



UNIVERSIDAD
DE CANTABRIA

**Máster en Empresas y Tecnologías de la
Información**

**Distributed Ledger Technology:
Aplicación al Sector Naval**

**Distributed Ledger Technology:
Naval Sector Application**

Autor: Jonathan Raul Arteaga Molina

Director: Pablo María de Castro García

04 de Julio de 2022

Agradecimientos

Me gustaría comenzar reconociendo a todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a este trabajo de fin de máster. No estuve solo en el proceso y agradecerlos es lo menos que puedo hacer.

En primer lugar, me gustaría expresar mi agradecimiento a mi director, Don Pablo María de Castro García. De hecho, este trabajo de fin de máster es tanto mío como suyo. Su guía y consejo han sido importantes para llevar a cabo este trabajo, no puedo agradecerle lo suficiente por su apoyo.

En segundo lugar, me gustaría expresar mi gratitud y agradecimiento a mis compañeros de trabajo en el astillero, sin ellos no habría sido posible terminar este trabajo. Han sido de gran ayuda a la hora de expandir mis conocimientos sobre los astilleros, su funcionamiento y sus cuellos de botella. En especial me gustaría agradecer a mis compañeros el departamento de producción.

Mis últimas palabras de agradecimiento van para mis allegados, mis amigos y mi familia. Muchos de ustedes me han brindado la distracción necesaria del trabajo y han sido un apoyo para los momentos difíciles. En particular, me gustaría agradecer a mis padres, Sonia y Raúl, mis hermanos, Luis y Jose por estar ahí en los buenos y malos momentos. El importante papel que han jugado en la finalización de este trabajo no se puede expresar con palabras.

Resumen

En este trabajo de fin de máster se estudiará el funcionamiento de la Distributed Ledger Technology (DLT) o la tecnología de libro mayor distribuida y su aplicación al sector naval, concretamente a los astilleros. Con este objetivo en mente, proporcionamos una revisión de literatura intensiva de los desarrollos recientes para las DLT y sus más recientes aplicaciones en los diferentes sectores de la economía. Analizamos estos desarrollos en profundidad sobre el sector naval, más precisamente, centramos nuestra atención en el análisis de algunos problemas de eficiencia producidos por una incorrecta presupuestación, falta de comunicación interdepartamental o problemas informáticos, entre otros. Además, también mostramos cómo lidiar con estos problemas de eficiencia. De esta forma, las DLT aparecen como una solución para ayudar a mitigar estas ineficiencias.

Palabras claves: blockchain, criptomonedas, DLT, ineficiencias, astillero

Abstract

In this master's thesis, the operation of Distributed Ledger Technology (DLT) and its application to the naval sector, specifically to shipyards, will be studied. With this goal in mind, we provide an intensive literature review of recent developments for DLT and their most recent applications in different sectors of the economy. We analyze these developments in depth on the naval sector, more precisely, we focus our attention on the analysis of some efficiency problems caused by incorrect budgeting, lack of interdepartmental communication or computer problems, among others. In addition, we also show how to deal with these efficiency issues. In this way, DLT appear as a solution to help mitigate these inefficiencies.

Keywords: blockchain, criptocurrencies, DLT, inefficiency, shipyards

Índice general

1. Introducción	10
2. Blockchain	11
2.1. De la web 1.0 a la web 5.0	11
2.2. Contexto histórico de la aparición del Blockchain	12
2.3. Estructura	13
2.3.1. Timestamp	13
2.3.2. Nonce	15
2.4. Prueba de Fuerza	16
2.5. Incentivos	16
2.6. El Blockchain del Bitcoin	17
2.6.1. Red descentralizada	17
2.6.2. Claves	18
2.7. Otras redes	20
2.7.1. Tipos de Redes	20
2.7.2. Tipos de Pruebas	21
2.7.3. Otras Características	22
3. Distributed Ledger Technology	23
3.1. Smart Contracts	24
3.1.1. Smart Contracts Deterministas	24
3.1.2. Smart Contracts No Deterministas	25
3.2. Automatización de procesos	26
3.3. Eliminación de intermediarios	27
3.4. Financiación	27
4. El sector naval	29
4.1. Los Astilleros	30
4.1.1. Departamentos	30
4.2. Ineficiencias	31
5. Implementación de las DLT en los Astilleros	33
5.1. Almacenes	33
5.2. Contratos	34
5.2.1. Contratos de Obra	34

5.2.2. Contratos Periódicos	34
5.3. Calidad	35
5.4. I+D+i	35
5.5. Riesgos Laborales	36
5.6. Oficina Técnica	37
6. Conclusiones	38
7. Limitaciones	40

Índice de tablas

2.1. MERCADO DE CRIPTOMONEDAS	12
2.2. DIFERENCIAS ENTRE REDES DESCENTRALIZADAS Y DISTRIBUIDAS	19
2.3. REDES DESCENTRALIZADAS	20

Índice de figuras

2.1. BLOQUE N DE LA BLOCKCHAIN DE BITCOIN	13
2.2. ESTRUCTURA DE LOS BLOQUES DE LA BLOCKCHAIN DE BITCOIN . .	14
2.3. ÁRBOL DE HASH DE MERKLE	15
2.4. SERVICIO TIMESTAMP	15
2.5. RED DISTRIBUIDA	18
2.6. RED DESCENTRALIZADA	18
2.7. FUNCIONAMIENTO CLAVE PRIVADA Y PUBLICA	19
3.1. EVOLUCIÓN DEL VALOR DEL BITCOIN	23
3.2. SISTEMA SMART CONTRACT	24
3.3. INCORPORACIÓN DEL ORÁCULO A LA RED	25
4.1. NÚMERO DE EMPRESAS QUE TIENEN RELACIÓN CON LA INDUS- TRIA NAVAL	29

1. Introducción

La utilización de las DLT ha crecido vertiginosamente desde su aparición ,debido a la introducción de la blockchain y las transacciones financieras. Sin embargo, a medida que han ido aumentando las posibles aplicaciones más allá del sector financiero, la blockchain ha sido criticada por su elevado costo y falta de escalabilidad¹ y, por lo tanto, se han introducido nuevas DLT. En este documento, presentamos las DLT y discutimos sus fortalezas y debilidades. La contribución de este trabajo es definir las principales propiedades y ventajas de esta tecnologías y ayudar a identificar los posibles dominios de aplicación de cada una en el sector naval.

El resto del documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 presenta la definición del blockchain y un contexto de su aparición. La Sección 3 define la tecnologías DLT con sus principales propiedades y ventajas. La Sección 4 presenta el marco del sector naval, y más concretamente los astilleros en la economía Española. La Sección 5 discute la implementación de las DLT en los astilleros. Finalmente las conclusiones y las limitaciones de este estudios de prestan en las en las secciones 6 y 7 respectivamente.

¹La capacidad de un proceso para ser utilizado o producido en una gama de capacidades.

2. Blockchain

A finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI se da una revolución tecnológica sin igual, por la cual aparecen numerosos avances que mejoran y facilitan la vida de las personas. Dentro de estos avances se va a remarcar la aparición y evolución de la World Wide Web (WWW), ya que resulta de gran importancia conocer este tipo de tecnología de comunicación para dar un trasfondo al proyecto.

2.1. De la web 1.0 a la web 5.0

La innovación tecnológica ha cobrado mucha importancia desde la aparición de internet, ya que mediante este sistema de comunicación e información el paradigma mundial fue cambiando a lo largo de los años de manera muy clara. Tanto es así, que se ha pasado de la Web 1.0 en 1989 a la Web 5.0 en la actualidad, en otras palabras, se han tenido varias revoluciones de la web en un periodo de alrededor de 3 décadas. Antes de empezar con el análisis y explicación del tema que presenta este informe hay que conocer las llamadas revoluciones web, todo esto con el fin de saber cómo ha evolucionado y donde se encuentra en la actualidad la tecnología que afecta directamente a estos sistemas de información. La primera generación web surge de la mano de Tim Berners-Lee cuando trabajada en el CERN (The European Organization for Nuclear Research) en Ginebra, Suiza. La Web 1.0 nace con la finalidad de conectar a personas en diferentes puntos del mundo con el fin de compartir información. El propio creador consideraba la World Wide Web como un “read-only web”, es decir, un sistema pasivo en el cual los usuarios publicaban información que deseaban compartir y una vez disponible en internet era posible acceder a ella con el único fin de leerla, es decir no había opción a interactuar como se puede hacer en la actualidad (Patel, 2013).

La Web 2.0 nace en el año 2004 al acuñarla Tim O’Reilly, esta nueva etapa tecnología de internet hace referencia a un nuevo paradigma social en el cual las páginas webs ahora son interactivas y rompen el “read-only web”, mencionado anteriormente. También se menciona otras características de esta revolución como son el aprendizaje colaborativo, información multidireccional y libertad de edición y difusión. Al ser un sistema de aprendizaje colaborativo se pueden crear grupos de trabajos en el cual las personas que participen no se dedican meramente a la lectura, sino que participan en el proceso; al tener información multidireccional se puede elegir quienes son los receptores y, además, puedes tener respuestas de varios de estos. Por último, con respecto a la libertad de edición y difusión se hace referencia a un entorno constantemente actualizado (García Aretio, 2014). Todo esto junto a la aparición de las redes sociales muestra los pasos que siguió la Web 2.0 o la Web social.

El siguiente paso de estas mejoras tecnológicas es la Web semántica o Web 3.0, estos términos dan sus primeras señales en el año 2006, en estos momentos se empieza a ver los pasos de internet hacia lo que se dispone actualmente (Morris, 2011). Esta revolución se basa principalmente en transformar a la Web en una base de datos en la cual se puede almacenar información de los usuarios. En estos momentos también se empieza a hablar de la web como una herramienta esencial para la aceptación y publicidad de las empresas (Codina, 2009; Boluda and Fernández, 2013).

La Web 4.0. es la última revolución web consolidada. Esta empezó en el año 2016 y supone un gran avance constituido por un comportamiento más inteligente, predictivo y autónomo (Latorre, 2018). Junto a esta revolución aparece el Internet of Things (IoT) o Internet de las Cosas que no es más que aplicar esta revolución a los procesos mecánicos de artefactos para así poder automatizar tareas, estas máquinas autónomas además ofrecen toda una serie de información de manera inmediata que es bastante útil y apreciada por las empresas (Madakam et al., 2015). No obstante, desde la aparición de la Blockchain o “la cadena de bloques” y, más tarde, de las DLT se está hablando de la nueva revolución Web 5.0. o Internet of Value (IoV) (Kambil, 2008; Truong et al., 2018).

2.2. Contexto histórico de la aparición del Blockchain

Tras la crisis financiera global del 2008, provocada por el colapso de la burbuja inmobiliaria de Estados Unidos, se ve un aumento de la desconfianza de los agentes que interactúan con los bancos. En especial esta desconfianza se manifiesta en que las familias se ven sin poder para negociar con los intermediarios financieros. Recordemos que las familias son los agentes más pequeños, pero a su vez más numerosos de cualquier economía (Chohan, 2017). En octubre de 2008 se publica un informe bajo el seudónimo de Satoshi Nakamoto llamado “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”. En este se habla de los elevados costes, de la falta de libertad y de la corrupción que conlleva la participación de los intermediarios financieros en la economía. Es por eso por lo que quiere crear un sistema monetario en el cual los individuos puedan operar como denomina él “Peer-to-Peer” (P2P) o de igual a igual (Nakamoto, 2008) y de esta manera poder reducir costes y aumentar la confianza. Actualmente es difícil separar los conceptos de “Blockchain” y el “Bitcoin”, puesto que el primer uso de blockchain fue el establecimiento de la criptomoneda conocida como Bitcoin. Esta criptomoneda es la más famosa y, además, es la mejor posicionada en el mercado de criptomonedas (ver tabla 2.1¹).

Tabla 2.1: MERCADO DE CRIPTOMONEDAS

Nombre	Posición	Siglas	Precio
Bitcoin	1	BTC	37.800,00\$
Ethereum	2	ETH	2.500,00\$
Tether	3	USDT	1,00\$
Binance Coin	4	BNB	321,00\$
Cardano	5	ADA	1,33\$

Fuente: elaboración propia a partir del mercado de criptomonedas actual.

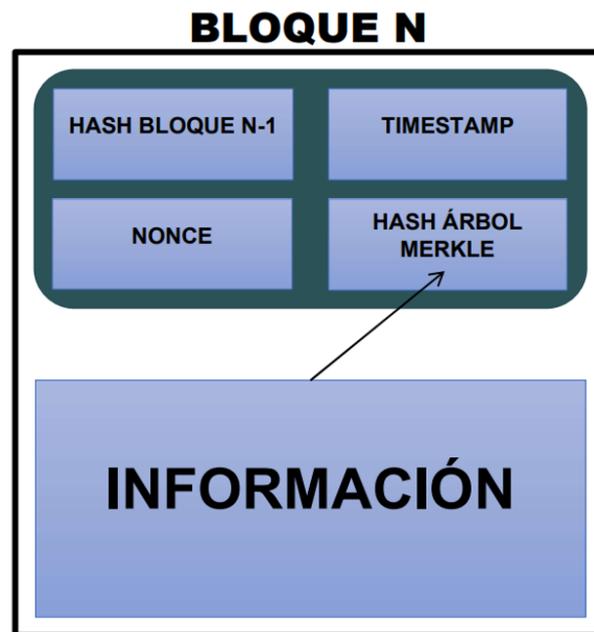
Como se puede apreciar la sociedad en este periodo de tiempo se encuentra en una situación con bastantes innovaciones tecnológicas, en este caso pertenecientes a internet. Por otra parte, la desconfianza de las personas con los intermediarios financieros junto a una crisis global crea una situación inicial en la cual se elabora una tecnología revolucionaria con la que se puede eliminar a estas partes que generan desconfianza a los principales agentes económicos. Estos son los primeros pasos hacia la Web 5.0 o la IoV, y hacia las redes descentralizadas.

¹Mercado volátil, precios podrían cambiar notablemente dependiendo de la fecha.

2.3. Estructura

Para conocer el funcionamiento del Blockchain se va a estudiar cual es su composición, empezando por la unidad principal que es el bloque, ver figura 2.1. La unión de varios bloques crea una cadena de bloques o Blockchain, como se puede observar en la figura 2.2.

Figura 2.1: BLOQUE N DE LA BLOCKCHAIN DE BITCOIN



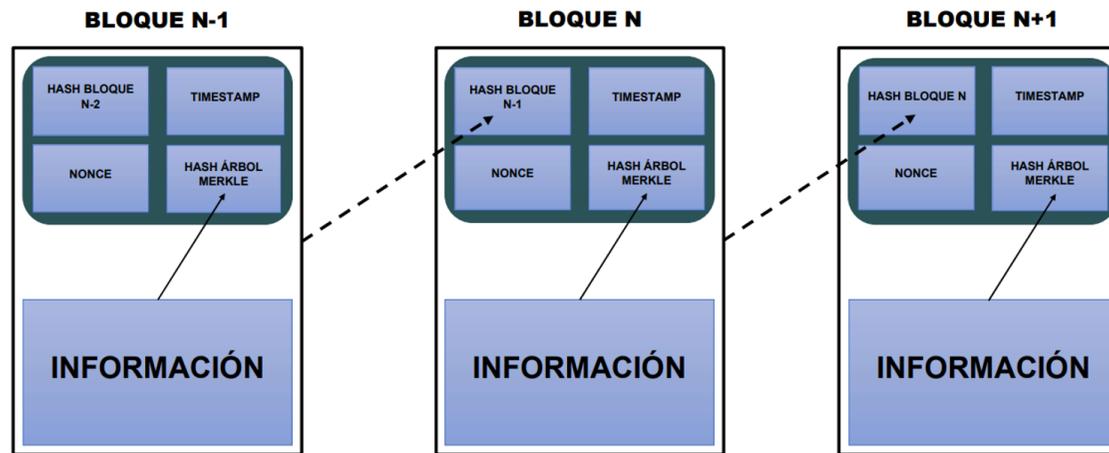
Fuente: Elaboración propia a partir de Retamal et al. (2017)

Estos bloques no son independientes si no que se unen mediante el Hash de árbol de Merkle del bloque $N - 1$ o bloque anterior (Retamal et al., 2017), de esta forma se muestra que no hay una interdependencia de los bloques si no que estas estrechamente relacionados y por lo tanto la cadena de bloques inmediatamente superior debe tener la información de la cadena anterior. Para poder comprobar si una transacción o un hash anterior es correcto no hace falta estudiar la cadena de bloques completa de esa transacción, se puede hacer mediante el árbol de hash de Merkle, ver figura 2.3. El árbol de Hash de Merkle recoge la cabecera de varios bloques de tal manera que no hay que recoger todas las transacciones, con recoger el bloque H_{ijmn} se puede verificar cada una de las transacciones individuales (i, j, m, n) . Además, cada bloque de la Blockchain contiene por un lado el Timestamp o Sello temporal y por otro lado el Nonce o Clave.

2.3.1. Timestamp

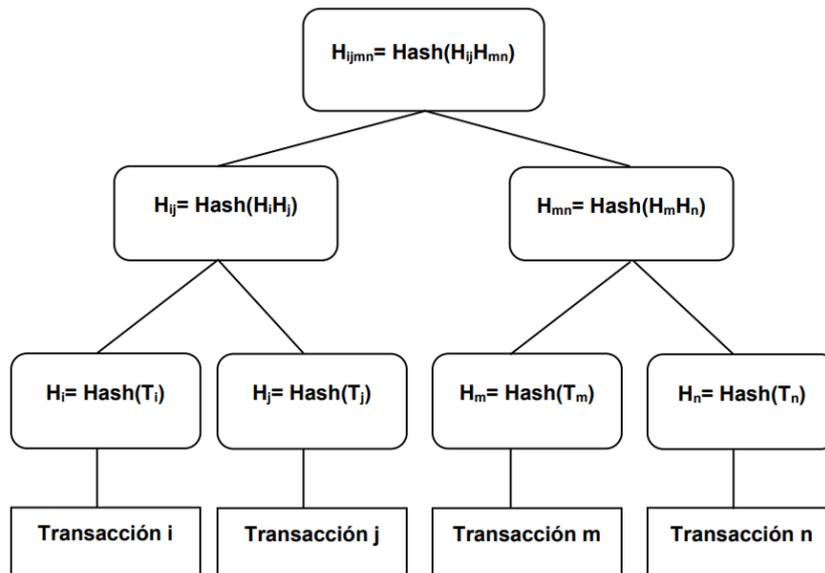
El sello temporal o el timestamp es una de las mayores virtudes de la cadena bloques ya que mediante esta verificación se puede estar seguro del orden cronológico de los bloques. Además, como se expresa en el ensayo de Nakamoto (2008) este sistema temporal es fiable siempre y cuando la mayoría de los nodos actúen de forma honesta (Di Pierro, 2017).

Figura 2.2: ESTRUCTURA DE LOS BLOQUES DE LA BLOCKCHAIN DE BITCOIN



Fuente: Elaboración propia a partir de Retamal et al. (2017)

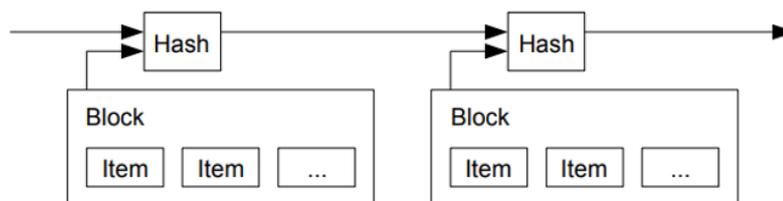
Figura 2.3: ÁRBOL DE HASH DE MERKLE



Fuente: Elaboración propia a partir de Retamal et al. (2017)

En la figura 2.4 se puede apreciar el funcionamiento de los timestamp. El timestamp muestra que el Hash existe a la hora de crearse el bloque, además, cabe destacar que también se incluye información del Hash previo (Hash bloque $N - 1$). Esta confirmación mediante el sello temporal hace que se reduzcan costes como el de la verificación doble, enormemente criticado por Nakamoto (2008).

Figura 2.4: SERVICIO TIMESTAMP



Fuente: Nakamoto (2008)

2.3.2. Nonce

Este es lo que comúnmente se conoce como clave de acceso y es un algoritmo que da acceso a la creación de un nuevo bloque. Hay diferentes claves dependiendo del tipo de cadena de bloques. Pero, en este caso se va a presentar la prueba de fuerza ya que es la primera que apareció ligada al Blockchain del Bitcoin.

2.4. Prueba de Fuerza

Se ha podido apreciar en las figuras 2.2 y 2.3, que cada uno de los bloques contiene una parte llamada “Nonce”, también conocida como la clave para poder añadir un bloque a la cadena de la red, esta clave es un valor numérico correspondiente a la resolución matemática de una fórmula compleja. La dificultad de las pruebas va subiendo de manera exponencial y es tal el esfuerzo que se tiene que realizar que, en ciertos momentos, para poder obtener la nonce correcta los mineros encuentran más fácil obtener la clave mediante la prueba constante de números hasta dar con la combinación correcta.

Como menciona Nakamoto (2008) la cadena del Blockchain posee un sistema “One-IP-Address-One-Vote” esto quiere decir que cada uno de los nodos está representado por una dirección IP y a su vez cada una de estas direcciones tiene un único voto asignado, esto cobra importancia a la hora de saber que cada vez que se crea un bloque el resto de la red tiene que validarlo. A la hora de realizar las validaciones se hace de manera doble ya que se valida tanto la Nonce como la cadena de bloques (Shi, 2016). Este sistema de votos junto al contexto histórico en el que surgió del Blockchain muestra un sistema que se apoya en la honestidad de sus usuarios para poder mantenerse inmutable. Es decir, la honestidad de los usuarios es una de las mayores cualidades para y para que la cadena de bloques funcione correctamente.

2.5. Incentivos

Ligado a la validación y honestidad se encuentran los incentivos de los propios usuarios del correcto funcionamiento de la cadena de bloques. Es importante conocer que el primer bloque de una Blockchain es diferente al resto, este no dispone de un Hash previo, ni de una clave pública previa, este primer bloque correspondiente a $N = 0$ es el que inicia todo. Además, hay que saber que la Blockchain del Bitcoin tiene un número limitado de criptomonedas, que se añaden mediante la prueba de fuerza, y que la propia red es conocedora del número de divisas que tiene en circulación y cuantas faltan hasta que se llegue al límite. Debido a esto, el sistema solo se puede corromper quitando esas criptomonedas a otro usuario, es decir, se va a tener que registrar una transacción por la cual un nodo otorgue a otro (el que corrompe) sus criptomonedas.

En este contexto, para añadir un nuevo bloque a la cadena hay que recurrir, en este caso, a una prueba. Dicha prueba conlleva un “esfuerzo” que se ve materializado tanto en capacidad computacional como en gasto energético del minero, en otras palabras, el nodo que desea añadir un bloque recurre a unos recursos escasos y limitados para poder hacer este esfuerzo. Por la cadena para que los nodos se dispongan a elaborar dicho gasto de recursos añaden una recompensa económica al descifrar cada “nonce”, es decir, si un nodo consigue descifrar la clave para poder añadir otro bloque a la red se le otorga un pago de la propia criptomoneda de la cadena. Por lo tanto, a la hora de validar las “nonce” mediante el sistema una dirección IP un voto hay diferentes razones por las cuales ser honesto (Nakamoto, 2008):

- Los nodos que realizan transacciones: estos buscan que se añadan más bloques para poder ejecutar sus transacciones, tienen el incentivo de ser honestos ya que, si hay modificación de la cadena, puede ser en detrimento de sus propios intereses (Zaghloul et al., 2020).
- Los mineros: este grupo es el que realiza el esfuerzo de encontrar la clave correcta,

ellos incurren en un gasto de recursos (Zhang et al., 2019). En el momento en el cual un nodo acredita tener la clave correcta son los primeros interesados en comprobar que esta es la verdadera, ya que, si es así destinan esos recursos en la siguiente, y si por lo contrario esta clave es errónea van a seguir buscando la correcta con el fin de no haber “malgastado” los recursos ya utilizados en la busca de la nonce actual

- Usuarios con gran potencial computacional: estos son los más cercanos a poder corromper la red. Pero, estos solo pueden hacerlo si consiguen reunir más potencia computacional que la mayoría de los nodos honestos. Esto resulta imposible en la Blockchain del Bitcoin (Bentov et al., 2014), pero aun siendo posible con tanta potencia computacional al usuario le es más beneficioso minar bloques para conseguir recompensas económicas, que corromper la cadena de bloques.

La red muestra un sistema que incentiva a todos a ser honestos con el fin de buscar un beneficio económico. De esta manera se busca la confianza del sistema sin la intervención de terceros que incurran en mayores gastos.

2.6. El Blockchain del Bitcoin

Como se ha mencionado anteriormente para conocer el funcionamiento de las DLT primero hay que profundizar de manera teórica en el funcionamiento del Blockchain. Uno de los mayores problemas del entendimiento de esta red es el nivel de conocimiento técnico que se debe de poseer para entender el funcionamiento. Es por ello por lo que se va a explicar de la manera más sencilla posible. En primer lugar, hay que destacar que esta tecnología nace con un fin social. En el ensayo de Nakamoto (2008)), se puede apreciar que esta tecnología se crea como una forma de eliminar a los intermediarios financieros, pero no solo se queda ahí, sino que busca fomentar la honestidad de los usuarios. Esto lo hace, creando un sistema que solo puede funcionar si la mayoría de los nodos se comportan de forma honesta. Hay que destacar que una de las claves para que esta cadena de bloques prescindiera de los intermediarios financieros es una red descentralizada.

2.6.1. Red descentralizada

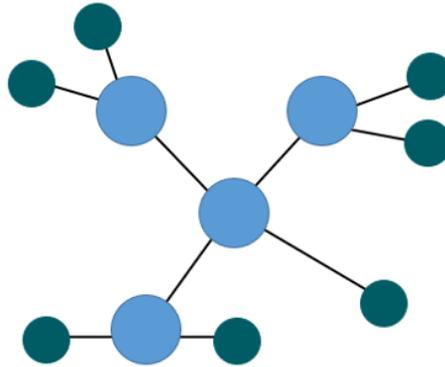
Una de las principales características del Blockchain es que se trata de una red descentralizada, esta cualidad es una de sus mayores ventajas y a la vez, una de las mayores críticas de los detractores de esta.

Redes Distribuidas y Descentralizadas

Estas redes presentan ligeras diferencias entre ellas, pero con respecto a la arquitectura viene a ser a grandes rasgos lo mismo. Buscan eliminar el problema de las redes centralizadas con respecto a la aparición de grandes nodos, además, muestran mayor robustez y seguridad en comparación con las redes centralizadas. En estas redes se dispone de más de un nodo central o recopilador y procesador de información, en caso de las redes centralizadas no tienen por qué ser todos nodos centrales (Zurdo, 2018) como se puede apreciar en las figuras 2.5 y 2.6. Concretamente en la figura 2.5 existen subnodos ligados entre sí: hay nodos de información (azules) y los que proporcionan

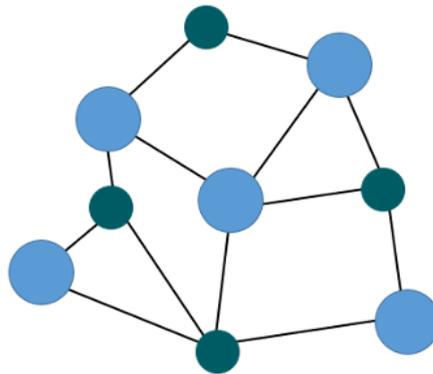
estos datos (verdes). Mientras que en la figura 2.6 hay tantos nodos recopiladores de información (azules) como nodos que proporcionan estos datos (verdes). En la tabla 2.2 se presenta un cuadro resumen con las mayores diferencias que se puede apreciar entre estas redes.

Figura 2.5: RED DISTRIBUIDA



Fuente: Eleboración propia a partir de Zurdo (2018)

Figura 2.6: RED DESCENTRALIZADA



Fuente: Eleboración propia a partir de Parrondo (2018)

La Blockchain es una red que se compone de nodos conectados P2P y que su crecimiento solo se limita al número de nodos que lo compone. Además, hay que destacar que cada uno de los nodos de esta red P2P tiene una copia exactamente igual a la que se verifica cuando se desbloquea un nuevo bloque, es por eso por lo que se sabe que hay tantas copias de bases como nodos existen en la red. Los nodos están previstos de un anonimato completo. Esto se hace mediante la existencia de claves o "llaves".

2.6.2. Claves

Todo nodo posee dos claves, una Clave Publica o Public Key, y una Clave Privada o Private Key. Mediante el uso de estas claves se puede conseguir una red en la cual todas las transacciones son en cierto grado anónimas. En la figura 2.7 se puede apreciar su

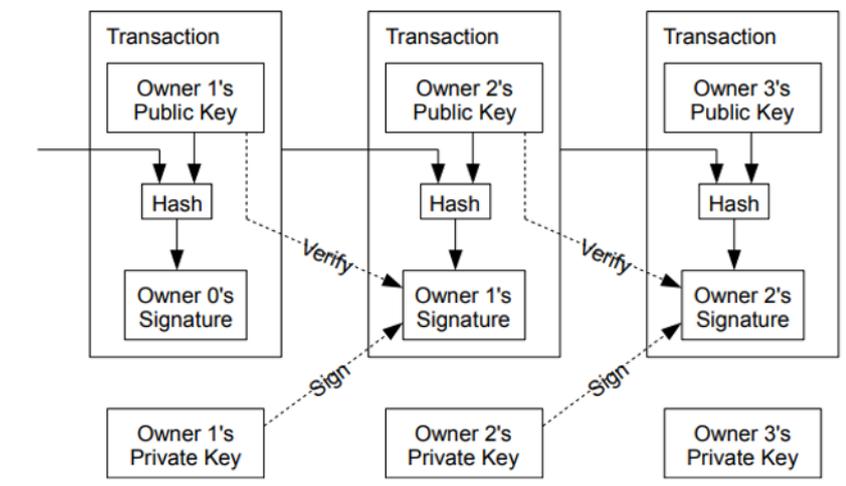
Tabla 2.2: DIFERENCIAS ENTRE REDES DESCENTRALIZADAS Y DISTRIBUIDAS

RED DESCENTRALIZADA	RED DISTRIBUIDA
Se compone de nodos conectados como iguales.	Se compone de subnodos.
Crecimiento solo limitado por el número de nodos que lo compone.	Crecimiento limitado al ancho de banda necesario para distribuir los datos.

Fuente: elaboración propia a partir del mercado de Grange (2016); Parrondo (2018)

funcionamiento en cada una de las transacciones que se realiza en la blockchain. Como se puede observar existen varios participantes o nodos y cada uno de estos posee dos claves para así poder participar en la cadena de bloques. A esta dualidad de claves se le conoce como criptografía asimétrica (Pal et al., 2021), ya que cada una de estas claves posee funciones diferentes.

Figura 2.7: FUNCIONAMIENTO CLAVE PRIVADA Y PUBLICA



Fuente: Nakamoto (2008)

La clave pública es la que, a pesar de estar cifrada, se muestra en la cadena de bloques a todo nodo que acceda a visualizar las transacciones, esta clave no da información de quien realiza la transacción, pero si muestra que dos nodos con una clave pública han realizado cierta transacción, no obstante, en ningún momento se puede apreciar cualquier otra información de la mencionada con anterioridad. También, se encuentra la clave privada, la cual es una clave que solo puede conocer el nodo que la posee conocerla y da acceso y permiso a dicho nodo a acreditar transacciones (Puig, 2017).

Utilizando la figura 2.7 se va a explicar el funcionamiento de estas claves y cómo es posible que sirva para ejecutar transacciones. Tiene que haber dos nodos que vayan a realizar una transacción, en este caso, de una criptomoneda como es el Bitcoin. Para realizar una transacción uno de los nodos tiene que firmar con su clave privada la transacción del Hash anterior, el cual contiene la clave privada del otro nodo, y en caso de realizar una transacción con esa misma moneda tiene que agregar la clave pública del siguiente propietario al final de esta. El ultimo propietario para acreditar la operación tiene que introducir su clave privada, de esta manera como expresa Nakamoto (2008) se puede definir las criptomonedas como una cadena de firmas digitales.

2.7. Otras redes

Tras la creciente popularidad obtenida por la blockchain del Bitcoin, empezaron a aparecer otras cadenas descentralizadas con diferentes características a la original.

Tabla 2.3: REDES DESCENTRALIZADAS

Plataforma	Transacción Por Segundo	Media de Tiempo de Confirmación
Bitcoin	3-7	10'
Ethereum	15-25	6'
Ripple	1.500	4"
Solana	2.825	0,4"
Stellar	1.000	2-5"
Bitcoin Cash	61	60'
EOS	4.000	0,5"
IOTA	1.500	1-5'
Dash	10-28	15'

Fuente: Craig (2021), Parmar (2022).

En la tabla 2.3 se destacan las transacciones por segundo (TPS) y el tiempo medio de confirmación de cada bloque añadido. Estos valores son bastante dispares entre las diferentes plataformas presentadas y son estos los que cobran mayor relevancia cuando se empieza a hablar de la escalabilidad de las de cadenas de bloques (Yang et al., 2020). Por una parte, se presentan las TPS que muestran el número de transacciones que puede procesar dicha cadena de bloques en un segundo, estos valores en términos de eficiencia van a ser mejores cuanto mayor sea su valor ya que expresa una mayor capacidad de procesar dichas transacciones. Esto tiene especial relevancia en redes con gran cantidad de nodos y transacciones. También, se presentan el tiempo medio de verificación o adición de un bloque. Estos representan en media los minutos (') o segundos (") que tarda una cadena de bloques descentralizada en verificar que el bloque añadido es correcto, esto se hace mediante una verificación de cada uno de los nodos de que no ha habido ningún tipo de corrupción en la red, hay que tener en cuenta que esta verificación se hace cuando $\frac{N}{2} + 1$ de los nodos verifican la fiabilidad del bloque añadido (Li et al., 2018), siendo N el número de nodos pertenecientes a dicha Blockchain..

2.7.1. Tipos de Redes

Con la aparición de estas diferentes plataformas nacieron, también, tipos de redes según su accesibilidad (Alkhateeb et al., 2022; Wazid et al., 2020; Yang et al., 2020; Zheng et al., 2021)

- **Redes Públicas:** correspondientes a la red del Bitcoin, es un tipo de cadena de bloques en la cual cualquier persona que tenga acceso a internet puede pertenecer a red mediante un registro y además firmar.
- **Redes Privadas:** estas son redes restrictivas y cerradas que brindan el registro solo a nodos autorizados. Este tipo de redes se suele utilizar en organizaciones o empresas las cuales quieren dar acceso solo a ciertas personas a la red.
- **Redes Consorcio:** también conocidas como semi-descentralizadas, comparten las restricciones de las redes privadas, no obstante, en este caso la gestión de la red

se produce por más de una organización.

- **Redes Híbridas:** unión de las redes privadas con las redes públicas, en estas cadenas de bloques hay redes públicas en las cuales se puede acceder y operar sin permisos y otras partes que se conforman por redes privadas en las cuales debes de tener autorización de la organización que da permiso de acceso para poder operar en esta parte. De esta forma se crea una red más compleja, pero a su vez más útil a nivel empresarial.

Hay que tener en cuenta que las redes públicas presentan ventajas con respecto a las redes privadas, ya que la libre entrada a la red hace que la verificación mediante nodos sea más fiable en una red abierta que en una privada. Además, es importante conocer que además de la prueba de fuerza perteneciente a la Blockchain del Bitcoin hay otras que nacieron a raíz de las diferentes redes creadas.

2.7.2. Tipos de Pruebas

Siempre que se quiera añadir un bloque a una Blockchain hay que resolver un algoritmo o prueba; en este sentido, a la par que aparecen diferentes tipos de blockchain se crean nuevas pruebas (Gourisetti et al., 2019; Spasovski and Eklund, 2017; Velliangiri and Karthikeyan, 2020; Wazid et al., 2020):

- **Proof-of-Stake (PoS):** el algoritmo otorga a los nodos de un nivel de minado proporcional al volumen de criptomonedas que poseen.
- **Proof-of-Weight (PoWeight):** se basa en la PoS pero en este caso el algoritmo otorga una ponderación para poder otorgar una valoración teniendo en cuenta la procedencia de estas criptomonedas. Es decir, la ponderación será diferente de criptomonedas compradas con dinero fiduciario de las criptomonedas obtenidas mediante contratos inteligentes.
- **Proof-of-Activity (PoA):** algoritmo que combina las PoW con las PoS para de esta forma disminuir las ineficiencias de ambas, se le considera de actividad ya que implica un esfuerzo y a su vez un valor cripto-monetario alto en comparación con los otros nodos participantes en esa red.
- **Proof of Elapsed Time (PoET):** o prueba de tiempo transcurrida, este tipo de algoritmo otorga la capacidad de minado mediante un sistema de loterías justo para de esta forma disminuir la utilización de recursos.
- **Proof-of-Importance (PoI):** el algoritmo provee de capacidad de minado a ciertos nodos y son estos los que tienen capacidad de crear bloques.
- **Proof-of-Capacity (PoC):** algoritmo por el cual los nodos utilizan su poder de minado y su capacidad de disco duro para otorgar los derechos de minería en vez de utilizarlo para realizar dicho esfuerzo, como se hace en las pruebas de fuerza.
- **Proof-of-Burn (PoB):** prueba que consiste en enviar criptomonedas a una “eater address” o dirección de quemado y el nodo que realiza este esfuerzo de “quemado” de cripto-activos se le otorga la capacidad de minado.

Estas conforman algunas de las diferentes pruebas que nacieron debido a ineficiencias encontradas en otras redes. Estas ineficiencias no suponen que las redes ya estén obsoletas, el problema es que hay infinidad de redes con objetivos diferentes y, por lo tanto,

no se va a considerar igual de eficiente un algoritmo de minado para una red con fines empresariales que una con fines financieros. De esta forma se puede apreciar que las Blockchain se modifican según las necesidades que busquen los usuarios, esto muestra una capacidad adaptativa alta.

2.7.3. Otras Características

Las redes descentralizadas han cambiado con el paso del tiempo, entre estas variaciones cabe destacar dos de ellas debido a su reciente popularidad, estas son los Tokens y los Non-Fungible Token (NFT).

Tokens

Los tokens o fichas son unidades creadas en una red descentralizada pero que no son pertenecientes propiamente a esta red. Es decir, se pueden crear tokens en red Blockchain, pero no pertenecen a esta red, son cripto-activos generados por terceros ya sean personas físicas o entidades, estas fichas están vinculadas con proyectos, servicios y/o activos para que de esta forma se les otorgue valor, en este caso, mediante una criptomoneda (Chen, 2018; Freni et al., 2020; Pacheco Jiménez, 2019).

NFT

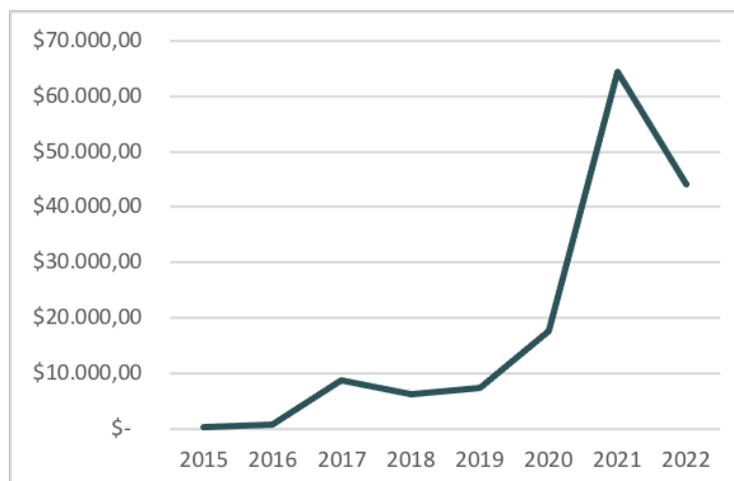
Los NFT son un tipo de criptomonedas asociadas a los Smart Contracts, originalmente de Ethereum. Estos, en contraste con las criptomonedas, son artículos únicos que mediante su código se puede reconocer a su autor y de esta manera se podría reconocer la autenticidad, creador y al poseedor actual. Este tipo de activos digitales son bastante utilizados por artistas (Wang et al., 2021), no obstante, se le puede dar otros usos.

3. Distributed Ledger Technology

Las primeras blockchain sentaron las bases para la aparición de las DLT. Chohan (2017) define estas bases como:

- Subida continua del valor del Bitcoin, como se aprecia en la figura 3.1¹, lo que provoca que muchos negocios acepten esta criptomoneda como método de pago.
- Legitimización y legalización de la criptomoneda por parte de algunos organismos. Lo que provoca la separación de los términos criptomonedas y actividades no lícitas.
- Seguridad de la cadena de bloques. Que se traduce en confianza de los usuarios.
- Creación de otras criptomonedas, mostrando así que este tipo de monedas virtuales son tendencia en la economía actual.

Figura 3.1: EVOLUCIÓN DEL VALOR DEL BITCOIN



Fuente: Eleboración propia a partir de del mercado de criptomonedas

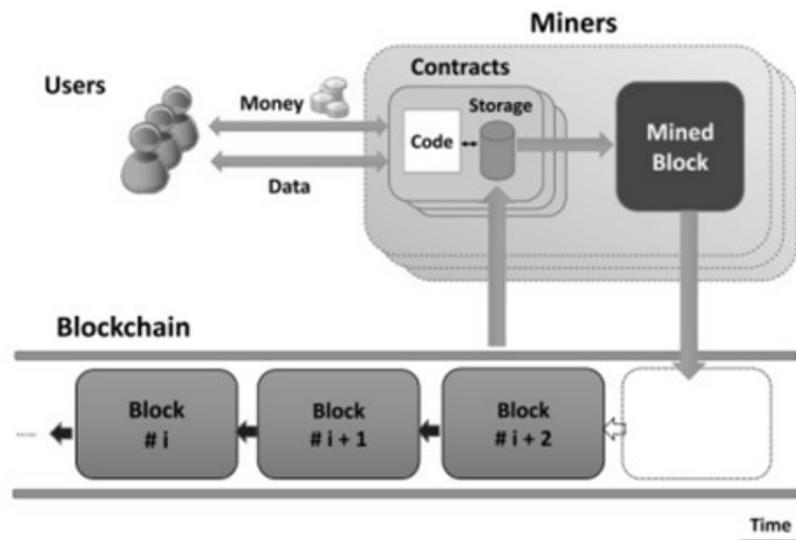
Todo esto demuestra como la sociedad va aceptando la cadena de bloques en su entorno, lo que da lugar a la evolución de estas a las redes distribuidas. En este sentido, la cadena de bloques proporciona a los usuarios una base de datos descentralizada e inmutable, y por lo tanto fiable. Es por eso por lo que se empiezan a dar los primeros pasos hacia el Internet of Value (IoV) o Web 5.0. y es que se encuentra el valor en la automatización de procesos con respecto a las bases de datos (Kambil, 2008). En este contexto pueden existir numerosos usos para las DLT y estos pueden ir desde usos sociales hasta financieros. Para entender mejor estos usos hay que estudiar los Smart Contracts o Contratos Inteligentes, ya que son una parte fundamental tanto de las Blockchains como de las DLT.

¹Mercado volátil, precios podrían cambiar notablemente dependiendo de la fecha.

3.1. Smart Contracts

Los contratos inteligentes vieron su puesta en marcha con la aparición de las cadenas de bloques. Se trata de códigos informáticos autoejecutables que vinculan a dos o más partes al cumplimiento de una serie de acuerdos previamente dispuestos en un código programado (Zheng et al., 2020). La cualidad de autoejecución de los Smart Contracts aporta tanto beneficios como inconvenientes. Uno de sus mayores beneficios es el ahorro de intermediarios, es decir, autoejecutar un contrato una vez se cumplan o no unas condiciones en un plazo dado elimina a los intermediarios que se encargan de controlar que estos contratos se cumplan. No obstante, esto mismo es criticado por los profesionales jurídicos ya que si el código del contrato no se ha programado correctamente puede provocar ineficiencias en la transacción o acuerdo legal (Sáenz, 2017). A pesar de las críticas, este tipo de contratos es la herramienta que se utiliza en todas las Blockchain para garantizar el cumplimiento de las relaciones entre nodos. En la figura 3.2 se puede apreciar el funcionamiento de estos contratos inteligentes.

Figura 3.2: SISTEMA SMART CONTRACT



Fuente: Alharby et al. (2018)

Para saber cómo se autoejecutan los Smart Contracts es importante conocer que cada contrato inteligente se le asigna una dirección única y para que este se ejecute se tiene que enviar una transacción o movimiento a la dirección única que tiene cada contrato, una vez se reciba esta transacción y se valide por los mineros el contrato se autoejecuta con la programación que tenga de antemano (Mohanta et al., 2018). Es fácil autoejecutar los contratos cuando la información requerida está dispuesta en el blockchain, pero ¿Qué ocurre si esto no es así? Es ahí cuando se puede hablar de que existen 2 tipos de contratos inteligentes.

3.1.1. Smart Contracts Deterministas

Este tipo de contratos se basan en la información que obtienen de la propia red donde se ejecutan. En otras palabras, las cláusulas o condiciones para que el contrato se ejecute

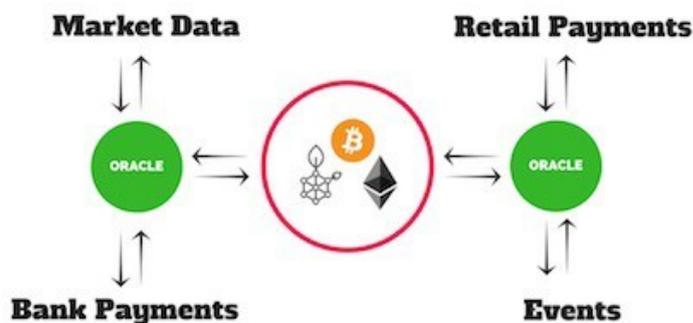
se van a poder encontrar siempre en la misma red. Basándose en la figura 3.2, como primera condición se va a tener que establecer un contrato inteligente entre dos o más usuarios de la misma red, para que este contrato sea determinista la información que se necesita para poder ejecutar el contrato va a tener que ser intrínseca de ella misma (Alharby et al., 2018). Es decir, un contrato intrínseco podría ser el siguiente: si el usuario A paga un porcentaje de la deuda que tiene con el usuario B antes de la fecha DD/MM/AAAA, estipulada en el contrato, este primero no va a tener que pagar un importe como sinónimo de intereses, no obstante, si dicho pago no se realiza en la fecha determinada se le cobrará al usuario A esos intereses automáticamente.

Por lo tanto, se puede apreciar cómo funciona un contrato determinista y es que los mineros son los únicos que custodian este contrato que no se puede modificar y automáticamente cuando ocurra una de las condiciones este se autoejecutara y esto ahorra el coste de tener a un intermediario vigilando que se cumplan las cláusulas y, además, que las partes respeten el acuerdo.

3.1.2. Smart Contracts No Deterministas

Este otro tipo de contratos son los que para ejecutarse necesitan disponer de información ajena a su blockchain, para este tipo de Smart Contracts se crea una nueva figura denominada "oráculo". Estos son terceros que se incorporan a la red y lo que hacen es proporcionar esta información ajena a la Blockchain y, además, custodiar los Smart Contracts no deterministas. La figura del oráculo o del tercero da confianza y funciona como un recopilador de información del exterior y almacenador de contratos (Ante, 2021; Mohanta et al., 2018). Es decir, un contrato no determinista podría ser el siguiente: el nodo A paga una cuantía al nodo B, si la información del clima que le proporciona es correcta y si no es correcta B paga a A, en esta parte actúa el oráculo. Esto se debe a que la red no proporciona la información climatológica del día, pero el oráculo accede a la información externa de la red y la proporciona a la red para así autoejecutar el contrato, que sigue siendo inmutable y autoejecutable, ver figura 3.3.

Figura 3.3: INCORPORACIÓN DEL ORÁCULO A LA RED



Fuente: Cong and He (2019)

Se puede apreciar que de esta manera se crea la presencia de un tercero en la red. Esto puede desentonar con respecto a la idea de eliminación de los mimos, pero en este caso

es una pieza imprescindible para el correcto funcionamiento de la red, y es que este oráculo no tiene que cuidar el cumplimiento del contrato ni el respeto a este de las partes, solo tiene que proporcionar información ajena a la red y de esta manera se llevaría un pago, es decir, un incentivo económico. Por lo tanto, se puede apreciar que los costes en los que incurre la red al tener un oráculo son más bajos que los de un intermediario que controle si el contrato se cumple o no y, además, este oráculo tiene incentivos a ser honesto ya que a más transacciones se realicen más recompensa económica tendrá (Al-Breiki et al., 2020).

Tanto los contratos deterministas como los que no, proporcionan a la red y a los usuarios un método seguro y eficaz de realizar tratos o transacciones con la confianza del cumplimiento de cláusulas previas. Esto resulta muy importante en el ámbito empresarial, ya que da solución a una de las grandes ineficiencias de los mercados que es la violación de un contrato.

3.2. Automatización de procesos

Para explicar la automatización de procesos en estas redes descentralizadas se van a utilizar los Smart Contracts, tanto deterministas como no deterministas, y los conceptos básicos explicados de la Blockchain. Para entender mejor la automatización de procesos se debe tener en cuenta previamente que se dispone de un grupo de empresas que interactúan entre ellas de diversas maneras, todas estas compañías pertenecen a una misma DLT y, cada movimiento queda registrado en la red, además, tiene que ser validado por el resto de la red. Por ende, lo que se presenta en este caso es un grupo de empresas que interactúan P2P mediante la tecnología Blockchain. Para automatizar procesos, el activo intangible fundamental que necesita cualquier entidad son los contratos inteligentes, ya que son estos los que hacen que estos procesos se puedan automatizar (Caro et al., 2018). La automatización es bastante simple en cuanto en tanto se entienda la relación existente entre dos o más empresas y el contrato firmado.

Es muy normal en el mundo empresarial tener una serie de proveedores de confianza que suministren unos bienes o servicios a una empresa y esta última reporte un valor económico por los servicios prestados; este tipo de relación proveedor-cliente suele tener un carácter reiterativo. Esto dentro de una empresa implica de un personal financiero que se esté haciendo cargo constantemente de realizar el pago de manera correcta y en el plazo del tiempo dado. Pero mediante la tecnología de libro distribuido esto cambia ya que mediante un contrato comercial inteligente se podría automatizar el proceso de pagos para de esta manera liberar de carga de trabajo al departamento financiero. Las dudas que nacen de automatizar esto pueden ser cuantiosas ya que no siempre se paga la misma cantidad a los proveedores, también se puede tener en cuenta que ocurre si llegan bienes o servicios defectuosos o incluso si no llegan. Todos estos casos en los cuales la transacción podría no ser ideal a la hora de automatizar se tienen que recoger en el contrato, para así, si ocurre una situación imprevista o no correcta el contrato se automatice en base a unos criterios. Además, hay que tener en cuenta que si por alguna circunstancia ajena el contrato no recoge una posibilidad de automatización o se automatiza mal se podría modificar si las partes involucradas lo requieren, esto sería una forma de aplicar el conocimiento aplicado a ese Smart Contract y cuanto más se use más seguridad tenga de que se automatice correctamente. Mediante la automatización de procesos se es capaz de ahorrar tanto tiempo como dinero y este ahorro se produce mediante la eliminación de intermediarios.

3.3. Eliminación de intermediarios

En las transacciones empresariales se disponen de numerosos intermediarios que aumentan la complejidad de las transacciones y sus costes. Previo a la aparición de las DLT evitar estos intermediarios no era una tarea fácil ya que en muchos casos si no se recurría a un tercero era necesario destinar recursos propios para poder realizar esas relaciones sin terceros, por lo tanto, eliminarlos también suponía un mayor coste, ya sea monetario o de recursos. No obstante, con la aparición de las DLT se puede apreciar cómo hay ciertas relaciones comerciales en las cuales se puede eliminar a los intermediarios.

A priori eliminar estos terceros presenta un ahorro económico, pero llegando a una visión más lejana se puede presentar que también se elimina ese factor de confianza que debe tener la empresa con un agente ajeno a su organización. Es decir, cuando acudes a un tercero es porque se busca que satisfaga una necesidad con un bien/servicio, no obstante, esa tercera parte no proporciona ningún tipo de garantía de que mediando no se produzca ningún tipo de ineficiencia, como si vio Nakamoto (2008) en los sistemas financieros mundiales. Las DLT mediante los Smart Contracts buscan eliminar estas terceras partes que, a veces, resultan ineficientes. Esto a nivel empresarial resulta bastante atractivo ya que significa disminuir costes, ahorrar tiempo y en algunos casos hasta recursos. Además, ligando esta eliminación de intermediarios junto a la automatización de procesos y con los registros de las bases de datos se puede apreciar que en estos casos es mucho más difícil desconfiar de terceros si los tuviese que haber, por ejemplo, en los casos de los oráculos, ya que todo queda registrado y validado por los nodos. De igual manera la eliminación de terceros en operaciones proporciona más autonomía a una empresa, tanto a la hora de operar como de sus datos ya que mediante esta eliminación no tendría que ceder parte de su información, también aumenta la rapidez de las transacciones.

3.4. Financiación

Ampliando la visión de las empresas con respecto a esta nueva tecnología de cadena de bloques se va a las mejoras a nivel de financiación. Bien es sabido que en la actualidad la financiación que puede tener una empresa es diversa, no obstante, solicitar esta financiación conlleva unos gastos cuantiosos ya sea de comisiones como también de preparación del plan de financiación. Esto puede suponer una traba para una empresa no muy grande a la hora de financiarse de manera externa ya que es posible que debido a factores externos a la empresa el préstamo sea rechazado. Todo esto puede cambiar con la aplicación de las DLT.

En el caso de que una empresa perteneciente a una DLT solicite un crédito o financiación, en vez de acudir a las entidades de financiación y pasar un proceso lento y con altas tasas, lo que se puede hacer es solicitar el préstamo dentro de la propia red distribuida. Una vez hecho esto son estas empresas las que decidan si otorgar o no el crédito y, en caso afirmativo, que cantidad otorgar. A continuación, se va a explicar cómo funcionan estos sistemas de financiación según Tapscott and Tapscott (2017). Toda operación de financiación solicitada por una empresa y a su vez las devoluciones de dicho préstamo quedan registrados. Se sabe que en un sistema distribuido es la clave pública la que aparece en la cadena bloques y mediante esta clave no se puede reconocer al solicitante, pero si se puede ver si ha solicitado más préstamos, las cuantías de estos y si se han

devuelto o no. Por lo tanto, se va a tener el historial de pagos del solicitante. Esto podría suponer un problema para algunas empresas pero de esta manera se incentiva a la confianza entre los usuarios, si una empresa con un historial de devolución de préstamos impoluto solicita otro préstamo va a poder negociar tipos impositivos bajos ya que tiene poco riesgo de morosidad, en cambio, una empresa sin historial de préstamos o con un historial de préstamos conflictivo a la hora de pedir préstamos tendrá que soportar tipos impositivos más caros. De esta manera se beneficia la empresa que realiza estos pagos adecuándose a lo estipulado en los Smart Contracts y, por otra parte, las empresas ven como ese dinero les va a generar un rendimiento que de otra forma no lo haría. Una vez más el sistema muestra que los integrantes de la red que se comporten de manera fiable van a ser recompensados, esta vez con tipos impositivos menores o con rendimientos en su dinero.

Todo esto podría ser poco relevante para empresas con pocos problemas de financiación, pero para las start-up y PYME podría resultar una nueva forma de conseguir la financiación necesaria para nuevos proyectos o planes de crecimiento.

4. El sector naval

El sector naval, tanto a nivel internacional como a nivel nacional, presenta bastante relevancia con respecto al volumen monetario manipulado y los puestos de trabajos que se crean, no obstante, muestra ineficiencias, las cuales se pueden solucionar mediante las DLT. Con el fin de simplificar la obtención de información y debido a la complejidad del sector naval este trabajo se va a centrar en presentar el sector naval español. El sector naval español es fuente de 70.000 puestos de empleo y, además, genera 7.500 millones de euros de facturación anual (Gobierno de España: Plan de recuperación, transformación y resiliencia, 2022). Es importante destacar que, la presencia de astilleros en España es numerosa, provocando que tengan gran peso en la creación de empleo de forma directa, además, fomenta la aparición y solidificación de otras empresas que dediquen su actividad comercial a satisfacer necesidades de bienes o servicios a los astilleros, como se puede apreciar en la figura 4.1.

Figura 4.1: NÚMERO DE EMPRESAS QUE TIENEN RELACIÓN CON LA INDUSTRIA NAVAL



Fuente: Gobierno de España: Plan de recuperación, transformación y resiliencia (2022)

Esto junto carácter global y cíclico del sector hace ver como en las zonas de influencia del sector naval tiendan a especializarse cada vez más para así poder satisfacer las necesidades demandadas. Además, este carácter cíclico en los astilleros provoca periodos prolongados de aumentos de puestos de trabajo, debido a la complejidad de las obras y la organización de estas (Ministerio de Industria y Comercio, 2019). Por lo tanto, el sector naval español es una gran apuesta de industria en la actualidad del país.

No obstante, el sector de construcción y reparación de buques español se enfrenta a retos con el fin de poder afrontar las nuevas necesidades del futuro. Estos retos pasan desde la adopción de avances tecnológicos, sostenibilidad de los astilleros y cualificación de los empleados con el fin de tener una industria altamente cualificada. Estos retos son

una muestra de la carencia actual de los astilleros españoles y, a su vez, un camino a seguir para poder adaptarse al mercado globalizado en el cual operan. A continuación, se va a explicar de manera breve los astilleros españoles.

4.1. Los Astilleros

Los astilleros son las empresas principales que conforman el sector naval español, estos pueden ser de reparación y modificación o de construcción dependiendo de las funciones que se desempeñen en ellos. Los astilleros de reparación y modificación como propiamente se indican las empresas que se dedican a reparar y/o modificar las embarcaciones, mientras que los astilleros de construcción empeñan sus recursos en empezar embarcaciones o buques desde cero, es decir, desde la creación del plano hasta la entrega del barco totalmente funcional. Estos tipos de astillero discrepan mucho entre sí, ya que los proyectos que se realizan en construcción suelen ser largos y estáticos y las obras de los astilleros de reparación suelen tener un periodo corto-medio y suelen ser más dinámicas (Couzo et al., 2018). No obstante, ambos astilleros disponen de los mismos departamentos a la hora de llevar su actividad productiva, es por eso por lo que, en primera instancia, se van a presentar los diferentes departamentos pertenecientes a un astillero

4.1.1. Departamentos

Producción

Supervisa y coordina las labores de reparación o construcción de los buques. En este departamento se cuenta con diferentes gremios o subdepartamentos para poder facilitar las labores de producción.

- Acero: gestión y coordinación de los trabajos de acero, además de logística y control de su almacén.
- Ajuste: gestión y coordinación de los trabajos de ajuste, además de logística y control de su almacén.
- Tubería: gestión y coordinación de los trabajos de tubería, además de logística y control de su almacén.
- Calidad: evaluar y controlar la calidad de los trabajos según unos estándares dados, ya sea por un inspector externo como por las normas de calidad de la propia empresa.
- I+D+i: elaborar proyectos de investigación y desarrollo dentro de la empresa para permanecer actualizados.
- Oficina técnica: elaboración y comprobación de planos técnicos.
- Servicios: gestión y coordinación de los trabajos de servicios para las obras.
- Mantenimiento: gestión y coordinación de los trabajos de mantenimiento de las instalaciones del astillero.

Compras y Subcontratación

Encargado de supervisar, coordinar y controlar las compras y subcontrataciones para poder realizar la actividad productiva del astillero.

Comercial

Supervisa y controla las ofertas de reparación o construcción de barcos con el fin de maximizar las infraestructuras.

Financiero

Supervisa y controla los costes, ingresos y financiación de la empresa para disponer de un balance de cuentas adecuado.

Prevención de Riesgos Laborales

Se encarga de supervisar y controlar sistemas de prevención de riesgos laborales tanto en el astillero como a bordo de los buques.

IT

Su objetivo es supervisar y gestionar el correcto funcionamiento de los sistemas tecnológicos del astillero.

Recursos Humanos

Supervisa y controla el capital humano dentro de los astilleros y sus obras.

Cada uno de estos departamentos es una pieza clave para poder llevar a cabo la actividad principal de los astilleros, no obstante, estos también presentan complicaciones o ineficiencias a la hora de actuar. Muchas veces se incurre en el coste de estas ineficiencias por la imposibilidad de mejorar recursos, ya sean monetarios o físicos, pero también, en muchos casos se incurren en costes por la dificultad de encontrar otra solución. Es por esto que este estudio se va a centrar en la aplicación de estas tecnologías en los diferentes departamentos de un astillero para así ver reducido sus costes, ya sea en tiempo, unidades monetarias o recursos.

4.2. Ineficiencias

Todas las empresas tienen que saber sobrevivir y convivir con ineficiencias, ya que muchas veces estas no se pueden controlar o mitigar, el problema viene cuando estas ineficiencias se pueden reducir o eliminar, pero al no hacerse se incurriendo en un sobrecoste. Las ineficiencias que pueden producirse en un astillero son numerosas, no obstante, se van a recalcar aquellas que se creen más relevantes para este estudio.

- Producción: mala estimación de presupuestaciones que deriven en escasos márgenes o incluso pérdidas.
 - Acero, Ajuste y Tubería: control del almacén y material en talleres.
 - Calidad: excesivo papeleo y falta de control ante modificaciones posteriores.
 - I+D+i: control de la eficacia de la innovación.

- Oficina técnica: control de actualización de planos.
- Servicios: control monetario de los recursos utilizados.
- Mantenimiento: imposibilidad de prever problemas.
- Compras y Subcontratación: excesivo control de fechas y renegociación de contratos.
- Comercial: reducción de presupuestos que lleve a reducciones de beneficios e incluso llegar a incurrir en pérdidas.
- Financiero: falta de comunicación interdepartamental y, en caso de necesitarse, obtención de financiación externa.
- Prevención de Riesgos Laborales: falta de control minucioso de ciertos sistemas contra prevención de riesgos.
- IT: pérdidas de información debido a problemas informáticos.
- Recursos Humanos: excesivo papeleo que puede ralentizar la entrada de personal a la empresa.

El objetivo de este trabajo es aplicar las DLT a los diferentes departamentos de un astillero para poder mejorar estas ineficiencias. En esto nos centraremos en el siguiente capítulo de este trabajo.

5. Implementación de las DLT en los Astilleros

Son numerosos los estudios que muestran la aplicación de las tecnologías Blockchain en ámbitos industriales, transporte marítimo o financieros. No obstante, son pocos los que hablan de aplicar este tipo de tecnologías a grupos empresariales tan focalizados en una actividad. Es por eso por lo que en este ensayo se va a presentar los diferentes tipos de aplicaciones que puede tener esta tecnología distribuida en un astillero para así mitigar ineficiencias. Para ello se va a separar por grupos la manera en la cual la tecnología distribuida puede ser aplicada.

5.1. Almacenes

Los almacenes son una pieza clave en la actividad productiva de un astillero, ya que proporciona de materias primas a varios gremios como pueden ser acero, tubería, calderería, ajuste. No obstante, también es uno de los puntos más conflictivos a la hora de ser gestionados, esto es así por la alta complejidad que tiene su manejo. Es necesario conocer el nivel óptimo de almacenaje, para no incurrir en costes extras ni tener un suministro escaso. A su vez, es muy común necesitar material de una calidad y características bastante específicas, esto dificulta el nivel de anticipación del almacén, por lo que es necesario tener una gran variedad de mercancías almacenadas. Esto genera que tenga que haber un gran control sobre las entradas y salidas del almacén para de este modo evitar el deterioro de mercancías, debido al tiempo y condiciones de almacenaje. Esto ligado a a su vez con tipo de obra que se vaya a ejecutar y los plazos, hacen que la logística y control de almacén se vuelve cada vez más compleja.

En este contexto las DLT puede ayudar a mitigar estos problemas, ya que gracias a la implementación de esta tecnología en un almacén se puede controlar tanto inputs como outputs de forma automática (Sharma et al., 2021). Es verdad que esto incurría en un mayor gasto de infraestructura, pero no obstante se obtendrían más ventajas de una base de datos inmutable en la cual se sepa de que se dispone y de que no, además, de registrar tanto entradas como salidas de material (Tripathy et al., 2020). Un ejemplo de implementación lo tenemos mediante una relación con un proveedor que implemente también las tecnologías DLT, de tal forma que participen ambas empresas en la misma red. Por lo tanto, la empresa proveedora tendría que colocar una etiqueta electrónica/etiqueta con tecnología NFC en cada uno de los productos, de tal forma que en el momento de la entrega tendrán que ser registradas en la red y colocados. Para llevar acabo esta logística el astillero en su almacén dispondría de un receptor de señales que capte que ha entrado, cuando ha entrado y además la información que puede obtener de la red DLT, como puede ser tipo de material, especificaciones, ficha calidad, numero de pedido propio, etc. De la misma manera el astillero dispondría de una base de datos automática e inmutable de los productos almacenados. Si se quisiera dar un paso más y controlar también los materiales utilizados por los barcos se podría poner otro receptor de señales en el mismo barco o en el muelle/dique en el que se encuentre el buque, de esta manera se podría asegurar al armador la cantidad de material utilizada en la obra

del buque para así luego no tener problemas de pagos.

5.2. Contratos

La actividad de reparación o construcción del sector naval dispone de una gran cantidad de contratos que aumentan el coste tanto de control, como el monetario. Como se ha presentado en el apartado de los Smart Contracts, este tipo de contratos reducen estos costes al autoejecutarse. Como en cualquier empresa de índole industrial los contratos que se realizan son bastante numerosos, no obstante, se podría diferenciar estos contratos en dos grandes grupos, los contratos de obra y los contratos periódicos.

5.2.1. Contratos de Obra

Los buques antes de entrar al astillero tienen que firmar un contrato con ciertas cláusulas, como tiempo de estancia, penalización ante retrasos, trabajos a realizar, presupuesto de estos trabajos. Todo esto mediante un sistema tradicional de contrato conlleva un control por parte tanto del armador como del astillero, no obstante, mediante las DLT y los Smart Contracts, todo esto se puede automatizar, si es necesario con un oráculo y si toda la información se obtiene de la red, sin él. Esto tendría un trabajo de previo de discusión en el cual dejar todas las cláusulas bien apalabradas, pero en el momento de tener todo firmado los trabajadores solo se tendrían que centrar en aspectos técnicos de la reparación o construcción del buque, ahorrando dinero y tiempo al armador a la vez que ahorra tiempo al astillero y de esta forma se podría maximizar la utilización de sus infraestructuras, como diques y muelles (Garrocho et al., 2019).

5.2.2. Contratos Periódicos

Mucha de la industria auxiliar se adapta al volumen de trabajo requerido en cada momento, es por eso por lo que muchas veces se habla de la periodicidad de estos contratos, ya que, aunque no tienen por qué permanecer todo un año comercial contratados es muy posible que se les contrate varias veces en un mismo año. Es verdad que con respecto a contratos de trabajo o de trabajadores se debería de cambiar dependiendo de las negociaciones, si los trabajos van a ser por horas o por presupuesto, no obstante, si a una empresa siempre se la contrata por trabajos por horas es fácil poder automatizar estos pagos entre empresas ya que mediante una informatización moderna y funcional se podría tener a cada uno de los trabajadores con su ficha en una base de datos inmutable y mediante tarjetas inteligentes y receptores NFC en diferentes puntos del astillero se podría saber las horas trabajadas por ellos, la situación de estos y además así realizar pagos efectivos. De esta manera se podría agilizar el proceso y ahorrar costes de control al astillero (Karagoz Zeren and Demirel, 2020; Tan et al., 2021).

De igual manera otro tipo de contratos periódicos son los de los activos que puede obtener una empresa mediante alquiler, la forma de automatizar estos contratos es bastante más fácil ya que solo se tendría que poner especial atención a la redacción y firma del Smart Contract, pero una vez realizado esto tanto pagos como control de este se harían de forma automática reduciendo costes para el astillero.

5.3. Calidad

También se puede encontrar una nueva forma de aplicar estos contratos a otros ámbitos como son las inspecciones de calidad, todo astillero cuenta con un experto en calidad el cual su trabajo consiste en pasar las inspecciones tanto de manera interna como de cara al armador, para así asegurar unos estándares óptimos de calidad. Uno de los mayores problemas de pasar las inspecciones de calidad es la poca modernización que se tiene de ello, ya que usualmente van el experto por parte del armador y por parte del astillero, y si ambos acuerdan que los estándares de calidad son adecuados firman un documento, el cual es una forma legal de aceptación y por lo tanto vinculante. Esto tiene relevancia a posteriori como, por ejemplo, para garantía de piezas y responsabilidades en caso de malos funcionamientos. Uno de los mayores problemas de esto, es el papeleo que implica a nivel interno, además genera un coste doble de almacenamiento ya que el papel se conservara tanto físicamente como digitalmente. Tapscott and Tapscott (2017) hablan de una forma de aplicar la tecnología Blockchain a las personas físicas y la reputación de estas, esto se puede extrapolar a los inspectores.

Nuevamente se va a suponer que todos los participantes en estas actividades participan en una misma red. En esta red cada uno de los miembros o personas físicas, y las empresas van a ser un nodo o usuario, cada uno de estos nodos va a tener un nivel de reputación dado que será el máximo alcanzable. A medida que una vez hecha una inspección y ocurran fallos de calidad justificables el nivel de reputación del profesional baja, lo que repercute en su credibilidad como inspector de calidad. En este contexto, tanto los profesionales como las empresas tendrán incentivos a mantener la mayor puntuación posible ya que esto se puede ver como una medida eficiencia. Hay que tener en cuenta la objetividad de este proceso de valoración de los profesionales, ya que al quedar registra todo en la base de datos descentralizada e inmutable, el temor a equivocarse es mínimo (Tapscott and Tapscott, 2017).

De igual manera, las DLT se podrían utilizar en las inspecciones calidad como un contrato. De esta manera solo habría que estandarizar un contrato inteligente, en el cual solo se tenga que cambiar la pieza, estructura o zona que de debe de inspeccionar, que si se firma, el oráculo sería el encargado de guardar y custodiar ese contrato hasta su vigencia, y queda registrado en la base de datos de todos los nodos. La base de datos registraría quien ha firmado el documento, el tipo de documento y cuando se ha firmado, de esta forma no habría error posible. Esto ligado con el tema reputación vincularía los contratos con los nodos firmantes, y ante cualquier ausencia o presencia de un incidente quedaría registrado. De esta manera los astilleros o empresas de calidad obtendrían un incentivo, por el cual sus trabajadores sean más exhaustivos al pasar estas inspecciones. Además, los propios inspectores tendrían una carta de presentación que avale su trabajo y a su vez les pueda dar valor como profesionales y, también, para la empresa le supondría un ahorro de papeleo y almacenaje duplicado.

5.4. I+D+i

El departamento de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) se encarga entre otras cosas de dirigir y controlar proyectos que supongan una innovación, ya sea a nivel productivo como a nivel técnico dentro de los barcos. Como en todo ámbito una innovación supone una mejora en cualquiera de las cualidades presentadas previamente por el artífice o proceso innovado. Obviamente el creador o creadores de esta innovación

presenta unos datos que cuantifiquen que su modificación o invento ha mejorado su rendimiento con respecto su antecesor. Normalmente estas pruebas se realizan tanto en entornos controlados como en entornos reales de las piezas o artilugios a testear.

En ámbitos como el de los astilleros en los cuales se aplican productos o artefactos ideados por terceros, pero instalados por el propio equipo del astillero es posible que esa mejora no se transfiera de manera total, ya que hay variables exógenas a la instalación que pueden producir una disminución de la eficiencia del producto y que no tienen por qué deberse a una mala instalación del producto. Es posible mediante una DLT y la IoT controlar la eficiencia de ese producto con respecto a su antecesor para así de esta manera monitorizar su rendimiento real. De esta manera se podría registrar en una red inmutable los rendimientos del artefacto con actividad innovadora y de esta manera generar una base de datos fiable que sirva a la empresa creadora como símbolo de eficiencia. Por otra parte, a los astilleros les serviría como muestra de eficiencia de los proyectos elegidos y aplicados, es decir, al igual que con el departamento de calidad se podría ver su fiabilidad con respecto a cómo se aplican estos proyectos (Duy et al., 2018; Zheng et al., 2018).

Se podría hablar también de contratos inteligentes con respecto a la innovación aplicada, en proyectos en los cuales se pueda cuantificar mediante IoT las variables a mejorar por el producto. De esta manera se puede acordar que, si la eficiencia es mayor que un tanto por ciento dado, un porcentaje del ahorro económico generado por la innovación se va a pagar al astillero, si la eficiencia se encuentra entre dos parámetros dados no se paga nada y si la eficiencia es menor que un tanto por ciento será el astillero el que pague a la naviera o dueño del buque un porcentaje del ahorro no generado por la innovación implementada (Czachorowski et al., 2019; Zheng et al., 2018). De esta manera tendríamos una red en la cual se podría apreciar la eficiencia de una misma innovación en diferentes navíos, de diferentes tipos de innovación en la misma clase de un navío y los diferentes datos que se pueden extraer de una base de datos descentralizada. De igual manera mediante este método se vuelve a mostrar que habría incentivos a realizar las actividades correctamente, ya que de esta manera se vería recompensado todos los nodos participantes.

5.5. Riesgos Laborales

El departamento de prevención de riesgos laborales o Human Health Risk Resources se encarga de garantizar y controlar la seguridad de los trabajadores y de la industria auxiliar que opera en el astillero. Además, presenta otras funciones como el control de residuos y otras cuestiones medioambientales como vigilancia de residuos químicos en el agua, generación de CO₂, etc. Una de las mayores problemáticas a la hora de poder gestionar eficientemente el departamento de prevención de riesgos laborales es la cuantificación de las medidas seguidas por el astillero para prevenir tantos riesgos laborales como posibles problemas medioambientales. Es posible implantar las tecnologías DLT en estos departamentos para de esta manera poder dar más credibilidad y veracidad a los datos dados a conocer por el astillero. La manera más indicada sería nuevamente generando una IoV mediante una IoT implementada en maquinaria industrial. Una forma sería conectar filtros que midan el nivel de gases en talleres o zonas de barcos que funcionen como talleres para de esta forma tener una documentación fiable de las condiciones en las que trabaja el personal del astillero. Estos datos irían ligados a la DLT mediante un oráculo que puede o bien solo proporcionar estos datos para poder evaluar un nivel de seguridad laboral dado o incluso se podría ligar estos datos a los trabajadores

que estén en estas áreas para de esta manera poder retribuirles de alguna manera esta exposición que se les está generando mediante una compensación económica. Esto se podría implementar también con medidores de ruido, calidad del aire y temperatura, entre otros sistemas (Guo et al., 2020; Jeoung et al., 2022). De esta manera se podrían eliminar intermediarios que hagan auditorías de ambientes laborales.

De la misma manera se podría controlar el impacto medioambiental del astillero mediante sensores, como por ejemplo, químicos en el dique a la hora de drenar el agua al mar o de la misma manera hacer un estudio de cómo afecta los días de pintura al medioambiente dependiendo de la altura del barco, tipo de pintura y velocidad y dirección del viento para así poder autogenerar una indemnización económica que se dirija al organismo competente de la zona (Rivera et al., 2017; Zhang, 2019). De esta forma se podría ver una empresa responsable con el medioambiente y la comunidad a la que pertenece que se hace cargo de las externalidades negativas que provoca su actividad productiva.

Por lo tanto, una vez más mediante la automatización de procesos se eliminan nuevamente intermediarios, haciendo que el coste del departamento disminuya de igual manera. Además, se vuelve a poner en importancia una red donde se genera confianza ya que es inmutable y una vez que los datos se registran no se pueden cambiar, de tal manera que una empresa que posee una red IoV ligada a una DLT o Blockchain fiable generará una base de datos con la suficiente veracidad para saber si una empresa está haciendo un buen trabajo con respecto a su departamento de prevención de riesgos laborales.

5.6. Oficina Técnica

La oficina técnica se encarga de elaborar, revisar e inspeccionar los planos pertinentes de las construcciones navales, instalaciones y equipamientos de los astilleros, para de esta forma poder realizar los trabajos pertinentes sin ningún tipo de dificultad. El trabajo de este departamento es muy relevante a nivel productivo ya que se debe de cerciorar de que las escalas y las medidas de los planos son las adecuadas para el correcto funcionamiento de la construcción o reparación naval.

La persona encargada de elaborar estos planos tiene una responsabilidad legal bastante elevada ya que es su firma la cual certifica que ese plano esta revisado y según su criterio es correcto. Esto quiere decir que si los planos no se revisan o no se realizan correctamente tiene bastante responsabilidad si algo no sale correctamente. Ligando esto con el apartado de los NFT se puede ver como se pueden crear planos que vinculen vitaliciamente al autor con la obra (Wang et al., 2021), de otra forma al ser un elemento único constaría de más valor ya que no se puede falsificar ni modificar sin que quede constancia de ello. Al igual que en obras de construcción es posible que a medida que avance la obra y surjan problemas el plano se tenga modificar, mediante los NFT se podría ver quien modifica estos planos y en que se ha modificado para de esta forma poder ser más conscientes de los cambios ya que se quedan registrados con fecha y hora.

De igual manera se podría implementar una base de datos conjunta descentralizada en la cual en un mismo proyecto se depositen todos los planos, quedando registrado quien los deposita y en qué fecha para de esta forma tener siempre planos actualizados de la obra y no cometer errores por de falta de información técnica.

6. Conclusiones

A raíz de lo estudiado en la sección anterior, y tras la experiencia laboral adquirida en los astilleros de reparación de buques, se puede concluir lo siguiente de la aplicación de las redes DLT en ámbitos del sector naval:

- **Reduce costes:** la reducción de costes está implícito en los criterios por los cuales se crearon las Blockchain, no obstante, resulta interesante poder ver como esta reducción de costes va más allá de la eliminación de intermediarios financieros. Esto se traduce en reducción de tiempo en tareas que se pueden automatizar, en reducción de papeleo doble o incluso en tiempos de búsqueda o de archivado de información, como se ha estudiado en los casos de aplicación de los diferentes departamentos.
- **Aumenta seguridad:** esto se ve expresado tanto a nivel de la veracidad de la información, como a nivel de inmutabilidad de esta. Es decir, si se consigue una red la cual fomente correctamente la honestidad de los nodos se va a poder confiar en la información, esto ligado con lo anterior también reduce costes, ya que se dejaría de recurrir a terceros u organismos verificados para ciertos tipos de información como pueden ser los certificados de calidad. Además, la información depositada en la DLT al estar cifrada mediante el sistema de dos claves, como se ha visto anteriormente, es imposible que se descubra sin ellas, por lo tanto, se ve como la propia información almacenada en la red no es susceptible de ser robada por terceros.
- **Aumenta autonomía de las empresas:** mediante la tecnología descentralizada aumenta la autonomía de las empresas con respecto a organismo centralizadas, como pueden ser en el caso de España las entidades públicas. Si bien es verdad que normalmente proporcionar esta información a estas entidades facilita trámites administrativos también disminuye la privacidad empresarial.
- **Mejora financiación:** como ya se ha enunciado mediante las DLT se podría acceder a financiación de terceros en la propia red para así, de esta forma, quitar a los intermediarios financieros y, en caso de alto fiabilidad de pago, reduciendo costes derivados de intereses.
- **Agiliza pagos:** como se ha visto mediante una red con TPS alto y un tiempo de confirmación bajo, se podría agilizar la adición de bloques o nuevas transacciones, y como la DLT no entiende de regiones geográficas solo de nodos pertenecientes a la red se podrían realizar intercambio de información y/o criptomonedas de manera más rápido que de forma convencional.
- **Automatiza procesos:** es una de las claves para el presente y el futuro de la aplicación de estas redes. La automatización se puede realizar mediante la firma de Smart Contracts, que hacen que los contratos se autoejecuten según unas cláusulas previas programadas. Además, mediante una cooperación entre empresas y sensores especiales quedaría todo registrado en una base de datos descentralizada e inmutable, lo que haría que se pudiera agilizar el trabajo de almacenes, control de material e inventario.

Es por esto por lo que las Distributed Ledger Technology representan el futuro de las empresas, en especial la de los astilleros ya que son empresas con bastante nivel de especialización y por lo general altos costes ya sean variables como fijos. Mediante la instalación de estas tecnologías descentralizadas se podría reducir costes, aumentar el control e incluso mejorar la situación financiera.

7. Limitaciones

A pesar de las numerosas ventajas que posee la aplicación de las DLT en una empresa industrial como es en este caso los astilleros, también posee inconvenientes en su utilización o aplicación, como se van a presentar a continuación:

- **Complejidad:** si bien en este informe se ha intentado explicar de manera global en funcionamiento de las DLT y su aplicación, es importante expresar que se han dejado numerosas variables a tener en cuenta que dificultan la aplicación de estas redes descentralizadas para personas no expertas en el tema.
- **Confianza:** ya sea por los casos de estafas con respecto a las criptomonedas o su poderoso nivel especulativo sería difícil una primera red que englobase el total de las empresas de un mismo nicho o región. No obstante, cabe destacar que hay empresas que están trabajando en la aplicación de este tipo de redes en todo tipo de empresas, ya sean PYME o grandes empresas, un gran ejemplo de ello es Alastria.io.
- **Utilización de recursos:** una de las mayores críticas de la sociedad a este tipo de tecnologías es su utilización de recursos energéticos, ya que bien es sabido que mediante las PoW se debe de tener una gran capacidad de minado y de disco duro. No obstante, mediante otro tipo de algoritmo esta utilización de recursos se reduce, pero aun así es grande.
- **Tiempo de adaptación:** si bien se ha hablado de tipos de implementaciones de estas tecnologías en la vida real hay que tener en cuenta que la implementación y el correcto funcionamiento de este tipo de adaptaciones va a llevar un tiempo y con ello unos costes en los que va a tener que incurrir una empresa para el beneficio de las demás.
- **Volatilidad de las criptomonedas:** como se ha presentado previamente las criptomonedas son ahora mismo un activo especulativo el cual tiene alta volatilidad, una red ligada a una de estas monedas puede causar un nivel de confianza incierto en las empresas ya que si bien coges periodos de expansión de la moneda resultaría satisfactorio económicamente, no obstante, si coges periodos recesivos podrías perder hasta la mitad de tu valor por la especulación.

Se puede apreciar que esta tecnología posee inconvenientes, sin embargo, comparándolo con las ventajas que ofrece son escasos. Por lo tanto, empezar a adoptar este tipo de tecnologías en astilleros es un paso hacia al futuro muy importante. Como toda adopción de un nuevo sistema en una estructura empresarial conllevará unos costes altos, no obstante, mediante este tipo de tecnologías descentralizadas se puede ver recuperada la inversión rápidamente.

Bibliografía

- Al-Breiki, H., M. H. U. Rehman, K. Salah, and D. Svetinovic (2020). Trustworthy blockchain oracles: review, comparison, and open research challenges. *IEEE Access* 8, 85675–85685.
- Alharby, M., A. Aldweesh, and A. Van Moorsel (2018). *Blockchain-based smart contracts: A systematic mapping study of academic research (2018)*. In 2018 International Conference on Cloud Computing, Big Data and Blockchain (ICCB), pp. 1–6. IEEE.
- Alkhateeb, A., C. Catal, G. Kar, and A. Mishra (2022). *Hybrid blockchain platforms for the internet of things (iot): A systematic literature review*. *Sensors@*(4), 1304.
- Ante, L. (2021). *Smart contracts on the blockchain—a bibliometric analysis and review*. *Telematics and Informatics* (57), 101–519.
- Bentov, I., C. Lee, A. Mizrahi, and M. Rosenfeld (2014). *Proof of activity: Extending bitcoin's proof of work via proof of stake [extended abstract] y*. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review@*(3), 34–37.
- Boluda, I. K. and A. H. Fernández (2013). *De la web 2.0 a la web 3.0: antecedentes y consecuencias de la actitud e intención de uso de las redes sociales en la web semántica*. *Universia Business Review* (37), 104–119.
- Caro, M. P., M. S. Ali, M. Vecchio, and R. Giaffreda (2018). *Blockchain-based traceability in agri-food supply chain management: A practical implementation*. In 2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany), pp. 1–4. IEEE.
- Chen, Y. (2018). *Blockchain tokens and the potential democratization of entrepreneurship and innovation*. *Business horizons@*(4), 567–575.
- Chohan, U. W. (2017). *A history of bitcoin*. Available at SSRN 3047875.
- Codina, L. (2009). *¿ web 2.0, web 3.0 o web semántica?: el impacto en los sistemas de información de la web*. In I Congreso Internacional de Ciberperiodismo y Web, Volume 2.
- Cong, L. W. and Z. He (2019). *Blockchain disruption and smart contracts*. *The Review of Financial Studies@*(5), 1754–1797.
- Couzo, M. R., R. M. Abeal, M. Q. Pazos, A. G. del Valle, M. C. Fernández, and D. C. Pereira (2018). *El astillero 4.0: modelado y simulación del astillero de navantia-ferrol*. *Ingeniería naval* (966), 74–80.
- Craig, J. (2021). *What is transactions per second (tps): A comparative look at networks*.
- Czachorowski, K., M. Solesvik, and Y. Kondratenko (2019). *The application of blockchain technology in the maritime industry*. In *Green IT Engineering: Social, Business and Industrial Applications*, pp. 561–577. Springer.
- Di Pierro, M. (2017). *What is the blockchain?* *Computing in Science & Engineering@*(5), 92–95.

- Duy, P. T., D. T. T. Hien, D. H. Hien, and V.-H. Pham (2018). *A survey on opportunities and challenges of blockchain technology adoption for revolutionary innovation*. In *Proceedings of the ninth international symposium on information and communication technology*, pp. 200–207.
- Freni, P., E. Ferro, and R. Moncada (2020). *Tokenization and blockchain tokens classification: a morphological framework*. In *2020 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)*, pp. 1–6. IEEE.
- García Aretio, L. (2014). *Web 2.0 vs web 1.0*.
- Garrocho, C. T. B., C. M. S. Ferreira, A. S. S. Júnior, C. F. M. da Cunha Cavalcanti, and R. A. R. Oliveira (2019). *Industry 4.0: Smart contract-based industrial internet of things process management*. In *Anais Estendidos do IX Simposio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais*, pp. 137–142. SBC.
- Gobierno de España: *Plan de recuperación, transformación y resiliencia (2022). Proyectos estratégicos para la recuperación y transformación económica (perte) para la industria naval*.
- Gourisetti, S. N. G., M. Mylrea, and H. Patangia (2019). *Evaluation and demonstration of blockchain applicability framework*. *IEEE Transactions on Engineering Management*(4), 1142–1156.
- Grange, E. (2016). *Mesh world p2p simulation hypothesis*. DelphiTools. Available at [https://www.delphitools.info/DWSH/\(25/01/2020\)](https://www.delphitools.info/DWSH/(25/01/2020)).
- Guo, S., X. Sun, and H. K. Lam (2020). *Applications of blockchain technology in sustainable fashion supply chains: operational transparency and environmental efforts*. *IEEE Transactions on Engineering Management*.
- Jeoung, J., S. Jung, T. Hong, and J.-K. Choi (2022). *Blockchain-based iot system for personalized indoor temperature control*. *Automation in Construction* 140, 104339.
- Kambil, A. (2008). *What is your web 5.0 strategy?* *Journal of business strategy*(6), 56–58.
- Karagoz Zeren, S. and E. Demirel (2020). *Blockchain based smart contract applications in tourism industry*. In *Digital business strategies in blockchain ecosystems*, pp. 601–615. Springer.
- Latorre, M. (2018). *Historia de las web, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0*. universidad marcelino champagnat.
- Li, C., P. Li, D. Zhou, W. Xu, F. Long, and A. Yao (2018). *Scaling nakamoto consensus to thousands of transactions per second*. *arXiv preprint arXiv:1805.03870*.
- Madakam, S., V. Lake, V. Lake, V. Lake, et al. (2015). *Internet of things (iot): A literature review*. *Journal of Computer and Communications*(05), 164.
- Ministerio de Industria y Comercio (2019). *Agenda sectorial de la industria naval*.
- Mohanta, B. K., S. S. Panda, and D. Jena (2018). *An overview of smart contract and use cases in blockchain technology*. In *2018 9th international conference on computing, communication and networking technologies (ICCCNT)*, pp. 1–4. IEEE.
- Morris, R. D. (2011). *Web 3.0: Implications for online learning*.

- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.
- Pacheco Jiménez, M. N. (2019). De la tecnología blockchain a la economía del token. *Derecho PUCP* (83), 61–87.
- Pal, O., B. Alam, V. Thakur, and S. Singh (2021). Key management for blockchain technology. *ICT express*@(1), 76–80.
- Parmar, D. (2022). Las 8 mejores plataformas de blockchain para crear aplicaciones financieras modernas.
- Parrondo, L. (2018). Tecnología blockchain, una nueva era para la empresa. *RCD Revista de Contabilidad y dirección* (27), 11–31.
- Patel, K. (2013). Incremental journey for world wide web: introduced with web 1.0 to recent web 5.0—a survey paper. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*@(10).
- Puig, Á. (2017). Experiencias. identidad digital sobre «blockchain» a nivel nacional. *Icade: Revista de la Facultad de Derecho* (101), 8.
- Retamal, C. D., J. B. Roig, and J. L. M. Tapia (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía industrial* 405, 33–40.
- Rivera, R., J. G. Robledo, V. M. Larios, and J. M. Avalos (2017). How digital identity on blockchain can contribute in a smart city environment. In 2017 International smart cities conference (ISC2), pp. 1–4. IEEE.
- Sáenz, M. E. (2017). Contratos electrónicos autoejecutables (smart contract) y pagos con tecnología blockchain. *Revista de estudios europeos* (70), 69–97.
- Sharma, P., R. Jindal, and M. D. Borah (2021). Blockchain-based decentralized architecture for cloud storage system. *Journal of Information Security and Applications* 62, 102970.
- Shi, N. (2016). A new proof-of-work mechanism for bitcoin. *Financial Innovation*@(1), 1–8.
- Spasovski, J. and P. Eklund (2017). Proof of stake blockchain: performance and scalability for groupware communications. In *Proceedings of the 9th International Conference on Management of Digital EcoSystems*, pp. 251–258.
- Tan, W., H. Zhu, J. Tan, Y. Zhao, L. D. Xu, and K. Guo (2021). A novel service level agreement model using blockchain and smart contract for cloud manufacturing in industry 4.0. *Enterprise Information Systems*, 1–26.
- Tapscott, D. and A. Tapscott (2017). La revolución blockchain. *Descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Ediciones Deusto.
- Tripathy, R. P., M. R. Mishra, and S. R. Dash (2020). Next generation warehouse through disruptive iot blockchain. In *2020 International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA)*, pp. 1–6. IEEE.
- Truong, N. B., T.-W. Um, B. Zhou, and G. M. Lee (2018). Strengthening the blockchain-based internet of value with trust. In *2018 IEEE international conference on communications (ICC)*, pp. 1–7. IEEE.

- Velliangiri, S. and P. Karthikeyan (2020). Blockchain technology: challenges and security issues in consensus algorithm. In *2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*, pp. 1–8. IEEE.
- Wang, Q., R. Li, Q. Wang, and S. Chen (2021). Non-fungible token (nft): Overview, evaluation, opportunities and challenges. *arXiv preprint arXiv:2105.07447*.
- Wazid, M., A. K. Das, S. Shetty, and M. Jo (2020). A tutorial and future research for building a blockchain-based secure communication scheme for internet of intelligent things. *IEEE Access* 8, 88700–88716.
- Yang, D., C. Long, H. Xu, and S. Peng (2020). A review on scalability of blockchain. In *Proceedings of the 2020 The 2nd International Conference on Blockchain Technology*, pp. 1–6.
- Yang, R., R. Wakefield, S. Lyu, S. Jayasuriya, F. Han, X. Yi, X. Yang, G. Amarasinghe, and S. Chen (2020). *Public and private blockchain in construction business process and information integration*. *Automation in construction* 118, 103276.
- Zaghloul, E., T. Li, M. W. Mutka, and J. Ren (2020). Bitcoin and blockchain: Security and privacy. *IEEE Internet of Things Journal*@(10), 10288–10313.
- Zhang, D. (2019). Application of blockchain technology in incentivizing efficient use of rural wastes: a case study on yitong system. *Energy Procedia* 158, 6707–6714.
- Zhang, R., R. Xue, and L. Liu (2019). *Security and privacy on blockchain*. *ACM Computing Surveys (CSUR)*@(3), 1–34.
- Zheng, P., Q. Xu, Z. Zheng, Z. Zhou, Y. Yan, and H. Zhang (2021). *Meepo: Sharded consortium blockchain*. In *2021 IEEE 37th International Conference on Data Engineering (ICDE)*, pp. 1847–1852. IEEE.
- Zheng, Z., S. Xie, H.-N. Dai, W. Chen, X. Chen, J. Weng, and M. Imran (2020). *An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms*. *Future Generation Computer Systems* 105, 475–491.
- Zheng, Z., S. Xie, H.-N. Dai, X. Chen, and H. Wang (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International journal of web and grid services*@(4), 352–375.
- Zurdo, R. J. P. (2018). «blockchain»: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa. *bie3: Boletín IEEE* (10), 885–904.