normativas, estándares de calidad entre otros aspectos que se pueden implementar dentro del código.

- **Desventajas**

Si un producto se almacena de manera incorrecta resultara imposible modificar los valores que se le asignaron como parte de su código.

Costos elevados para la implementación y redacción del código que permita realizar todos los procesos.

Si se requiere limitar el acceso a la información será necesario el uso de la red privada con lo que se aumenta el tiempo de procesamiento de los datos.

La red puede ser propensa a los ataques por doble gasto debido a los múltiples proveedores que participan en la cadena de suministros.

Si los proveedores no manejan una plataforma Blockchain los datos pueden no integrarse de manera eficiente.

- **Entretenimiento y multimedia**

- **Ventajas**

Los usuarios que son creadores de contenido recibían la compensación adecuada ya que se realiza el seguimiento del acceso al contenido creado y se evita la piratería de este.

La facilidad de realizar micropagos en casos de contenido bajo demanda reduce el tiempo que tomaría hacer efectiva la transacción si se realizara de manera tradicional.

Puede ser utilizado como método de verificación de boletos falsos para un evento por la característica de inmutabilidad de la herramienta.

Con los datos previamente almacenados más herramientas externas se puede verificar la autenticidad y veracidad de información con lo cual se pueden descartar noticias falsas

Los ingresos serán distribuidos a cada uno de los actores dentro de la cadena de entretenimiento de manera transparente.

- **Desventajas**

En ciertos casos las tarifas de transacción no permiten los micropagos lo que limita el modelo de negocios que se presentaba con esta característica.

La adopción de la herramienta puede marginar a ciertas comunidades las cuales no tienen acceso a la tecnología necesaria para ingresar a plataformas basadas en Blockchain.

Existen riesgos legales en el cumplimiento de las normativas y aspectos legales en relación con la distribución del contenido dentro de la industria del entretenimiento.

Debido a la necesidad de familiarizarse con la herramienta el cambio a este tipo de plataformas resultara lento y en algunos casos infructuoso.

Sin el uso de redes de alta capacidad existe el riesgo de no poderse procesar un gran volumen de transacciones de contenido multimedia de manera eficiente.

- **Casas inteligentes**

- **Ventajas**

- La comunicación entre los dispositivos se realiza de manera rápida eficiente y segura ya que los mismos deben ser identificados antes de ingresar a la red.

- Detección rápida de problemas debido a la trazabilidad de las acciones que realiza cada uno de los dispositivos.

- Automatización de procesos mediante el uso de contratos inteligentes con el fin de reducir el tiempo de respuesta ante las necesidades presentes en los términos de los contratos.

- Mejor coordinación entre los dispositivos IoT que se encuentran dentro de la casa con el fin de evitar errores o ataques.

- Con la interoperabilidad de la herramienta múltiples dispositivos pueden almacenar y acceder a los datos necesario con el fin de que los procesos se puedan gestionar de manera eficiente.

- **Desventajas**

- A pesar de que los electrodomésticos puedan realizar compras de los alimentos que se están agotando es difícil encontrar negocios que ya manejen esa clase de modelos de negocio.

Sin redes que manejen alta velocidad en la comunicación de datos será sumamente complicado la coordinación entre todos los dispositivos de la casa.

A pesar de que la herramienta mejora la seguridad dentro de la casa inteligente pueden existir factores externos como la seguridad de los dispositivos que pueden afectar a la seguridad que se está proporcionando.

El uso de múltiples electrodomésticos inteligentes afecta directamente en los costos ya que los mismos son 2 o 3 veces más costosos que los electrodomésticos tradicionales.

Ya que las plataformas Blockchain no están estandarizadas pueden existir casos en los cuales se dificulte la integración de la plataforma y por ende no se realice de manera correcta el intercambio de los datos.

- **Logística y envíos**

- **Ventajas**

- Cada una de las transacciones que se realizan se almacenan de manera inmutables.

- Permite autenticar los productos que se van a enviar evitando que estos sean falsificados.

- Reducción de tiempo en la emisión de facturas o confirmación de entrega mediante la automatización de estos con el uso de los contratos inteligentes.

- Reducción de tiempo en los procesos de auditoria ya que cada producto será almacenado de manera única.

- Mejora en la gestión de pagos mediante el uso de los micropagos de manera que el proceso de compra sea más rápido.

- **Desventajas**

- Es necesario un ente externo que se encargue de validar elementos como las facturas de manera que las mismas tengan validez legal y puedan ser utilizados en los ámbitos en las que se las necesite.

Si se requiere confidencialidad de los datos almacenados será necesario reducir la velocidad del almacenamiento al ser necesario el uso de la red tipo privada de Blockchain.

Las empresas que no poseen la tecnología adecuada para el uso de las soluciones con Blockchain serán excluidas de participar para evitar errores en la inserción de la información.

Es necesario personal capacitado que tenga conocimiento tanto en el uso de arquitectura Blockchain como la red sobre la cual se va a trabajar.

Es necesario infraestructura externa la cual es susceptible a sufrir intermitencias o fallos técnicos.

- **Operaciones con drones**

- **Ventajas**

- Autenticación de los drones por parte del usuario mediante Blockchain para evitar la manipulación no autorizada.

- Coordinación de los drones y dispositivos mediante el uso de los contratos inteligentes de manera que se puedan comunicar estando en el espacio aéreo.

- Gestión del acceso a sistemas asociados a las operaciones con los drones como el video o datos de los sensores.

- Mediante la rastreabilidad se puede observar cual fue el historial de vuelo del dron y tomar decisiones que mejoren la eficiencia en los viajes.

- Permite la realización de pagos en caso en el que se junten la aplicación de logística y envíos con el aspecto de operaciones.

- **Desventajas**

- Al existir la opción de realizar pagos existe el costo de transferencia lo cual involucra un costo en las operaciones.

- Es necesario que un técnico especializado esta al frente del desarrollo del contrato inteligente de manera que al estar en el espacio aéreo no se confundan los dispositivos y causen algún percance.

- **Vehículos inteligentes**

- **Ventajas**

Se conocen aspectos importantes del historial del vehículo como los accidentes que presenta el mantenimiento que se haya realizados entre otros aspectos técnicos que pueden ayudar al usuario a tener más conocimiento del vehículo.

Comunicación entre los dispositivos del automóvil de manera transparente y segura.

Uso de contratos inteligentes para el pago de servicios como telepeajes, estacionamientos, de tal manera que se eliminen los intermediarios al momento del pago.

Al almacenarse los datos de la ubicación del vehículo se puede utilizar dentro de los servicios de navegación de manera que la experiencia en un viaje sea más interactiva.

Blockchain busca poder realizar transferencia de datos no solo de los sensores propios del automotor sino de los vehículos o dispositivos externos de manera que se pueda predecir qué acciones se debe tomar a lo largo del viaje.

- **Desventajas**

Al almacenar datos de los sensores del propio vehículo y de dispositivos externos requieren un mayor espacio de almacenaje.

Los datos sensibles del usuario pueden ser almacenados y se pueden acceder a ellos si el sistema es público por lo que se aconseja que ese tipo de datos no sean almacenados y solamente aquellos que tengan directa interferencia en las características del vehículo.

- **Comunicación holográfica**

- **Ventajas**

Mejora de la experiencia en la comunicación con el fin de que la interacción entre los usuarios sea inmersiva.

Uso de la comunicación holográfica para brindar servicios como la telemedicina en la cual el medico puede examinar al paciente a distancia de manera más realista.

Acceso de múltiples usuarios dentro de un mismo entorno en el cual pueden comunicarse de manera más atractiva y realista.

Los eventos de entretenimiento pueden ser explotados al poder ser observados en vivo y también en un ambiente inmersivo y realista dentro del hogar de un usuario.

- **Desventajas**

La infraestructura subyacente a la cadena de bloques es propensa a sufrir interrupciones o fallas técnicas.

Costos elevados de los dispositivos que permiten el desarrollo y mantenimiento de la red.

- **Monitoreo y protección ambiental continua**

- **Ventajas**

Mediante el análisis de los datos compilados se puede prever cuales deben ser las acciones oportunas para cuidar el medio ambiente del cual se analizó los datos.

Se podrán generar incentivos de manera automática cuando los datos de las condiciones ambientales de sus alrededores sean favorables.

Permite la gestión de residuos analizando el ciclo de vida y las condiciones ambientales en las cuales se degradan.

Los datos no pueden ser alterados por lo que las entidades podrán ser sancionadas si incumplen con las normativas de protección del medio ambiente.

- **Desventajas**

El uso de la arquitectura Blockchain en ambientes que no estén gestionados correctamente puede generar errores en el momento de almacenar los datos enviados por los sensores.

El volumen de datos recolectados por los sensores supera la capacidad de transmisión de las redes actuales hacia la arquitectura Blockchain.

- **Atención médica inteligente**

- **Ventajas**

Manejo de un historial médico completo el cual no puede ser modificado o eliminado de manera que se asegura la integridad y precisión de la información del paciente.

Acceso rápido a los datos del paciente con el fin de analizar padecimientos previos que permitan tomar las decisiones correctas en el menor tiempo.

Diferentes proveedores de atención medica acceden a la información de los pacientes lo cual les permite ofrecer servicios más eficientes.

El uso de los datos junto con inteligencia artificial puede prevenir futuras enfermedades debido al análisis de los datos del historial médico del paciente.

- **Desventajas**

Algunos servicios de atención medica aun no manejan los protocolos necesarios que permitan la interoperabilidad del servicio.

Es necesario el conocimiento técnico especializado para el manejo de la herramienta en el ámbito médico.

- **Interacción inalámbrica cerebro-ordenador**

- **Ventajas**

La interacción entre el cerebro se mantiene segura gracias a la inmutabilidad de los datos que se están transmitiendo.

Control de acceso a los datos cerebrales de un usuario mediante condiciones predeterminadas dentro del contrato inteligente.

Se permite la extracción de datos que no sean sensibles con los cuales se puede monetizar de manera ética.

Los datos almacenados pueden ser auditados de manera que dicha información y el uso de inteligencia artificial prevean en algunos casos las enfermedades a las cuales puede ser propenso el usuario, así como patrones de comportamiento entre otros aspectos neurológicos.

- **Desventajas**

Al almacenar los datos cerebrales la privacidad del usuario se ve reducida por lo que es necesario que siempre exista un consentimiento de las partes.

Costos elevados para la implementación del sistema, así como la ausencia de redes móviles actuales que soporten el volumen de datos a transmitirse,

3.2 CONCLUSIONES

- Mediante el estudio de la tecnología Blockchain y de sus algoritmos de consenso se puede analizar cómo se realiza el almacenamiento descentralizado, transparente e inmutable de los datos.
- Con el estudio de las características de la tecnología Blockchain se puede comprender como ésta trae beneficios en el ámbito de las telecomunicaciones debido a la necesidad de privacidad, confidencialidad y transparencia de los datos.
- El estudio de las características de cada una de las aplicaciones consideradas permite observar cómo Blockchain puede mejorar la privacidad y transparencia de los datos almacenados, pero requiere de redes móviles rápidas para manejar la capacidad y la velocidad de la comunicación.
- Las redes móviles de quinta y sexta generación permiten que Blockchain procese un gran volumen de datos de manera rápida y eficiente de manera que los datos puedan ser almacenados en tiempo real y las decisiones que se tomen en torno a dichos datos se la realice de manera instantánea.
- Mediante el análisis de cada aplicación tanto en sus características de la red como con Blockchain se puede realizar una comparativa de cuáles son las ventajas de utilizar Blockchain frente a los mecanismos de almacenamiento tradicional.
- El uso de herramientas descentralizadas elimina la necesidad de intermediarios en ciertas aplicaciones con lo cual desaparecen los cuellos de botella al tratar de validar la información lo que reduce los tiempos de espera y acelera el proceso de intercambio de datos.
- La inmutabilidad de los datos almacenados ayuda a que exista un ambiente de confianza de cada uno de los usuarios o partes interesadas cuando necesitan acceder a la información siempre que esta se encuentre de manera pública o que se tengan las credenciales adecuadas para el acceso.

- Mediante el estudio de las aplicaciones de Blockchain en redes 6G se puede observar que muchas de sus características son una posibilidad, así como sus ventajas o desventajas ya que al estar aun en desarrollo las redes no se conocen cuáles pueden ser sus impactos verdaderos.

3.3 RECOMENDACIONES

- Al presentar las aplicaciones es necesario tener en cuenta que las redes de quinta y sexta generación permiten que los datos sean procesados de manera más rápida con el fin de obtener respuestas instantáneas y que el volumen de datos que se envíe sea sumamente grande ya que se espera analizar datos de múltiples dispositivos.
- Para poder analizar de manera más efectiva las ventajas del uso de Blockchain en redes de sexta generación se recomienda realizar el mismo estudio de las características cuando la red de sexta generación se encuentre estandarizada.
- Blockchain generalmente es utilizado para dar seguridad a las transacciones que se quieran realizar, pero en las telecomunicaciones se recomienda analizar los beneficios que presentan sus otras tres características.
- Al analizar los contratos inteligentes se recomienda diferenciar los contratos inteligentes como aplicación, de los contratos inteligentes como característica, ya que generalmente el contrato como característica debe cumplir con las condiciones que estén más acorde a la aplicación en la que se encuentra, mientras que el contrato como aplicación generaliza cualquier actividad que se quiera realizar.
- En un trabajo futuro se puede analizar la característica de seguridad de Blockchain en las redes 5G y 6G, con la idea de observar si el hecho de utilizar redes más rápidas afecta de manera significativa la seguridad en el momento de realizar las transacciones.
- Otro trabajo futuro puede ser el análisis de la validez legal de los contratos inteligentes en algunos países europeos esto debido a que actualmente se considera que dichos contratos deberían tener la validez que su etimología señala, pero sin perder la característica de descentralización.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. T. C. Art, Blockchain Investing; Bitcoin, Cryptocurrency, NFT, DeFi, Metaverse, Smart Contracts, Distributed Ledgers, DAO, Web 3.0 & 5G: The Next Technology Revolution To Change Everything Ultimate Guide. NFT Cryptocurrency Invest. Guides, 2022.
- [2] K. Kaushik, S. Tayal, S. Dahiya y A. Olalekan Salau, Sustainable and Advanced Applications of Blockchain in Smart Computational Technologies. Boca Raton: Chapman Hall/CRC, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1201/9781003193425>.
- [3] Gururaj H L,* Manoj Athreya A, Ashwin A Kumar, Abhishek M Holla, y Nagarajath S M, Ravi Kumar V, Cryptocurrencies and Blockchain Technologies and Applications. Scrivener Publishing, 2020.
- [4] C. B. M. Guerra, T. E. E. Erazo, V. G. M. Freire, y L. F. H. Moreno, “Tecnología Blockchain y su Implementación en los Sistemas Contables: Efectos en la Eficiencia y Transparencia”, Cienc. Lat. Rev. Científica Multidiscip., vol. 7, núm. 4, pp. 8569–8597, sep. 2023, doi: 10.37811/cl_rcm.v7i4.7578.
- [5] “Merkle Trees y prueba de inclusión con TypeScript y TDD | Software Crafters”, Merkle Trees y prueba de inclusión con TypeScript y TDD | Software Crafters. Consultado: el 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://softwarecrafters.io/merkle-trees-typescript-tdd>.
- [6] Murch, “Answer to ‘What does the nBits value represent?’”, Bitcoin Stack Exchange. Consultado: el 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://bitcoin.stackexchange.com/a/57186>.
- [7] “¿Qué es nonce en la tecnología blockchain?” Consultado: el 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.coinex.com/es/blog/2710-what-is-nonce-in-blockchain-technology>.
- [8] “¿Qué es la tecnología de cadena de bloques? - Explicación de la cadena de bloques - AWS”, Amazon Web Services, Inc. Consultado: el 15 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/blockchain/>
- [9] Bitpanda, “¿Qué es el doble gasto y por qué supone un problema?” Consultado: el 9 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bitpanda.com/academy/es/lecciones/que-es-el-doble-gasto-y-por-que-supone-un-problema>.
- [10] W. Stallings, 5G Wireless: A Comprehensive Introduction. Pearson Educ., Limited, 2021.

- [11] “Concepción de las IMT – Marco y objetivos generales del futuro desarrollo de las IMT para 2020 y en adelante”.
- [12] “All about 4G LTE Technical Training”, <https://www.techtrained.com/>. Consultado: el 18 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.techtrained.com/requirements-for-5g/>
- [13] “REPORT ITU-R M.2441-0-Emerging usage of the terrestrial component of International Mobile Telecommunication (IMT)”.
- [14] Y. Wu et al. y Eds., 6G Mobile Wireless Networks. Cham: Springer Int. Publishing. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-72777-2>
- [15] UserVass, “3 aplicaciones del Blockchain en el sector de las Telecomunicaciones”, VASS. Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://vasscompany.com/3-aplicaciones-blockchain-telecomunicaciones/>
- [16] N. Medranda Morales, y M. Arcos Argudo, Blockchain, criptoactivos y metaverso. Una aproximación teórica. Editorial Abya-Yala, 2023. doi: 10.17163/abyaups.6.
- [17] “¿Qué es el 5G? - Explicación de la tecnología 5G - AWS”, Amazon Web Services, Inc. Consultado: el 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/what-is/5g/>
- [18] M. Terol, “Coches inteligentes conectados con 5G y su rol en la movilidad urbana del futuro”, Blogthinkbig.com. Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blogthinkbig.com/coches-inteligentes-conectados-por-5g-el-futuro-de-la-movilidad-en-la-ciudad>.
- [19] “6G Summit Blockchain For 6G GG | PDF | Internet Of Things | Computer Network”, Scribd. Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.scribd.com/document/468451810/6G-Summit-Blockchain-for-6G-gg>.
- [20] D. García, “Así será la revolución del 6G: holotransporte, blockchain y muchos robots autónomos”, Andro4all. Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/andro4all/robots/asi-sera-la-revolucion-del-6g-holotransporte-blockchain-y-muchos-robots-autonomos>.
- [21] “El potencial de la blockchain en la preservación del medioambiente: Impulsando iniciativas sostenibles a través de la tecnología”. Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.cointelegraph.com/news/the-potential-of-blockchain-in-environmental-preservation-driving-sustainable-initiatives-through-technology>.

[22] "Donoso - 6G Nuevas Tecnologías y sus Aplicaciones.pdf". Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/edaea7dd-9d35-4f3b-bfcb-ed0449bffb0a/content>

[23] "Introducción de la Red 6G". Consultado: el 16 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://mobiletrans.wondershare.com/es/5g/6g-network.html>