



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Administración y Dirección de Empresas

APLICACIÓN DE BLOCKCHAIN PARA AUMENTAR LA
CONFIANZA EN LA EMISIÓN DE BONOS VERDES

Trabajo Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección de Empresas

AUTOR/A: Martínez Mora, Marta

Tutor/a: Baviera Puig, Tomás

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



APLICACIÓN DE BLOCKCHAIN PARA AUMENTAR LA CONFIANZA EN LA EMISIÓN DE BONOS VERDES

Marta Martínez Mora

Tutor: Tomás Baviera Puig

Trabajo Fin de Grado presentado en la Facultad de Administración y Dirección de Empresas de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Grado Universitario en Administración y Dirección de Empresas

Curso 2021-22

Valencia, 5 de Septiembre de 2022

Resumen

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de 2030 se necesitará una inversión adicional de 2,5 trillones de dólares por año. Para el progreso de dichos objetivos, la ONU promueve la inversión en bonos verdes, que actúan como instrumento de financiación alineados con estas metas climáticas globales.

La emisión de estos títulos de renta fija puede resultar compleja, pues consta de una gran variedad de etapas y partes interesadas, así como también de un compromiso financiero importante por parte de los inversores. A estas complicaciones se les une la dificultad para realizar un seguimiento de la aplicación de los fondos, es decir que los recursos invertidos se dediquen a la lucha efectiva contra el cambio climático y sus consecuencias.

En este contexto la aplicación de la tecnología *blockchain* supone una oportunidad estratégica para el lanzamiento de este tipo de títulos de deuda, ya que la implementación de esta tecnología reduce considerablemente los costes de emisión y los intermediarios, lo cual abre la puerta a inversores más pequeños. Por otro lado, dada la naturaleza de *blockchain*, se facilita la monitorización de la evolución de los proyectos y el seguimiento del impacto de los recursos invertidos, aportando así transparencia y credibilidad al proceso.

Así pues, en este TFG se estudia la brecha de financiación que existe para el cumplimiento de los ODS, resaltando los principales retos a los que se enfrenta esta financiación sostenible, entre ellos el *Greenwashing*. Después de este análisis de la financiación sostenible se presenta la propuesta del TFG, que integra diferentes tecnologías innovadoras como la tecnología *blockchain*, con el objetivo de incrementar la transparencia y trazabilidad de las emisiones de deuda sostenible.

Resum

L'Organització de les Nacions Unides (ONU) estima que per a complir els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) de 2030 es necessitarà una inversió addicional de 2,5 trilions de dòlars per any. Per al progrés d'aquests objectius, l'ONU promou la inversió en bons verds, que actuen com a instrument de finançament alineats amb aquestes metes climàtiques globals.

L'emissió d'aquests títols de renda fixa pot resultar complexa, perquè consta d'una gran varietat d'etapes i parts interessades, així com també d'un compromís financer important per part dels inversors. A aquestes complicacions se'ls uneix la dificultat per a realitzar un seguiment de l'aplicació dels fons, és a dir que els recursos invertits es dediquen a la lluita efectiva contra el canvi climàtic i les seues conseqüències.

En aquest context l'aplicació de la tecnologia *blockchain* suposa una oportunitat estratègica per al llançament d'aquesta mena de títols de deute, ja que la implementació d'aquesta tecnologia redueix considerablement els costos d'emissió i els intermediaris, la qual cosa obri la porta a inversors més xicotets. D'altra banda, donada la naturalesa de *blockchain*, es facilita el monitoratge de l'evolució dels projectes i el seguiment de l'impacte dels recursos invertits, aportant així transparència i credibilitat al procés.

Així doncs, en aquest TFG s'estudia la bretxa de finançament que existeix per al compliment dels ODS, ressaltant els principals reptes als quals s'enfronta aquest finançament sostenible, entre ells el *Greenwashing*. Després d'aquest anàlisi del finançament sostenible es presenta la proposta del TFG, que integra diferents tecnologies innovadores com la tecnologia *blockchain*, amb l'objectiu d'incrementar la transparència i traçabilitat de les emissions de deute sostenible.

Abstract

The United Nations (UN) estimates that in order to meet the Sustainable Development Goals (SDGs) by 2030 an additional investment of 2.5 trillion dollars per year will be needed. In pursuance of the progress of these objectives, the UN promotes the investment in green bonds, which could act as a financing instrument aligned with these global climate goals.

The issuance of these fixed income securities can be complex, as it involves a wide variety of steps and stakeholders, as well as a significant financial commitment from investors. In addition to these complications, monitoring the application of the funds is not an easy task, since stakeholders need to make sure that the resources invested are dedicated to the effective fight against climate change and its consequences.

In this context, the application of blockchain technology represents a strategic opportunity when launching this type of debt securities, since the implementation of this technology considerably reduces the costs of issuance and intermediaries, which opens the door to smaller investors. On the other hand, the nature of blockchain makes it easier for investors to monitor the evolution of the projects they invested on and have a follow-up of the impact of the resources invested, thus providing transparency and credibility to the process.

Therefore, this thesis studies the financing gap that is preventing the fulfillment of the SDGs, highlighting the main challenges that this sustainable financing faces, including *Greenwashing*. After this analysis of sustainable financing, the thesis main proposal is presented, which integrates different innovative technologies such as *blockchain* technology, with the aim of increasing the transparency and traceability of the issuance of sustainable debt.

Índice general

Resumen	I
Resum	II
Abstract	III
1. Introducción	1
1.1. Motivación personal	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodología	2
1.4. Asignaturas relacionadas	3
1.5. Orden documental	4
2. Marco Teórico	6
2.1. ODS y financiación sostenible	6
2.1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible	6
2.1.2. Análisis del progreso en el cumplimiento de los ODS	10
2.1.3. Retos en la financiación sostenible	12
2.1.3.1. Estado de la financiación para el desarrollo sostenible .	12
2.1.3.2. Greenwashing	15
2.2. Tecnologías de Libro Contable Distribuido	17
2.2.1. Definición	17
2.2.2. Blockchain	19
2.2.3. Aplicaciones de la tecnología Blockchain en el sector financiero .	22
3. Finanzas sostenibles y Blockchain	25
3.1. Análisis comparativo	25
3.1.1. Legal	25
3.1.2. Economía	26
3.1.3. Seguridad	27
3.1.4. Privacidad	27
3.2. Casos de éxito	30

4. Respuesta ante la falta de confianza en activos sostenibles: tokenización de bonos verdes	32
4.1. Modelo propuesto	33
4.1.1. Enfoques de la propuesta	35
4.1.1.1. Tokenización como representación de los activos	35
4.1.1.2. Utilización de Smart Contracts y DLT	36
4.1.1.3. Establecimiento de interoperabilidad	36
4.1.1.4. Facilitar múltiples métodos de pago	37
4.1.1.5. Integración de datos IoT en tiempo real	37
4.1.2. Partes interesadas	38
4.1.3. Arquitectura	39
4.1.4. Interfaz	41
4.2. Retos bonos verdes digitales	42
4.3. Resumen de la propuesta	44
5. Conclusiones	47
Bibliografía	49
A. Reflexión sobre la relación del TFG con los ODS	52

Índice de figuras

Figura 2.1. Objetivos de Desarrollo del Milenio	8
Figura 2.2. Objetivos de Desarrollo Sostenible	9
Figura 2.3. Número de personas en situación de pobreza extrema	11
Figura 2.4. Número y proporción de personas con déficit nutricional	12
Figura 2.5. Índice de precios de los alimentos FAO	13
Figura 2.6. Crecimiento del Producto Interior Bruto global	14
Figura 2.7. Impacto del COVID-19 en la financiación de los ODS	15
Figura 2.8. Crecimiento del mercado de bonos verdes	16
Figura 2.9. Razones por las que los inversores no entran en financiación sostenible	17
Figura 2.10. Relación entre los diversos términos	18
Figura 2.11. Número de usuarios de monederos de blockchain	20
Figura 2.12. Proceso de transacción en blockchain	20
Figura 3.1. Diferencias en la privacidad de los distintos modelos	28
Figura 4.1. Árbol de decisiones utilizado	34
Figura 4.2. Diagrama tokenización de activos	35
Figura 4.3. Relación entre las partes interesadas	39
Figura 4.4. Arquitectura a alto nivel	40
Figura 4.5. Interfaz propuesta	41
Figura A.1. ODS relacionados con el trabajo	52

Índice de tablas

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas de la utilización de cada tipo de blockchain .	22
Tabla 3.1. Resumen de las diferencias entre Financiación Tradicional y Financiación Descentralizada	29
Tabla 4.1. Resumen de la propuesta	44

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación personal

La motivación principal del desarrollo de este TFG viene dada por el afán de unir, de alguna manera, las dos carreras que he tenido la oportunidad de estudiar. A lo largo de mi etapa en la universidad se han tratado los grados como dos carreras independientes, de ahí mi voluntad de hacer un TFG híbrido en el que aprovechara mis conocimientos técnicos además de los que se me han proporcionado en la facultad de ADE.

En noviembre del año pasado empecé a trabajar para una consultora tecnológica como Ingeniera de Datos en proyectos de banca. Esto me ha posibilitado acercar todavía más estas dos perspectivas e interesarme por temas innovadores en los que se fusionan economía y tecnología. A raíz de esta experiencia, pregunté a mis compañeros si habían trabajado en temas punteros últimamente y me hablaron de la tokenización de activos, lo cual me resultó muy interesante. Estas relaciones profesionales me han facilitado algún conocimiento sobre blockchain y documentación técnica sobre la tokenización de emisiones de deuda, lo cual ha facilitado mi introducción al mundo de las Tecnologías de Libro Contable Distribuido, en inglés Distributed Ledger Technology (DLT)

Por otro lado, la motivación detrás de perseguir una temática relacionada con el desarrollo sostenible viene dada por diversos factores. En primer lugar, pertenezco a la Generación Z, una generación particularmente concienciada con el cambio climático y sus consecuencias y que se esfuerza por la acción ambiental. Esto, unido al hecho que desde la Facultad de ADE se ha promovido en todo momento el conocimiento e integración de los ODS en la vida académica, me ha impulsado a tratar de unir los conocimientos adquiridos durante esta etapa en la UPV de manera que pueda tener un impacto sostenible positivo.

En definitiva, contemplo este trabajo como una oportunidad de demostrar el potencial de la integración de la tecnología en el mundo financiero, sobre todo con el objetivo de marcar un cambio que tengo una influencia positiva en el desarrollo sostenible. Cumplir este objetivo de la mano de tecnologías que se prestan a aplicaciones innovadoras en el ámbito económico es, en mi opinión, una de las maneras en las que podemos aportar

valor añadido aquellos que optamos por estudiar este doble grado en Administración y Dirección de Empresas + Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación, y hace que para mí tenga sentido haberlo elegido.

1.2. Objetivos

A la hora de plantear los objetivos de este trabajo, se pueden distinguir dos tipos: uno general y una serie de objetivos más específicos. El objetivo final de este TFG es desarrollar una propuesta tecnológica que incremente la confianza en la emisión de bonos verdes. Esto se hará integrando las tecnologías de libro distribuido, y en concreto la tecnología blockchain.

Con el propósito de cumplir este objetivo global, se han planteado los siguientes objetivos específicos, que actúan como guía a la hora de llevar a cabo la redacción del trabajo:

- Introducción a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la financiación sostenible.
- Análisis de la situación actual de los ODS, y la necesidad de financiación que existe en torno a estas metas globales.
- Análisis de los retos presentes en la financiación sostenible, en particular del greenwashing.
- Explicación de los conocimientos técnicos necesarios para entender la idea fundamental detrás de la utilización de tecnologías de libro contable distribuido.
- Estudio del potencial de la tecnología blockchain como herramienta para la canalización de flujos de inversión sostenibles.
- Propuesta de una solución de financiación sostenible con la utilización de tecnologías de libro contable distribuido

1.3. Metodología

La metodología principal utilizada a lo largo del TFG es la conocida como *Benchmarking*. Este método se utiliza frecuentemente para la mejora del estado del arte, y contribuye a la innovación y el perfeccionamiento continuo de la calidad a través de la recopilación de información de fuentes secundarias. Esta información se obtiene de aquellos servicios que se consideran estándares y pasa a tomarse como referencia para el desarrollo de nuevas propuestas innovadoras.

Como herramientas de búsqueda de fuentes secundarias se ha utilizado tanto Google Scholar como el servicio de biblioteca de la UPV. Mediante el uso de estos servicios se garantiza que la documentación se realiza a través de fuentes académicas y fiables. Para la

redacción de este documento se ha utilizado \LaTeX , un lenguaje de programación orientado a la generación de textos, mediante el editor Overleaf.

Para la información relativa al progreso de los ODS y el estado de la financiación en cuanto a proyectos sostenibles, también se han utilizado fuentes secundarias, sobre todo documentación obtenida de la ONU. De esta institución se han consultado los informes anuales sobre el estado de cumplimiento de los objetivos de desarrollo, y los documentos que fundamentan las cumbres o hitos más importantes de las últimas décadas como por ejemplo la Agenda 2030. También todos los informes periódicos que ofrecen los diversos departamentos de la ONU, como por ejemplo los referentes al estado de la financiación sostenible y las metas propuestas.

Para la parte relacionada con blockchain la documentación es más variada. Se ha buscado información general en fuentes como el banco de España o HSBC, en las que se tenía la intención de proveer un entendimiento básico y no entrar demasiado en profundidad en conocimientos técnicos. Para los conocimientos más específicos y aplicados se han utilizado las herramientas anteriormente mencionadas, en las que se han consultado una diversidad de artículos de divulgación.

En conclusión, se ha utilizado sobre todo el análisis de fuentes secundarias ya que, a lo largo del trabajo, se tratan temas muy novedosos que están todavía en desarrollo. Así pues carecen de un estándar y por tanto, se va construyendo el criterio conforme se van extrayendo conclusiones de la información existente.

1.4. Asignaturas de la titulación relacionadas con el TFG

Durante el período en la Universidad Politécnica de Valencia, las siguientes asignaturas han otorgado un conocimiento básico o de gran utilidad en la redacción de este trabajo.

- **Economía Mundial:** En esta asignatura aprendí por primera vez el significado detrás de desarrollo sostenible, y se nos introdujo a los ODS, así como a los diferentes indicadores de sostenibilidad que se utilizan globalmente.
- **Introducción a las Finanzas:** Me ha otorgado los conocimientos fundamentales sobre el sistema financiero y los diversos tipos de inversión.
- **Diseño de servicios telemáticos:** Asignatura de Telecomunicaciones en la que estudié las técnicas esenciales en criptografía y los aspectos tecnológicos básicos sobre la topología de redes en las que se basa la tecnología blockchain.

Por otra parte, a lo largo de mi estancia Erasmus en la universidad *KTH Royal Institute of Technology* de Estocolmo, tuve la oportunidad de estudiar la siguiente asignatura:

- **Environmental System Analysis and Decision Making:** Asignatura que trataba de utilizar un enfoque sistemático para evaluar el impacto medioambiental de las decisiones que los ingenieros tienen que tomar.

1.5. Orden documental

EL objetivo de esta sección es esquematizar la estructura que sigue el trabajo.

- Durante el capítulo 2 se establecen los conocimientos teóricos necesarios para la comprensión de la propuesta. Este capítulo se divide en dos secciones, pues comprende dos temas distintos. Por una parte se explican los conceptos que giran alrededor del desarrollo sostenible y los ODS, analizando también la situación actual con respecto al cumplimiento de estas metas globales y cómo se traduce esto en el estado de la financiación sostenible. Por otro lado se exponen los conocimientos técnicos necesarios con respecto a las tecnologías de libro contable distribuido y la tecnología blockchain.
- El propósito del capítulo 3 es el de establecer una conexión entre los dos temas diferenciados que se explican en el capítulo 2. Mediante un análisis comparativo se acaban de afianzar los conceptos que se han explicado anteriormente y se exponen algunos casos exitosos de la fusión de blockchain y finanzas sostenibles.
- En el capítulo 4, se expone el modelo propuesto con el que se pretende conseguir el objetivo general del trabajo y el que supone la propuesta de valor. Esto se hace mediante la explicación de los diferentes enfoques, la justificación de las decisiones tomadas y la descripción a alto nivel de las partes interesadas y la arquitectura tecnológica planteada.

Capítulo 2

Marco Teórico

Este capítulo se desarrolla con el objetivo de contextualizar tanto el problema como la solución que se plantean en este TFG, explicando por una parte los términos que podemos catalogar como sociales, relativos a la financiación sostenible, y por otra parte los términos tecnológicos, que ayudarán a comprender el potencial que supone la integración de la tecnología *blockchain* en el panorama financiero actual para todos los grupos de interés.

2.1. ODS y financiación sostenible

En la siguiente sección se revisará el origen y objeto de los ODS, se estudiará el estado actual con respecto al cumplimiento de estos objetivos, teniendo en cuenta los retos que se perfilan después de la crisis social y económica que está suponiendo la pandemia COVID, y por último se presentará uno de los desafíos a los que se enfrenta la financiación sostenible y por extensión la consecución de los ODS, el *greenwashing*.

2.1.1. Objetivos de Desarrollo Sostenible

El término sostenibilidad se ha ido popularizando durante la última década. Sin embargo es un tema sobre el que se lleva discutiendo desde hace más de 200 años. Este concepto ha ido evolucionando de la mano del paso del tiempo y la percepción que se tiene al respecto de la sostenibilidad ha ido progresando, así como también las acciones que se llevan a cabo para impulsarla a nivel institucional.

El economista, demógrafo y clérigo anglicano Thomas Robert Malthus planteó las primeras preguntas que reflexionaban sobre el impacto de la evolución de la sociedad en el medio ambiente en su publicación *Essay on the Principle of Population* de 1798. En este trabajo, el pastor británico sostenía que, después de realizar un análisis de la evolución de la población, creía que llegaría un momento en que cierta parte de la población sufriría hambre o viviría en condiciones precarias debido al modelo de producción de comida.

Gracias al avance de la tecnología y mejoras en las técnicas de producción de comida se ha podido alimentar, aunque de manera dudosa, a la población mundial, que se ha multiplicado por seis desde entonces (Paul, 2019). Sin embargo el debate que propuso Malthus sobre los límites del crecimiento se sigue sosteniendo, pues el objetivo principal detrás de las tesis del británico es recordar a la humanidad que el hecho de continuar con la tendencia de crecimiento y utilización de recursos naturales sin freno pondrá a la población en una situación comprometida.(Paul, 2019)

Esta fue la filosofía detrás de la creación de la UNEP (United Nations Environmental Program) después de la conferencia de Estocolmo en 1972, que nació con el objetivo de promocionar el cuidado por el medio ambiente a nivel institucional de manera que no se comprometiera el futuro de las generaciones venideras. De la mano de la UNEP se llegaron a los primeros acuerdos internacionales relativos a la contaminación en los océanos, así como de la regulación en la comercialización de las especies en peligro de extinción. A pesar del papel transformador de estas primeras conferencias, tuvieron una efectividad limitada, pues por aquel entonces la sostenibilidad se veía como contraria al desarrollo y no como una herramienta para llegar a él. Esto derivó en que las diversas instituciones internacionales de la ONU no se coordinaran e intentaran atacar los problemas de sostenibilidad de forma separada (Paul, 2019).

Esta confrontación entre la sostenibilidad y el desarrollo se intentó solventar en 1987 mediante la definición de un nuevo concepto en el informe de la Comisión Brundtland. Este documento titulado *Our Common Future*, define desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias”(Asefa, 2005). Como consecuencia de esta definición, el siguiente gran paso hacia la acción internacional se dio en la conferencia de Rio de Janeiro en 1992, que pasó de discutir la definición de desarrollo sostenible a fomentar medidas para asegurar su implementación. Un ejemplo de ello fue la redacción de Agenda 21, un plan de acción a nivel global, nacional y local para cualquier área que hubiera sufrido el impacto del ser humano. A partir de este documento se creó la Comisión para el Desarrollo Sostenible (CSD), con el objetivo de asegurar la monitorización y el reporte de los acuerdos conseguidos durante la conferencia de Rio y promover el desarrollo sostenible.(United Nations, 2021c)

El siguiente hito hacia la sostenibilidad fue la firma de la Declaración del Milenio durante la cumbre de Septiembre del 2000 en Nueva York. En esta declaración, líderes internacionales se comprometieron a cumplir 8 objetivos globales cuantificables, cuya principal meta era acabar con la pobreza extrema en el mundo para 2015. Los Objetivos de Desarrollo del Milenio o *Millennium Development Goals* (MDG), constituyen el precedente del tema principal alrededor del cual se mueve este capítulo, a continuación se enumeran dichas metas, que también se muestran en la figura 2.1.



Figura 2.1: Objetivos de Desarrollo del Milenio

Fuente: United Nations (2015b)

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre
2. Lograr la enseñanza primaria universal
3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer
4. Reducir la mortalidad infantil
5. Mejorar la salud materna
6. Combatir el VIH/SIDA, el paludismo y otras enfermedades
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
8. Fomentar una asociación mundial para el desarrollo

Decimos que supone un precedente porque, por primera vez, se propusieron acciones concretas a nivel global con metas cuantificables y un horizonte temporal como límite para alcanzar estos logros.

Según el informe de la ONU de 2015 sobre los MDG, a pesar de que la organización era consciente de que seguía habiendo personas en situación de pobreza, las metas propuestas en el 2000 se consideraron cumplidas. Así pues, aunque los progresos fueron en cierto modo desiguales según la región, los objetivos cuantificables, centrales y más importantes se cumplieron, y se empezó así a desarrollar el siguiente camino a seguir, definiendo las nuevas metas globales. (United Nations, 2015a)

En consecuencia, durante este mismo año se lanzó la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, como continuación y mejora de la Agenda 21. Esta vez las metas serían más ambiciosas, pues se reconocía que la pobreza y la falta de oportunidades no sólo se dan en los países en vías de desarrollo, foco central de los MDG, sino que tienen lugar en todo el mundo, a mayor o menor escala, independientemente de la riqueza del país. En esta ocasión, en lugar de tratar la pobreza como objetivo general, serían unos objetivos menos vagos, y que se centrarían en potenciar el crecimiento económico pero siempre de la mano de la inclusión social y la protección del medio ambiente.

Por tanto, considerando todos los antecedentes mencionados, el 25 de septiembre de 2015 se redactaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta vez serían 17 objetivos, definidos por una lista de 169 metas cuantificables a través de 232 indicadores únicos. Los objetivos se muestran en la figura 2.2 y son los siguientes:



Figura 2.2: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: United Nations (2020a)

1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo
2. Poner fin al hambre
3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades
4. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos
5. Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas

6. Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos
7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna
8. Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos
9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación
10. Reducir la desigualdad en y entre los países
11. Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles
12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles
13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos
14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos
15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad
16. Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas
17. Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Estos objetivos suponen un nuevo intento por parte de la sociedad y de los organismos internacionales de lograr un futuro mejor y más sostenible para todos, e implican un nuevo compromiso por parte de todos los líderes que participaron en su redacción, que harán todo lo posible para ayudar a cumplirlos para el año 2030.

2.1.2. Análisis del progreso en el cumplimiento de los ODS

Como se puede esperar, todos estos objetivos descritos en la sección anterior suponen un reto a nivel mundial, pues presentan unas metas muy ambiciosas que en ocasiones suponen un conflicto con el sistema de producción y consumo actual. Así pues, la Asamblea General de la ONU acordó que sería necesario realizar un seguimiento del avance, tanto del desarrollo sostenible en sí, como de los ODS. Por ello, se generan diversos informes, siendo los principales el *Global Sustainable Development Report (GSDR)*, que se redacta cada 4 años, y el *SDG Progress Report*, emitido anualmente.

Otra de las razones por las cuales se llevan a cabo estos informes es la necesidad de reforzar la interacción entre la ciencia y la política, ayudando así a aquellos responsables políticos que tienen el poder de transformar el marco regulador y de lanzar políticas sociales que se alineen con la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (United Nations, 2019a).

Con el objetivo de estudiar en qué situación se encuentra la sociedad hoy en día con respecto a los ODS, se analizará el informe GSDR de 2019, que retrata el camino recorrido desde la creación de la Agenda 2030. Adicionalmente, se tendrán en cuenta los informes de progreso de los ODS de los últimos años, pues además de tener una visión más concreta y específica de la situación, analizan el impacto de la pandemia COVID y su influencia en los años futuros.

Desde el arranque de la campaña para el desarrollo sostenible, algunos de los problemas más acuciantes para los países en vías de desarrollo han ido mejorando, como el acceso a la electricidad y al agua potable o la tasa de mortalidad infantil. Sin embargo, se ha seguido desarrollando un comportamiento de crecimiento a nivel global con prácticas que divergen de lo que se proponía en la Agenda 2030, parando o incluso revirtiendo el avance en muchos aspectos relacionados con el desarrollo sostenible, y siguiendo con la tónica de crecer primero y limpiar después. (United Nations, 2019a)

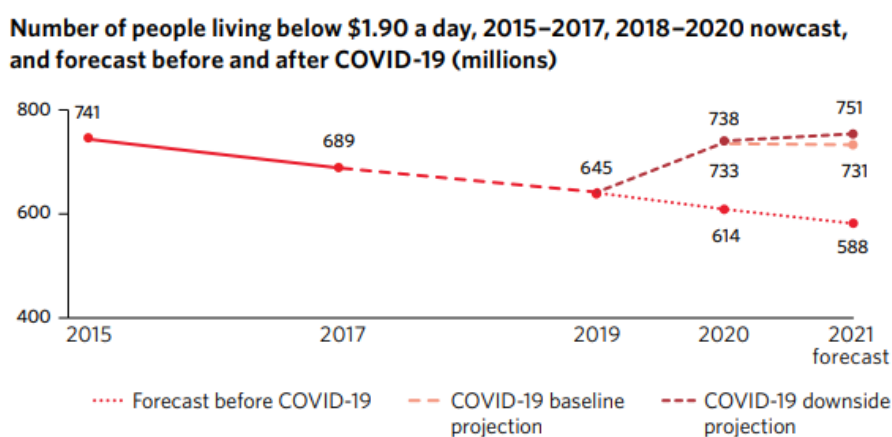


Figura 2.3: Número de personas en situación de pobreza extrema

Fuente: United Nations (2021b)

Los sucesos ocurridos en los últimos dos años han golpeado si cabe más fuerte a la humanidad. Según el informe de la ONU de 2021 (United Nations, 2021b), si durante estos últimos 6-7 años se hubieran adoptado la mayor parte de medidas propuestas en la Agenda 2030, la sociedad hubiese estado más preparada para estos momentos críticos. Es más, todos esos logros comentados anteriormente, insuficientes aunque esperanzadores, han sido prácticamente borrados por la crisis del COVID, como reflejan los gráficos 2.3 y 2.4, una situación global que se ha cobrado millones de fallecidos. Esta crisis global ha puesto en jaque a prácticamente todos los estados y a sus servicios públicos, en especial la sanidad y la educación, haciendo peligrar el sistema de bienestar en más de un caso. Por si esto no fuera suficiente, el coronavirus tampoco ha afectado de la misma manera a toda la población, agravando aquellas desigualdades ya existentes y repercutiendo un impacto económico sin precedentes a los colectivos más vulnerables (United Nations, 2020b).

Adicionalmente se une la crisis de refugiados más grande de la era moderna, derivada de un aumento en los conflictos violentos, que se encuentra en el número más alto desde

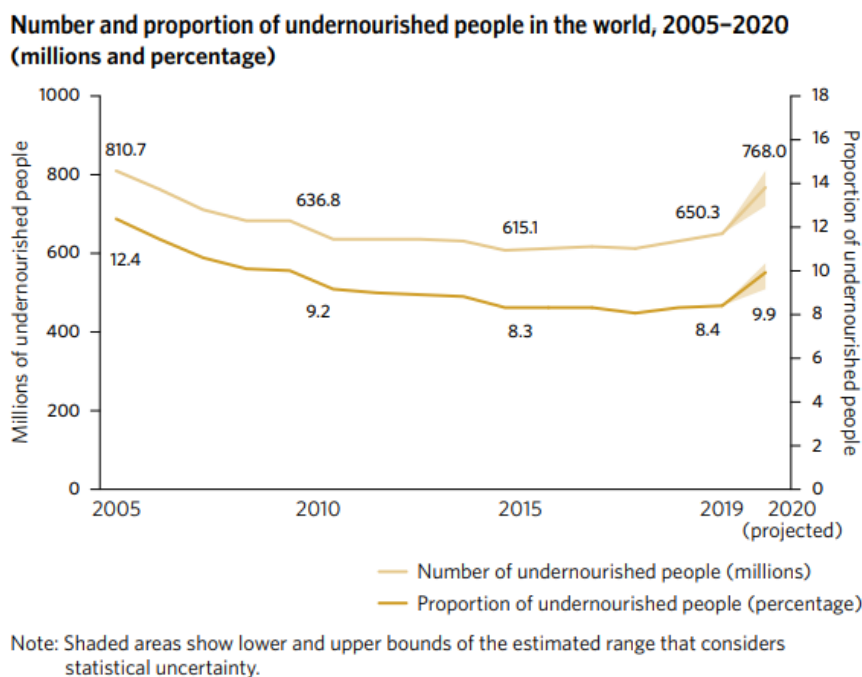


Figura 2.4: Número y proporción de personas con déficit nutricional

Fuente: United Nations (2021b)

1945(United Nations, 2022b). Esta situación ha supuesto una subida en el precio de los bienes básicos, como se observa en la gráfica 2.5, y una disrupción de la cadena de abastecimiento, que puede causar una crisis mundial en la producción y reparto de alimentos, lo cual significaría un duro golpe para el progreso de los ODS (United Nations, 2022a).

Así pues, podemos afirmar que nos encontramos en una situación crítica en cuanto al cumplimiento de estos objetivos se refiere. Según el Secretario General de Asuntos Sociales y Económicos de la ONU, a no ser que nos moviliemos y que dediquemos los recursos necesarios para una respuesta sostenible a las crisis por las que estamos pasando, puede que los ODS sean inalcanzables (United Nations, 2021a). A continuación se analizarán algunos de los retos que existen para la consecución de estos recursos.

2.1.3. Retos en la financiación sostenible

2.1.3.1. Estado de la financiación para el desarrollo sostenible

Como se ha expuesto en la sección anterior nos encontramos en una situación crítica en cuanto al cumplimiento de los ODS se refiere. Gran parte de la solución con la que virar hacia el camino correcto para llegar a estas metas en 2030 pasa por facilitar y promover la financiación para el desarrollo sostenible. Esta financiación de los ODS requiere de un compromiso y un volumen de inversión importante por parte de los entes públicos y

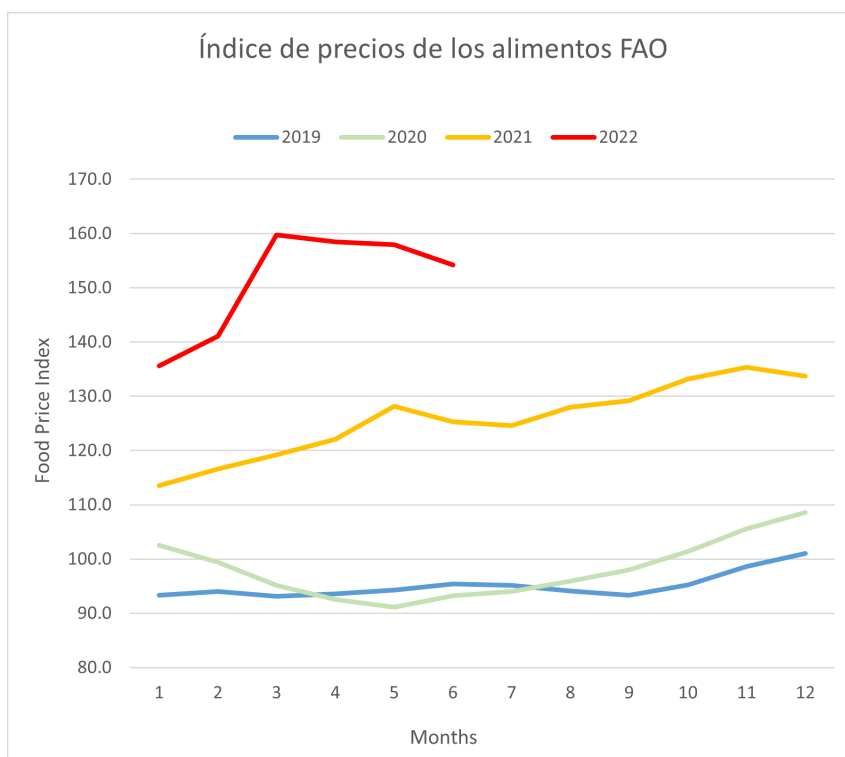


Figura 2.5: Índice de precios de los alimentos FAO

Fuente: Elaboración propia

privados, que ayudarían a realizar estas metas de manera global. Sin embargo, hoy en día esta financiación disponible no se está canalizando hacia el crecimiento sostenible con la magnitud y rapidez que requiere la situación, tanto es así que según (United Nations, 2019b) la brecha de financiación actual se estima en 3 trillones de USD por año.

Actualmente se identifican ciertos desafíos en la recolección y canalización de esta inversión sostenible (United Nations, 2019b), entre los que se incluyen:

- Un contexto global complicado, que se caracteriza por un crecimiento económico desigual y con patrones de producción y consumo que restan importancia a las consecuencias negativas. La perpetuación de estos comportamientos aumenta la desigualdad, los niveles de deuda, la polarización política, e infligen un impacto devastador en el medio ambiente y el cambio climático.
- Un marco político global en el que es complicado formular políticas, fiscales y sociales, para promover la inversión en proyectos relacionados con los ODS en todo el mundo.
- Intereses económicos inciertos, que unidos a regulaciones e incentivos no del todo alineados con los objetivos, hace que se tenga una concienciación limitada y provoca dificultades a la hora de identificar, medir e informar sobre las inversiones

sostenibles.

Estos desafío marcan la situación actual de la financiación para el desarrollo. Las tasas de crecimiento globales han sufrido la mayor caída desde la Gran Depresión (United Nations, 2021a), afectando de manera más grave a los países en vías de desarrollo, como se puede observar en la figura 2.6. Esto se traduce en una falta de flujos de inversión en las economías, y por extensión en aquellos sectores que impactan de manera directa en la financiación de los ODS.

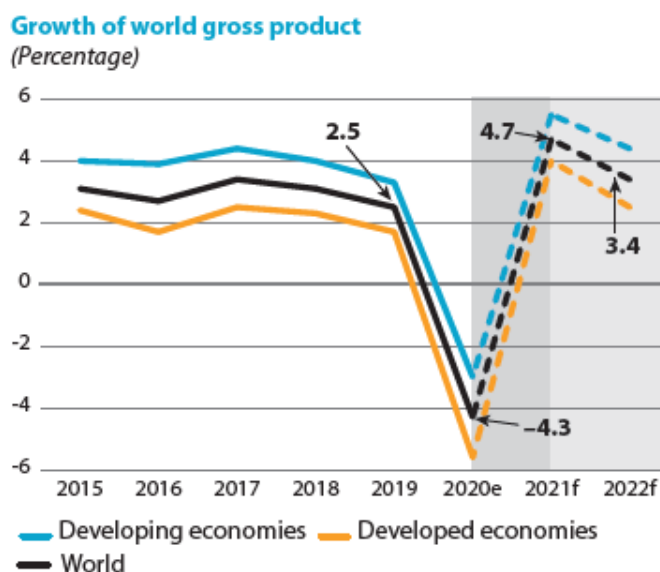


Figura 2.6: Crecimiento del Producto Interior Bruto global

Fuente: United Nations (2021a)

Según el informe *SDG Investment Trends Monitor* (UNCTAD, 2021), la financiación del sector privado a los sectores relevantes para los ODS, cayeron un tercio en 2020 a consecuencia de la pandemia COVID. Adicionalmente, el valor de nuevos proyectos en sectores relevantes disminuyó en un 33 % durante el último año, y un 20 % con respecto a 2015 (UNCTAD, 2021). Algunos de estos sectores son el de las infraestructuras y de telecomunicaciones, cuyos proyectos han sufrido un descenso del 60 % en su valor o los sectores de agricultura, agua y saneamiento, salud y educación, que cayeron de uno a dos tercios. Todo esto tiene un fuerte impacto en la financiación de algunos objetivos concretos, como se puede observar en la figura 2.7.

Según la Comisión de la ONU, invertir en los ODS tiene sentido económico, pues se estima que alcanzar los objetivos podría abrir oportunidades en el mercado por valor de 12 trillones de USD. Estas oportunidades en la industria de la alimentación y agricultura, en energía, materiales y sanidad se estima que pueden crear 380 millones de trabajos nuevos, y adicionalmente, ahorrarnos 26 trillones de USD al evitar muchas consecuencias derivadas del cambio climático (United Nations, 2019b). Por este motivo, es necesario que se desarrollen nuevas fuentes de financiación, cambiando la estrategia seguida hasta ahora y

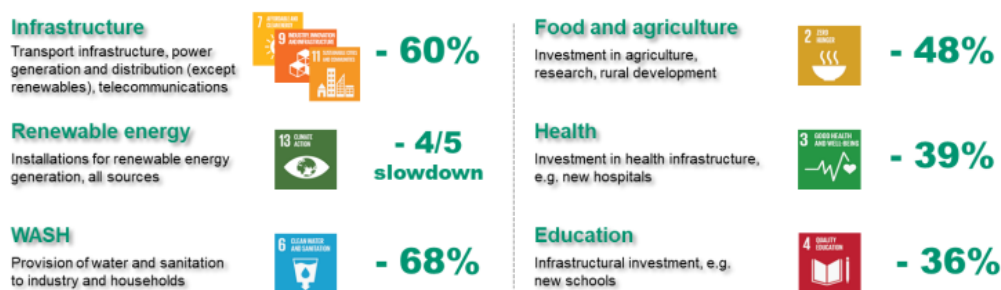


Figura 2.7: Impacto del COVID-19 en la financiación de los ODS

Fuente: UNCTAD (2021)

teniendo en cuenta la capacidad de nuevas tecnologías, que pueden permitir atraer nuevos flujos de inversión.

Sin embargo para la habilitación de estas nuevas formas de financiación sostenible, primero es necesario abordar uno de los retos que mantiene a la población escéptica respecto a la inversión en proyectos sostenibles, el *Greenwashing*.

2.1.3.2. Greenwashing

Se describe como *Greenwashing* a las prácticas de estrategias de marketing o relaciones públicas para promover la percepción de que los servicios o productos que ofrece una determinada empresa son amigables con el medio ambiente, cuando en realidad no es así (Aji & Sutikno, 2015).

Como se ha mencionado en la sección anterior, existe una necesidad de financiación adicional de considerables dimensiones. En el informe de la ONU *Roadmap for Financing the 2030 Agenda for Sustainable Development* (United Nations, 2019b), se establece la necesidad de incorporar instrumentos de financiación sostenible innovadores, que desbloqueen nuevas fuentes de financiación, de la mano de la digitalización de las finanzas. En este mismo informe se destaca el crecimiento del mercado de bonos verdes, comportamiento que se refleja en la figura 2.8. El volumen de este mercado novedoso fue de 2,6 billones de USD en 2012 y de 167.6 billones de USD en 2018. Se conoce como bonos verdes a los títulos de deuda emitidos por empresas privadas u organismos públicos, que a diferencia de otras emisiones de deuda, se comprometen a la utilización de esos fondos en proyectos medioambientales o relacionados con el cambio climático. Ejemplos de proyectos verdes en los que aplicar los fondos recaudados son, energías renovables, uso sostenible de recursos, transporte ecológico o la adaptación al cambio climático. El mercado de bonos verdes se supera cada año, contando con un sorprendente ratio de crecimiento del 50 % en el último año (Harrison et al., 2021). Sin embargo se trata de un mercado relativamente nuevo. En consecuencia, esta rápida expansión preocupa tanto a los reguladores como a los inversores, que temen el posible fomento del *Greenwashing*,

mediante el cual las empresas puedan hacer exageradas y falsas promesas con el objetivo de recaudar dinero.

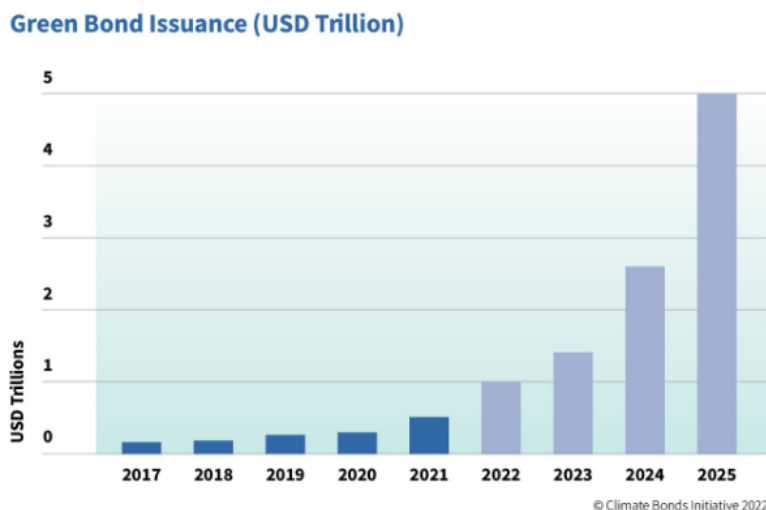


Figura 2.8: Crecimiento del mercado de bonos verdes

Fuente: Climate Bonds Initiative (2022)

Este fue el caso del aeropuerto de Hong Kong, que en enero de este año consiguió recaudar 1 billón de USD mediante bonos verdes para la construcción de una pista adicional (Flood, 2022). Según afirman los ecologistas, esta pista agravará la situación del delfín blanco chino, especie protegida en peligro de extinción (Hong Kong Government, 2020). Esto supone un claro caso de *Greenwashing*, que además de no ayudar al medio ambiente, empeora la credibilidad en los bonos verdes y hace que los inversores mantengan una mirada escéptica hacia este tipo de títulos.

Como respuesta a esta problemática, la ONU alienta a la mejora de la transparencia y a aumentar la calidad de la información disponible, pues como se observa en la figura 2.9 se trata del principal motivo por el cual los usuarios tienen dudas al respecto de la financiación sostenible. Estas medidas están centradas alrededor del establecimiento de un marco claro de procedimientos y métricas con los que elaborar los informes de sostenibilidad, ya que según su informe (United Nations, 2021a), el problema de la calidad de la información acerca de la sostenibilidad de las empresas y sus proyectos, parte de la confusión existente acerca de qué información se debe compartir y cómo. Como consecuencia la ONU anima a gobiernos y mercados financieros a exigir a entes públicos y privados ciertos requisitos diseñados por expertos de diversas organizaciones internacionales.

Siguiendo la recomendación de la ONU (United Nations, 2019b) de incorporar soluciones tecnológicas innovadoras para canalizar nuevos flujos de información, en este TFG se propone la integración de la tecnología Blockchain en los bonos verdes para la financiación sostenible. Con esta solución se persigue el aumento de seguridad, transparencia, auditabilidad y trazabilidad en los proyectos sostenibles, movilizandando así la inversión en

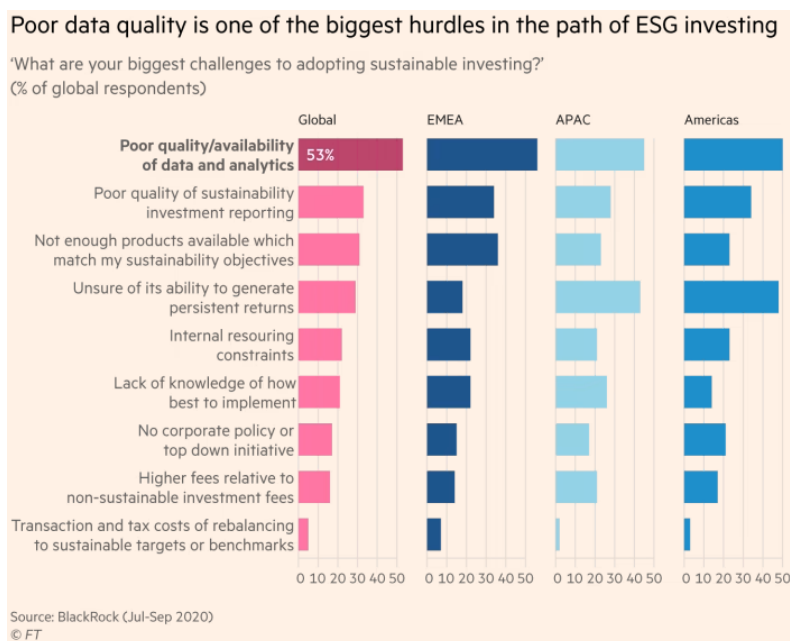


Figura 2.9: Razones por las que los inversores no entran en financiación sostenible

Fuente: Flood (2022)

los ODS. Antes de formular la propuesta, se explicará brevemente en qué consiste la tecnología Blockchain.

2.2. Tecnologías de Libro Contable Distribuido

El objetivo de esta sección es explicar términos como tecnología *Blockchain* o Tecnologías de Libro Contable Distribuido (DLT) y la filosofía que hay detrás de este tipo de herramientas.

2.2.1. Definición

Para entender la naturaleza de las tecnologías DLT cabe explicar el contexto en el que surgió. La crisis financiera de 2008 mostró al mundo la fragilidad del sistema financiero global, un sistema centralizado, que rompió la confianza de la gente al causar una serie de colapsos financieros fundamentados, entre otras cosas, en una mala gestión en la regulación de las instituciones bancarias (Coffee, 2015). Como respuesta al fallo de este sistema, en octubre de 2008 una persona o grupo de personas que se identificaba bajo el pseudónimo Satoshi Nakamoto, publicó un artículo introduciendo al mundo el tema de las cadenas de bloques, y apuntaba a Bitcoin como una alternativa que acercaba a la sociedad a una economía más democrática, ofreciendo una moneda que no tendría que responder

ante ninguna autoridad central (Nakamoto, 2008). Por eso no se puede hablar de DLT sin hablar de Bitcoin o de blockchain, pues esta fue la aplicación inicial y la más reconocida, aunque cabe aclarar que estos términos no son sinónimos. Como se explicará en esta sección y se puede inferir del diagrama 2.10, Bitcoin es un caso particular de aplicación de blockchain, que a su vez es un tipo de DLT.

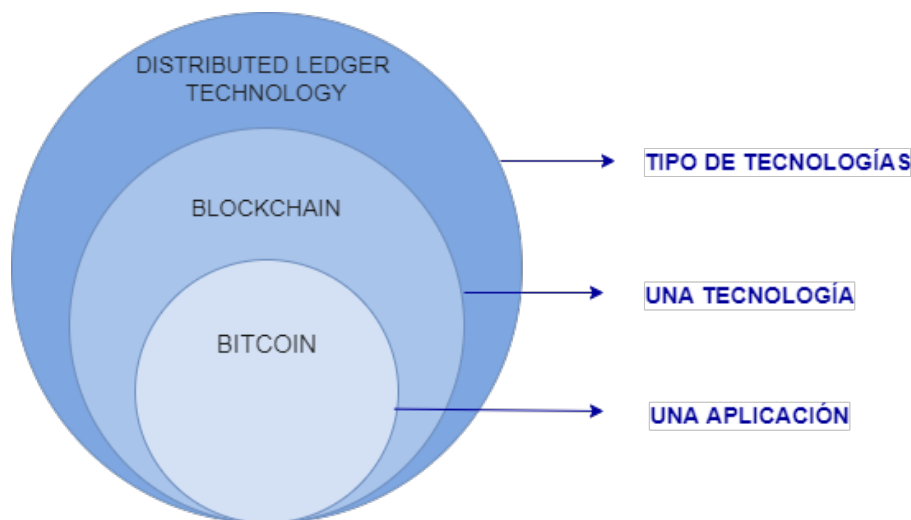


Figura 2.10: Relación entre los diversos términos

Fuente: Elaboración propia

Los libros contables distribuidos son un tipo de tecnología utilizado para distribuir, intercambiar y almacenar datos entre los usuarios a través de redes públicas o privadas. En esencia es una base de datos replicada y distribuida en diversos nodos, que almacenan la información en ubicaciones geográficas distintas, y la mantienen actualizada. La diferencia entre una base de datos distribuida y DLT es el mecanismo de actualización de la información. Las tecnologías DLT parten de la afirmación de que no existe una confianza total entre las diversas partes que forman la red, lo cual hace necesario la implementación de un mecanismo para verificar la información. Esta manera de autenticar los datos es también descentralizada, pues se realiza mediante un consenso de todas las partes que, siguiendo unas reglas o procedimientos, confirman la veracidad de la información. Así pues, podemos afirmar que las tecnologías DLT son el resultado de la combinación de tres tecnologías ya existentes:

- Redes P2P: redes *Peer to Peer*, utilizadas tradicionalmente para la transmisión de archivos, como Napster o Emule, estas redes están formadas por un grupo de ordenadores que están relacionados entre sí. A diferencia de las redes cliente-servidor, cada participante de la red o nodo está diseñado tanto para recibir datos como para servirlos.
- Criptografía asimétrica: en este tipo de criptografía el emisor y receptor no tienen únicamente una clave idéntica, sino que existe una clave pública que se utiliza para

la encriptación y otra privada con la que se descripta la información. Este método permite la autenticación del remitente, la garantía de la integridad del mensaje e impide que el mensaje se descifre en caso de ser interceptado.

- Mecanismos de consenso: son los mecanismos que permiten a una red distribuida llegar a un acuerdo acerca de la veracidad de un dato. Como se ha explicado anteriormente, esta herramienta se utiliza para asegurar la fiabilidad de la red.

Las tecnologías DLT cuentan con un gran potencial, y por tanto con la posibilidad de ser relevantes en un futuro, ya que permiten la realización de transacciones con mayor transparencia y menores costes al reducir la cantidad de intermediarios. Para dilucidar cómo sería un proceso de principio a fin, en inglés *End To End* (E2E), de transacción se explicará el caso concreto de Blockchain, pues es el más utilizado.

2.2.2. Blockchain

El nombre Blockchain proviene de la estructura técnica de esta tecnología, pues es esencialmente una cadena, en inglés *chain*, de bloques, en inglés *block*. Se trata de una tecnología en auge, cuya utilización aumenta anualmente desde hace 8 años, como refleja la cantidad de carteras blockchain que se observa en la figura 2.11. Cada bloque de esta cadena está unido al bloque anterior mediante técnicas criptográficas, y consiste en una estructura de datos que permite almacenar una lista de transacciones. Los miembros de la red blockchain son los que crean e intercambian estas transacciones, que no se limitan a meras operaciones monetarias, sino que también son capaces de guardar y ejecutar código.

Antes de explicar con más profundidad los tipos de blockchain que existen y cómo interactúan los diferentes participantes de estas redes en el proceso de una transacción, procedimiento que también queda reflejado en la figura 2.12.

1. Se solicita una transacción.
2. La transacción se envía a la red P2P.
3. La red de ordenadores ejecuta los algoritmos de consenso para resolver la ecuación que confirma la validez de la transacción.
4. Una vez validada, se agrupa con más transacciones válidas dentro de un bloque.
5. Este bloque se une a la cadena, creando un largo historial de transacciones permanente.
6. Esta información se actualiza en todos los nodos de la red.
7. La transacción queda realizada.

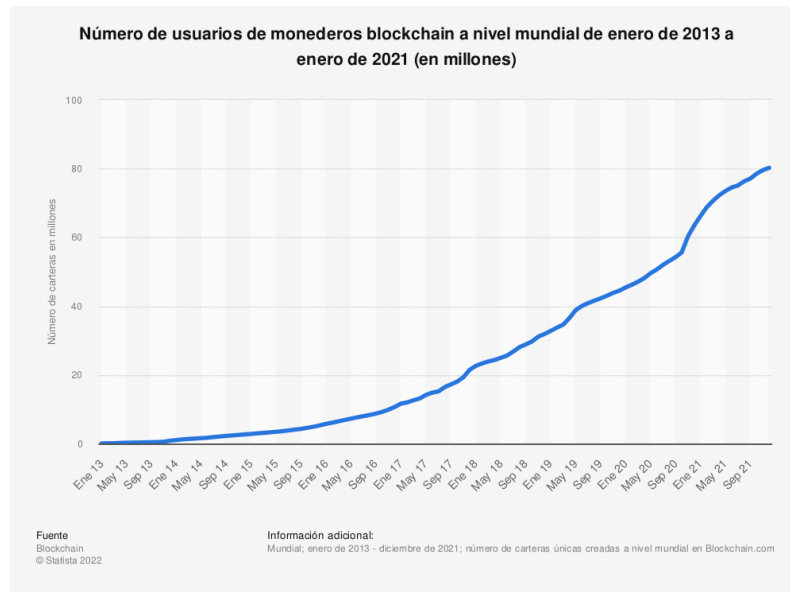


Figura 2.11: Número de usuarios de monederos de blockchain

Fuente: Statista (2021)

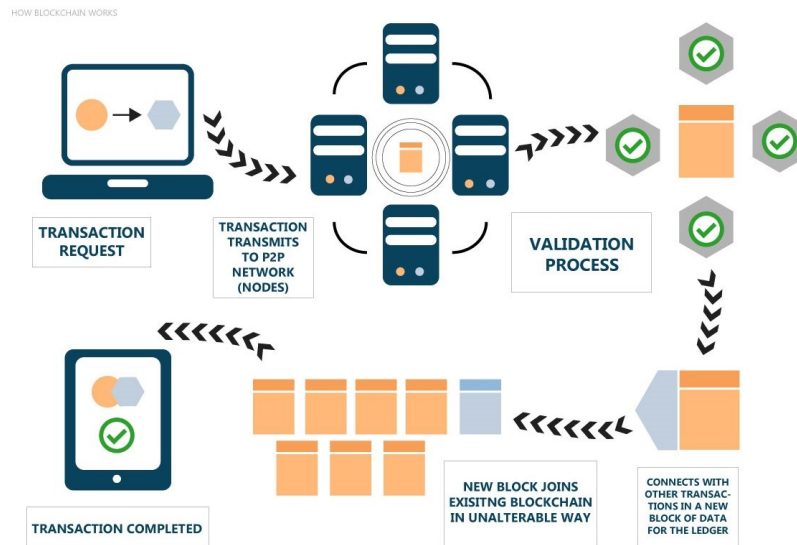


Figura 2.12: Proceso de transacción en blockchain

Fuente: IEBSchool (2018)

En el caso de la blockchain de Bitcoin, este proceso se conoce como minado, pues al verificar la transacción y añadirla a la cadena se producen nuevos Bitcoins.

Por tanto, cada bloque contiene una función matemática conocida como hash, que actúa como identificador único del bloque, una lista de transacciones validadas y el hash del bloque anterior, que a su vez contiene el hash del bloque anterior a él. De esta manera

los bloques quedan unidos de manera que no se puede alterar el orden de ninguno de ellos o insertar bloques adicionales, lo que hace la información inmutable.

Por último, cabe explicar los distintos tipos de blockchain que existen en cuanto a permisos se refiere, para entender el potencial que tiene esta tecnología dentro de las empresas.

- *Permissionless* o pública: En este tipo de redes cualquier persona puede unirse a la red o dejarla, con permisos de lectura y escritura. No hay ninguna entidad central que supervise la membresía o que pueda penalizar o prohibir la entrada a usuarios con intereses ilícitos. Bitcoin es la blockchain pública más conocida.
- *Permissioned* o permitida: En estas redes solo un grupo de usuarios están autorizados para la escritura y la lectura. A diferencia con la anterior, en este caso sí existe una entidad central que autoriza a los usuarios y decide qué permisos tiene cada usuario sobre la información presente en la blockchain. La plataforma blockchain permitida más popular es Hyperledger Fabric, una DLT de código abierto que se estableció bajo la Fundación Linux.

En la tabla 2.1 se han analizado las ventajas y desventajas a la hora de trabajar con cada tipo de blockchain.

Así pues, las cadenas de bloques permitidas cuentan con una orientación clara hacia la utilización en el sector empresarial, ya que operan entre un conjunto de participantes conocidos, identificados por una entidad central, lo cual genera un grado de confianza mayor. Este contexto tan controlado permite proteger las interacciones entre entidades que pueden tener un objetivo común, aunque no confianza plena entre ellas, por ejemplo, si son competidores.

Blockchain Pública	Blockchain privada permisionada
Ventajas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asegura la inmutabilidad en el orden de los bloques ▪ Promueve la participación de todos los miembros en la red 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Privacidad entre participantes ▪ Flexibilidad para dar apoyo a distintos productos, con distintos requerimientos ▪ Optimización del rendimiento
Desventajas	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eficiencia y desempeño limitados ▪ La información del detalle de las transacciones está disponible para todos los miembros de la red ▪ Datos distribuidos geográficamente, preocupaciones legales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Al tener menos nodos, son más vulnerables a ciertos ataques ▪ Los nodos operadores tienen permisos para alterar las entradas de la blockchain

Tabla 2.1: Ventajas y desventajas de la utilización de cada tipo de blockchain

Fuente: Elaboración Propia

2.2.3. Aplicaciones de la tecnología Blockchain en el sector financiero

Una vez explicados los conceptos básicos para entender el funcionamiento de las tecnologías DLT y en particular Blockchain, nos centraremos en los potenciales usos que puede tener el sector financiero. De esta manera se podrá entender cómo puede suponer una solución tecnológica diferencial en la situación que plantea el TFG.

- Financiación de operaciones comerciales. Caso relevante sobre todo para pequeñas y medianas empresas (PYMES), que a pesar de ser el motor de la economía española, representando el 99,84 % del tejido industrial de nuestro país (Dirección General de Industria, 2019), tienen problemas para encontrar financiación por par-

te de los bancos. Con DLT, se puede crear un consorcio de bancos para digitalizar la financiación de operaciones comerciales, creando un ecosistema en el que los compradores y vendedores estén conectados (Gupta, 2018). Esta digitalización permitiría a las PYMES encontrar financiación más fácilmente, pues se relacionarían con los bancos de manera más directa, con unos costes de operación más bajos al reducir intermediarios y procesos burocráticos pesados. Adicionalmente, la utilización de este tipo de tecnologías permite que la documentación y las transacciones fluyan de manera segura y transparente entre todos los miembros de la red.

- Automatización a través de smart contracts. Los contratos inteligentes implementan acuerdos constituidos por una serie de reglas que definen una transacción de negocio. Son programas informáticos que se almacenan en la blockchain y se ejecutan automáticamente cuando las condiciones o reglas que se definen se cumplen. Un buen ejemplo de cómo funcionan los smart contracts es el pago de un cupón de una emisión de deuda, en la que se garantiza que cuando llegue la fecha de vencimiento establecida el contrato se ejecutará de forma automática, realizando la transferencia al comprador de la cantidad que se haya calculado conforme a las condiciones prefijadas (Romero Ugarte, 2018).
- Prevención de delitos. La utilización de blockchain puede ayudar en la lucha contra el blanqueo de capitales, identificando transacciones sospechosas y rastreando la actividad de los clientes. Esto permitiría prevenir crímenes relacionados con el narcotráfico o el terrorismo. Blockchain permite el rastreo de las entradas y salidas de fondos, que además cuentan con una marca de tiempo inmutable y están guardadas en todos y cada uno de los nodos, por lo que sería prácticamente imposible alterarla.

Capítulo 3

Finanzas sostenibles y Blockchain

A lo largo de este capítulo se comparará el sistema de financiación tradicional con la financiación a través de métodos derivados de la tecnología blockchain. De esta manera, se entenderá tanto el funcionamiento tecnológico de estas herramientas, explicado en el capítulo anterior, como las ventajas y desventajas que puede tener la utilización de estas tecnologías. Con el objetivo de constatar que la solución propuesta es realista y posible, se presentarán casos de éxito que han integrado las finanzas sostenibles con tecnologías DLT.

3.1. Análisis comparativo entre la financiación tradicional y la financiación descentralizada

El objetivo de esta sección es analizar la financiación tradicional (FT) y la descentralizada (FD), destacando sus diferencias en los ámbitos más relevantes, en concreto el ámbito legal, económico y de manipulación del mercado, así como también los temas relacionados con la seguridad y la privacidad.

3.1.1. Legal

- FT: Las instituciones financieras confían en las verificaciones del tipo Conoce a Tu cliente (Know Your Client, KYC). Esas prácticas son requeridas por el marco regulatorio, y constan de la verificación de la identidad de los clientes, que normalmente se lleva a cabo a través de una identificación oficial, DNI e incluso el lugar de residencia de sus clientes. También se requiere que los usuarios aclaren su formación financiera, para determinar si los usuarios son conscientes o no de los riesgos financieros de los diferentes activos. Todos estos procesos, aunque resultan de mucha ayuda para combatir actividades ilegales, suponen una burocracia que aumenta los costes temporales y monetarios de ofrecer servicios (Qin et al., 2021).

- FD: Las plataformas de finanzas descentralizadas pueden implementar políticas KYC automatizadas, sin embargo no es un requisito obligatorio. Por este motivo, si un usuario opera sólo a través de FD, sin cruzar en ningún momento con FT y con activos que no requieren ningún tipo de verificación KYC, puede permanecer en el anonimato, sin que se relacione ninguna transacción que realice con su identidad física (Qin et al., 2021). Sin embargo, en estas plataformas resulta mucho más fácil técnicamente rastrear los movimientos de fondos debido a la naturaleza de blockchain. Por tanto, es posible permanecer en el anonimato, pero muy complicado realizar movimientos sospechosos sin que haya constancia de ello.

De estas diferencias se intuye una posible sinergia, pues la mayoría de activos de FT son compatibles con las plataformas DLT, y en cuanto a políticas en contra del blanqueo de capitales y operaciones ilícitas, traería la potencia tecnológica y de rastreo de FD integradas con las verificaciones KYC de FT.

3.1.2. Economía

- FT: Uno de los temas económicos a tratar es la inflación, que se puede definir como la pérdida de poder de compra de una moneda. En las FT, los bancos centrales tienen la autoridad de ejecutar políticas monetarias para mantener el valor de su dinero fiat, es decir, que no está respaldado por ninguna mercancía como el oro o la plata. Este poder de compra se estudia analizando el valor de una cesta de bienes de consumo, o con índices como el Índice de Precios al Consumidor (IPC), para que después las autoridades monetarias actúen respecto a ello. En definitiva, los bancos centrales tienen control sobre la oferta de su moneda, y pueden actuar en consecuencia según las políticas que se necesiten.

Por otro lado, hay un tema económico también importante, y es el que se refiere a la manipulación del mercado. Se habla de manipulación del mercado cuando existe un acto deliberado de interferir en el funcionamiento del mercado, engañando o defraudando a los inversores con el objetivo de influir en el precio de los activos. En los mercados tradicionales existen dos tipos de manipulación, la manipulación externa, que se lleva a cabo a través de acciones o de la difusión de información que altera el valor de los activos; y la manipulación interna, basadas en el intercambio de instrumentos financieros, es decir cuando el manipulador compra y vende activos de una determinada manera (Huang et al., 2007).

- FD: La mayoría de comportamientos económicos con respecto a la oferta y demanda de criptomonedas se pueden explicar con el ejemplo más notable en el mundo de las criptomonedas, bitcoin, que tiene una oferta limitada. Este límite es de 21 millones, y fue creado con el objetivo de que la criptomoneda imitara el comportamiento del oro (Weber, 2014), es decir, la moneda se consigue mediante el minado de ésta, pero existe un límite de la cantidad del activo, que simula la cantidad finita de oro o los demás metales preciosos. Esta oferta fija protege a la moneda de la devaluación

causada por un aumento de oferta monetaria, sin embargo puede causar una escasez de moneda y también impide que se pueda apoyar la actividad económica en caso de ser necesario. Todavía no está claro cómo impacta en las criptomonedas la inflación que afecta al sistema de dinero fiat, pero estos activos digitales no parecen la solución a este problema.

Al respecto de la manipulación del mercado en mercados y plataformas descentralizados, es importante destacar que las manipulaciones externas, de información y acciones, no dependen de manera directa del sistema tecnológico que hay detrás del mercado, por tanto afectan de la misma manera a las FT que a las FD. Sin embargo, en el caso del fraude basado en el intercambio de activos sí existen diferencias, pues dependen de la arquitectura del sistema financiero. Estas diferencias se dan en características básicas, como el hecho de que en FD no existe hora de apertura o cierre del mercado, o casos más complejos, como el hecho de que las transacciones estén sujetas a unas tasas que limitan los fraudes del tipo "painting the tape", en las que se compran y venden activos para hacer parecer que existe un interés en ellos.

3.1.3. Seguridad

- FT: En este caso vamos a hablar de cómo se garantiza la seguridad de los pagos y la información bancaria. Los clientes necesitan saber quién es el propietario de los activos en los que están invirtiendo. Los mercados financieros más grandes del mundo logran esta transparencia a través de procesos complejos que implican a brokers, bancos depositarios, y otros elementos. Estas relaciones se basan en un método lento basado en papel, que trae complicaciones y unos costes elevados. La digitalización de estos procesos ha elevado la complejidad del problema, y es por eso que las empresas externalizan estos procesos a bancos depositarios, que a menudo acuden a otro servicio tercero, pues los compradores y vendedores no siempre utilizan el mismo banco depositario (Qin et al., 2021).
- FD: Blockchain agiliza estos procesos creando una base de datos distribuida de activos digitales, haciendo que los procedimientos sean más rápidos y seguros en general, pues minimiza los intermediarios y terceras partes. Como se ha explicado antes, que blockchain se fundamente en técnicas criptográficas y en algoritmos de consenso, hace que sea más fácil garantizar la seguridad de los pagos y de la verificación de la información. Por otra parte, al tener la información distribuida por todos los nodos de la red, hace que su información permanezca mas segura y se vea menos impactada por posibles ataques.

3.1.4. Privacidad

- FT: Cuando hablamos de privacidad, nos referimos a la capacidad que tiene un usuario de decidir qué información se comparte con otros, y cómo se utiliza esta información. El modelo de banca tradicional limita el acceso a la información de terceros,

aunque con la evolución de la banca digital, la preocupación de los clientes sobre la utilización de sus datos personales se ha incrementado.

- FD: Al contrario de la creencia popular, blockchain no ofrece un anonimato real, sino más bien un pseudo-anonimato (Nakamoto, 2008). Esto se debe a que la seguridad que ofrece blockchain va de la mano de una pérdida de privacidad, pues el público puede ver cuándo un usuario envía una cuantía a otro usuario, aunque sin poder relacionar esta información con una identificación. Esta transparencia es la que hace de blockchain una tecnología con gran potencial para transmitir confianza.

Como se ha mencionado en el punto anterior, el sistema bancario tradicional consigue cierto nivel de privacidad limitando el acceso a la información de las partes involucradas, sin embargo el modelo descentralizado promueve la publicación de todas las transacciones. No obstante, la privacidad puede seguir conservándose rompiendo el flujo de datos en otro lugar. El público puede ver que alguien está realizando una transferencia de cierta cantidad a otra persona, pero sin que estos datos estén relacionando la transacción a una identidad en particular. La diferencia de en qué punto se abre el flujo de información a terceros, se puede observar en el diagrama de la figura 3.1.

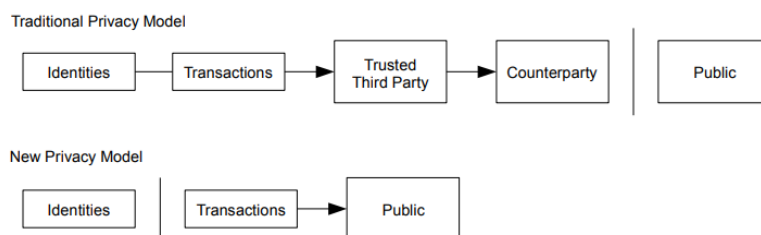


Figura 3.1: Diferencias en la privacidad de los distintos modelos

Fuente: Nakamoto (2008)

Todas las características expuestas a lo largo de esta sección se exponen en la tabla 3.1, a modo de resumen.

Ámbito	Finanzas Tradicionales	Finanzas Descentralizadas
Legal	<ul style="list-style-type: none"> - Obligados por jurisdicción a utilizar políticas de verificación KYC. - Complicado rastrear fondos y operaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere verificaciones KYC a no ser que se cruce con FT. - La naturaleza de la tecnología hace que los fondos sean fáciles de rastrear.
Económico	<ul style="list-style-type: none"> - Medida clara de la inflación. - No existe límite de oferta monetaria. - Las autoridades centrales pueden influir en el poder de compra de las monedas. 	<ul style="list-style-type: none"> - No está claro cómo afecta la inflación. - Existe un límite en la oferta monetaria (caso Bitcoin) - Oferta monetaria fija, no se puede influir en el poder de compra.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Se necesita de la intervención de múltiples intermediarios para garantizar la seguridad de pagos y de los datos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Minimiza los intermediarios y dispone de la información en una base de datos distribuida.
Privacidad	<ul style="list-style-type: none"> - Limita mucho el conocimiento de la información a terceros, esfuerzo continuado por controlar el flujo de información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrece un pseudo-anonimato, el registro de las transacciones es público, aunque no se relaciona directamente con una identidad.

Tabla 3.1: Resumen de las diferencias entre Financiación Tradicional y Financiación Descentralizada

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Casos de éxito del uso de tecnologías blockchain en la financiación sostenible

Como se ha explicado en la sección 2.1.3 del marco teórico, la utilización de nuevas tecnologías como blockchain para la financiación de proyectos sostenibles, es ya una necesidad. Así pues, a lo largo de esta sección se mostrará como el sector financiero ha evolucionado, y se expondrán diversas iniciativas que apuestan por el desarrollo sostenible a través de soluciones fintec, es decir de la integración entre financiación y tecnología. Estas iniciativas son las siguientes (Naderi & Tian, 2022):

- **Climate Chain Coalition:** Es una iniciativa global par apoyar la colaboración entre stakeholders con el objetivo de promover las soluciones verdes digitales y con tecnologías DLT y mejorar la verificación, medida y presentación de informes de los proyectos sostenibles (Climate Chain Coalition, 2022). Actualmente da soporte a multitud de proyectos, como **ElectriCChain**, un proyecto basado en la blockchain **SolarCoin**, que verifica y publica en tiempo real la producción energética de alrededor de 7 millones de plantas solares, o **FinTech4Good**, una fintec global que trabaja con start-ups e inversores para implementar soluciones sostenibles.
- **WePower:** Se trata de una plataforma que establece conexiones entre los proveedores de energía, los compradores empresariales y los productores de energía, ofreciendo una manera sencilla de realizar transacciones de energía verde. Con el potencial de blockchain, la plataforma provee la posibilidad de firmar de forma directa contratos energéticos (Naderi & Tian, 2022).
- **Stockholm Green Fintech:** Esta iniciativa se trata de una organización sin ánimo de lucro, cuyo objetivo es acelerar el progreso en la financiación e inversión sostenible a través de soluciones e innovaciones fintec. La organización se define como una plataforma independiente para estimular, crear y promover soluciones para una transformación verde de la industria financiera. Esta organización, gestionada por el hub de innovación en fintec de Suecia, se encarga de fomentar el intercambio de ideas y la colaboración entre los distintos actores y apoyar la innovación de soluciones financieras tecnológicas (Stockholm Green Fintech, 2022).
- **Green Asset Wallet:** Es la primera plataforma blockchain diseñada para la validación y la monitorización del impacto financiero. La plataforma está pensada exclusivamente para ofrecer transparencia, eficiencia y confianza en el mercado de deuda verde. Ofrece sus servicios a los emisores de deuda, ayudándoles a demostrar credibilidad y a informar del impacto de sus emisiones; a los validadores, conectándoles con los emisores, digitalizando y expandiendo el impacto de sus procesos de garantía, y por último a los inversores, ayudándoles a ejecutar decisiones informadas y comunicándoles el impacto global de sus elecciones (Green Assets Wallet, 2022).

Capítulo 4

Respuesta ante la falta de confianza en activos sostenibles: tokenización de bonos verdes

A lo largo del trabajo se han analizado los ODS, y la situación actual de estos con respecto a su cumplimiento en 2030. Debido al sistema de consumo actual y a eventos improbables pero devastadores, como la pandemia COVID, nos encontramos en una situación crítica en el cumplimiento de estas metas globales. La posibilidad de cambio pasa por perseguir un incremento en financiación sostenible. Estas nuevas inversiones verdes deben sobreponerse a los principales retos de la financiación sostenible, como es la falta de información que conlleva una falta de confianza de la población, lo cual impide que inversores potenciales se comprometan con iniciativas de inversión sostenibles.

Es aquí donde las soluciones que integren nuevas tecnologías pueden suponer un cambio en el paradigma de la financiación sostenible. Estas soluciones pueden aprovecharse del uso de tecnologías como Internet of Things (IoT), redes de objetos físicos con sensores y software integrados que permiten la conexión y el intercambio de datos continuo, o la Inteligencia Artificial (IA), que permite la utilización de ordenadores para conseguir resultados que tradicionalmente requieren de inteligencia humana.

Para el mercado de bonos en general, la adopción de tecnologías DLT como blockchain puede suponer una reducción de hasta diez veces en costes (HSBC, 2019). Estos beneficios permiten que proyectos modestos tengan la capacidad de emitir bonos, lo que supone una gran oportunidad para iniciativas sostenibles de un tamaño reducido. Como se ha explicado con anterioridad, blockchain permite establecer un acuerdo digital que cuente con la confianza de todas las partes, mediante la utilización de técnicas criptográficas, para validar transacciones. Esto posibilita el uso de blockchain como sustituto de los intermediarios, habilitando una reducción de los costes de emisión, lo cual impacta en el valor mínimo de un cupón. Como consecuencia, no existe diferencias en los costes de emisión de cupones con valor de 10 euros, e inversiones de 10 millones de euros (HSBC, 2019). Este puede ser el principal catalizador de la apertura del mercado de bonos verdes

a una variedad más amplia de inversores.

Asimismo, blockchain no se está desarrollando de manera aislada, sino de la mano de otras tecnologías. Mediante la utilización de IoT e IA, se puede desplegar una red de sensores allá donde se estén llevando a cabo los proyectos verdes que han sido financiados, recogiendo datos en tiempo real y cargándolos al *ledger*, poniéndolos así a disposición de los inversores. Este es uno de los principales motivos por los que la utilización de blockchain en el mercado de bonos verdes suponen una gran oportunidad, pues mejoraría la calidad de la información disponible al público, y aliviaría el peso que supone la monitorización del impacto medioambiental de una manera eficiente (HSBC, 2019). Así pues, este tipo de soluciones tienen el potencial de liderar la transformación y estrechar la brecha de proyectos sostenibles, que impactarían de forma directa en la financiación de los ODS.

Por tanto, a lo largo de este capítulo se presentará la solución propuesta, justificando las decisiones tecnológicas tomadas y cómo estas pueden ayudar a formar un modelo que cumpla el objetivo de este trabajo. Esta presentación constará de una descripción de los enfoques tomados, así como de las partes interesadas en la red propuesta y de la arquitectura tecnológica. Por último se destacarán los retos que surgen de la utilización de este tipo de tecnologías innovadoras.

4.1. Modelo propuesto

El objetivo de esta sección es describir los aspectos tecnológicos más vanguardistas del modelo propuesto. Sin embargo, antes de explicar las características específicas que resaltan el potencial de la propuesta, se analizará el árbol de decisiones que se observa en la figura 4.1. Este árbol se ha elaborado con el objetivo de explicar las decisiones tecnológicas que se han tomado, recordando por qué se utiliza el uso de la tecnología blockchain en sí, pero también ampliando algunas decisiones técnicas más. Si seguimos el diagrama, la primera pregunta a la que nos enfrentamos es si existe más de una parte interesada. En la emisión de bonos verdes, como hemos mencionado anteriormente, existen multitud de partes interesadas. Esas distintas partes involucradas tienen diferentes intereses, tanto económicos como personales, lo cual resuelve la siguiente pregunta pues no puede haber una total confianza entre las partes. Hasta aquí hemos evaluado la relación que hay entre los participantes de la aplicación, lo siguiente será evaluar la relación que tienen estos participantes con respecto a la información.

En nuestra propuesta, el registro de las transacciones que se realicen con los fondos procurados por los inversores deberían, en principio, ser inmutables y sobre todo transparentes. Esto nos lleva a la primera decisión sobre el tipo de tecnología a utilizar, que en este caso será blockchain. Sin embargo, como se explicó en el capítulo 2 existen diferentes tipos de blockchain, por tanto los siguientes pasos se tomarán para concretar esta decisión. Como se explicará durante el capítulo, dentro de nuestra propuesta existen diferentes roles que tendrán responsabilidades sobre la red distintas entre sí. Es por eso que resulta fundamental tener la capacidad de construir políticas para las distintas partes interesadas en

la red, que restrinjan tanto la información a la que pueden acceder, como las acciones que pueden ejecutar sobre la red. Es decir, deberíamos utilizar una blockchain permissionada. Por último, al tratarse fundamentalmente de datos de empresas privadas con información muy específica, no conviene que cualquier miembro de internet pueda tener acceso a la información o pueda formar parte de nuestra red. Todo este hilo de contemplaciones nos lleva a considerar como la herramienta tecnológica que más encaja en la propuesta a una blockchain privada permissionada.

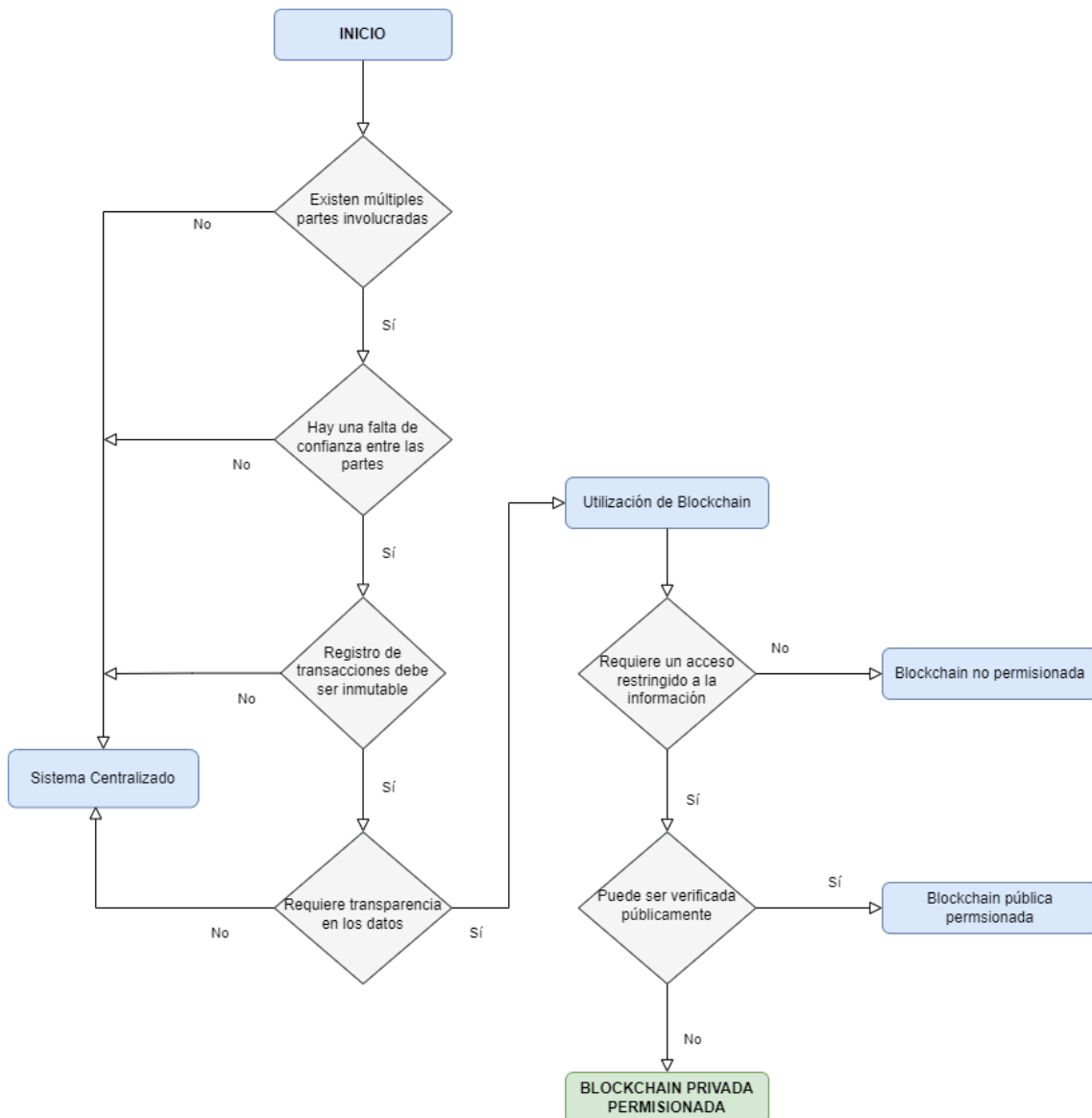


Figura 4.1: Árbol de decisiones utilizado

Fuente: Elaboración propia

Durante el capítulo se desarrollará la propuesta de arquitectura para la tokenización de activos verdes y la comunicación en tiempo real, del proceso y de su impacto, a los

inversores. Esto se hará a través de la descripción de los diferentes enfoques que han llevado a desarrollar el modelo final.

4.1.1. Enfoques de la propuesta

4.1.1.1. Tokenización como representación de los activos

Es importante destacar que existen ciertas distinciones en la naturaleza de los activos digitales presentes en las blockchain permissionadas. Si un activo se emite directamente *on-chain*, y su existencia queda definida únicamente por la distribución en la *ledger*, se trata de un activo nativo de la blockchain. Sin embargo, cuando se trata de la representación de un activo existente *off-chain*, se habla de tokenización (Hileman & Rauchs, 2017).

Por tanto, podemos definir tokenización como la representación mediante tokens de activos tradicionales, dentro de una tecnología DLT (OECD, s.f.). En un sentido amplio, un token es básicamente la representación de otra cosa, y en este caso, cada token representa una parte proporcional del activo digitalizado.

Así pues, los tokens que se emiten al tokenizar los activos digitales, existen dentro de la blockchain que se utilice en cada caso. Los activos “reales” que respaldan esta tokenización siguen existiendo fuera de la blockchain, y en caso de activos “reales” físicos, se mantienen custodiados para garantizar el valor de los tokens (OECD, s.f.). En la figura 4.2, se puede observar el diagrama que recoge los fundamentos de la tokenización.

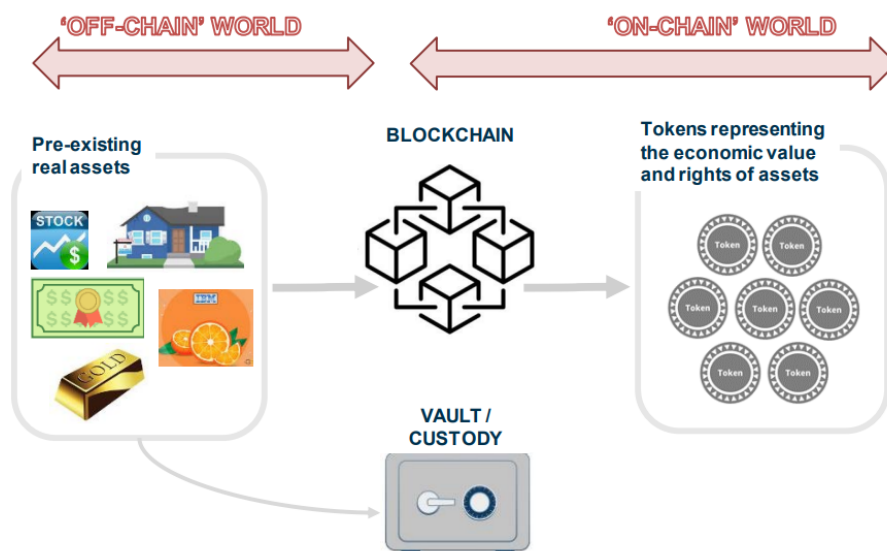


Figura 4.2: Diagrama tokenización de activos

Fuente: OECD (2020)

Actualmente, el proceso de emisión de bonos cuenta con diferentes fases y unos flujos complejos que requieren la colaboración de diversas partes. En concreto, HSBC

(2021) ha identificado en uno de sus estudios alrededor de 2500 pasos en el flujo de trabajo de la emisión de bonos. En general se trata de procesos burocráticos en papel y con muy poca automatización, lo cual da lugar a ciertas ineficiencias presentes a lo largo del ciclo de vida del bono. Estos procesos manuales conllevan ciertos costes, y requieren un filtrado y procesado de datos que puede introducir errores humanos.

4.1.1.2. Utilización de Smart Contracts y DLT

Los procesos manuales y compartimentados que se llevan a cabo durante el ciclo de vida de los bonos verdes, aunque generan ineficiencias, tienen el objetivo de mantener la información sensible de las partes involucradas privada. Esto genera que los procesos entre las partes interesadas estén fragmentados en multitud de procedimientos con multitud de terceros implicados.

Al utilizar Smart Contracts, se evitarían la mayor parte de estos impedimentos, pues al ser contratos que se ejecutan de manera automática y cuyo contenido es programable, aportan autonomía de terceras partes, mayor velocidad y una reducción de costes ligada a la reducción de intermediarios. Los Smart Contracts que se introducen en la propuesta crean una representación estandarizada de los bonos tokenizados, que modelan y automatizan el ciclo de vida de éstos. Haciendo uso de los atributos de DLT, la aplicación de Smart Contracts mejora la funcionalidad de los bonos gracias a las siguientes características:

- Las reglas del mercado y de los procesos están embebidas en los contratos, permitiendo que cada paso sea objeto de validación y se pueda auditar.
- Los términos legales de los acuerdos del mundo real se codifican en los contratos, definiendo claramente los roles, derechos y obligaciones de todas las partes interesadas.
- La liquidación se lleva a cabo de forma automática y simultáneamente en toda la cadena, mejorando la movilidad de activos y eliminando el riesgo de crédito, pues se suprime la posibilidad del incumplimiento de las obligaciones contractuales de las contrapartes.

4.1.1.3. Establecimiento de interoperabilidad

La infraestructura y las prácticas del mercado actual requieren la confianza en un operador central que valida las transacciones, y distribuye la información correcta a las partes pertinentes, tales como los derechos y obligaciones adecuados para cada involucrado.

A diferencia de la infraestructura actual con un punto único de fallo, es decir, que un fallo en el funcionamiento ocasiona un fallo en el sistema completo, la utilización de DLT permite mantener el funcionamiento compartimentado mediante la aplicación de protocolos de interoperabilidad. Este tipo de protocolos ofrecen la posibilidad de crear una red de dominios distinguidos, con diferentes permisos según el dominio, que evitan tener un solo

operador responsable de todo el flujo E2E, y del cual dependan todos los participantes. Mediante dichos protocolos, será más sencillo introducir herramientas que resulten útiles para la monitorización de los bonos.

Así pues, el establecimiento de interoperabilidad, facilita la segregación de datos, gracias a la posibilidad de tener diferentes dominios, es más, en caso de que fuera necesario, se puede incluso albergar los datos en diferentes blockchains, compartimentando aún más la información de la que disponen los usuarios. En todo caso a la hora de escoger el tipo de blockchain a utilizar, se propone una blockchain permissionada, pues como se muestra en la tabla 2.1 ofrece protección de la privacidad, y en concreto de la información comercial sensible.

4.1.1.4. Facilitar múltiples métodos de pago

Uno de los objetivos de esta propuesta en primera instancia es la de ensanchar el abanico de inversores, atrayendo así nuevos flujos de inversión para las iniciativas sostenibles. Es por eso que la propuesta se diseña para poder realizar los pagos y cobros, relacionados con la compra y liquidación de los bonos, mediante dos métodos distintos:

- Dinero fiat tradicional: los inversores minoristas tienen la opción de pagar y cobrar los bonos verdes con sus cuentas bancarias tradicionales, a través de las plataformas electrónicas que los bancos tienen disponibles.
- Alternativas dentro de blockchain, *stablecoins*: Estas criptomonedas, llamadas monedas estables, son distintas a otro tipo de monedas nativas de blockchain, pues son monedas vinculadas a un activo estable, lo cual las dota de una menor volatilidad. Pueden estar vinculadas por activos físicos como el oro o el petróleo, o a dinero fiat como el dólar americano (USD Coin).

Se remarca que la combinación, o la posibilidad de utilización de estos métodos de pago, puede suponer una mayor variedad de inversores pues se entiende que los inversores tradicionales pueden tener más reparo a la hora de pagar o cobrar con criptomonedas o activos nativos de blockchain. Ligando estos pagos a monedas estables o incluso al mismo dinero fiat, se espera que aquellos inversores más reticentes a las soluciones del mundo de las *crypto* se animen a ser partícipes de estas inversiones sostenibles.

4.1.1.5. Integración de datos IoT en tiempo real

Como se ha explicado anteriormente, la calidad de la información al respecto del impacto de inversiones en proyectos sostenibles supone una barrera de entrada. Para aquellos inversores que deciden invertir en iniciativas respetuosas con el medio ambiente, existen ciertas dudas sobre el impacto real de los fondos que se ponen a disposición. La principal novedad que se ofrece en esta propuesta es la integración de datos reales procedentes de

sensores y mecanismos IoT. De esta manera, los inversores saldrán beneficiados obteniendo un flujo de datos verdes en tiempo real, con los cuales podrán seguir el impacto de su inversión en bonos verdes. A través del seguimiento gracias a estos datos, se provee una solución transparente y fiable a todas las partes interesadas, otorgando mayor certeza con respecto al impacto de la financiación.

Al integrar los datos de IoT en tiempo real con DLT, la información se comparte con todos los miembros de la red. Esto permite no sólo monitorizar el rendimiento del activo por parte del cliente, sino que facilita a los componentes reguladores la validación de los bonos verdes.

4.1.2. Partes interesadas

Como en cualquier ecosistema en el que se involucran diferentes participantes, es importante definir las partes interesadas a lo largo del ciclo de vida de los bonos verdes tokenizados. Cabe destacar que el objetivo general de esta propuesta es mejorar el modelo existente de emisión y procesos alrededor de los bonos verdes. El modelo tradicional cuenta con numerosos intermediarios, lo cual conlleva costes y un proceso más largo. Así pues, en esta sección se describen las partes interesadas que forman parte de nuestra red, y que son los responsables de todas las acciones sobre los bonos. Los actores principales que participan en el sistema y los procesos alrededor de la tokenización de bonos verdes son los siguientes:

- **Emisores:** Crean y administran los bonos verdes, especificando las características que desean para estos títulos de deuda. También se encargan de compartir los informes que recojan sobre el impacto de los activos sostenibles.
- **Validadores:** Compuestos por los asesores legales, y aquellos encargados de estructurar, arreglar y administrar la deuda. Comprueban si la emisión diseñada por los emisores cumplen ciertos requisitos. En definitiva, revisan y aprueban o deniegan la emisión.
- **Inversores:** Agente que decide incorporar este tipo de deuda sostenible dentro de su cartera de inversiones. Administra sus activos y monitoriza el impacto que estos tengan en los proyectos verdes a los que haya financiado.
- **Regulador:** Supervisa la creación del consenso asegurándose del cumplimiento de la regulación. Se trata del participante con más permisos, está autorizado para alterar o incluso vetar la formación de bloques en la cadena.
- **Proveedor de datos sobre el impacto:** Se encargan de recoger los datos en tiempo real e integrarlas en la blockchain para poder realizar el seguimiento del impacto y la validación de los bonos, es decir, que siguen teniendo las métricas de un bono etiquetado como verde.

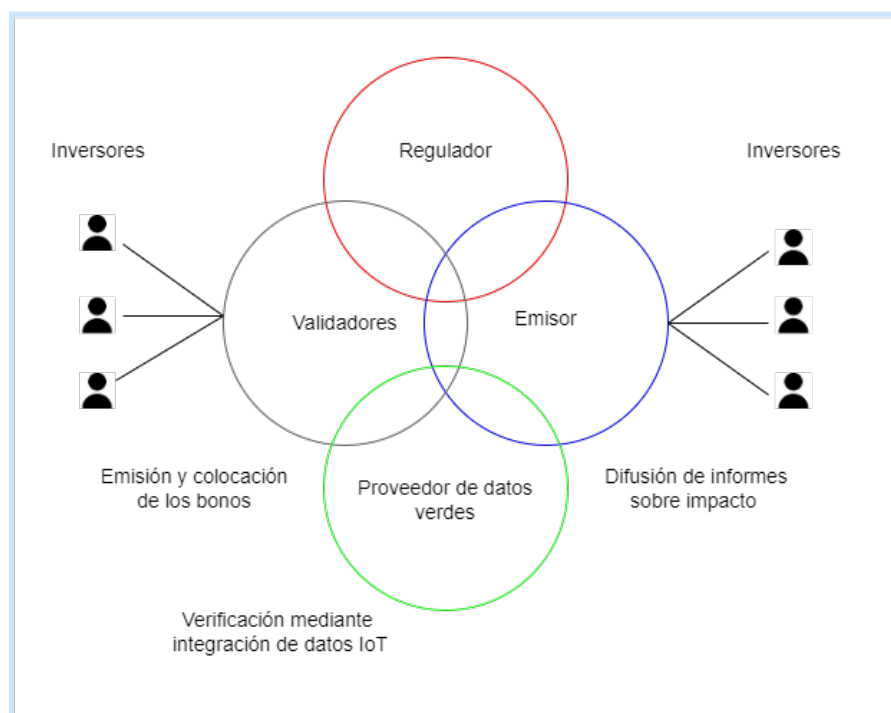


Figura 4.3: Relación entre las partes interesadas

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Arquitectura

El propósito de esta sección es presentar, a alto nivel, la arquitectura del modelo de emisión y monitorización de bonos verdes propuesto. Cabe destacar la característica más relevante de este proyecto: la integración de datos proveniente de dispositivos IoT en la blockchain. Esta cualidad permite a los inversores que puedan seguir, en tiempo real, el estado de sus inversiones y el impacto que estas están teniendo a favor del desarrollo sostenible. A continuación se presenta la diagrama de la arquitectura en la figura 4.4, y la explicación del ciclo de vida del bono de principio a fin que se daría con esta estructura.

1. **Iniciación:** El emisor cumplimenta una plantilla simplificada con las características que quiere que tenga la emisión de bonos.
2. **Validación:** Los agentes validadores evalúan el impacto en la financiación sostenible y comprueban que se cumplan los requisitos verdes necesarios para la emisión.
3. **Emisión:** Una vez el emisor ha cumplimentado la documentación necesaria y esta ha sido aprobada por los validadores, sólo queda el visto bueno por parte del regulador, que comprueba que se estén cumpliendo las políticas predefinidas. Finalmente los bonos se tokenizan y se emiten.

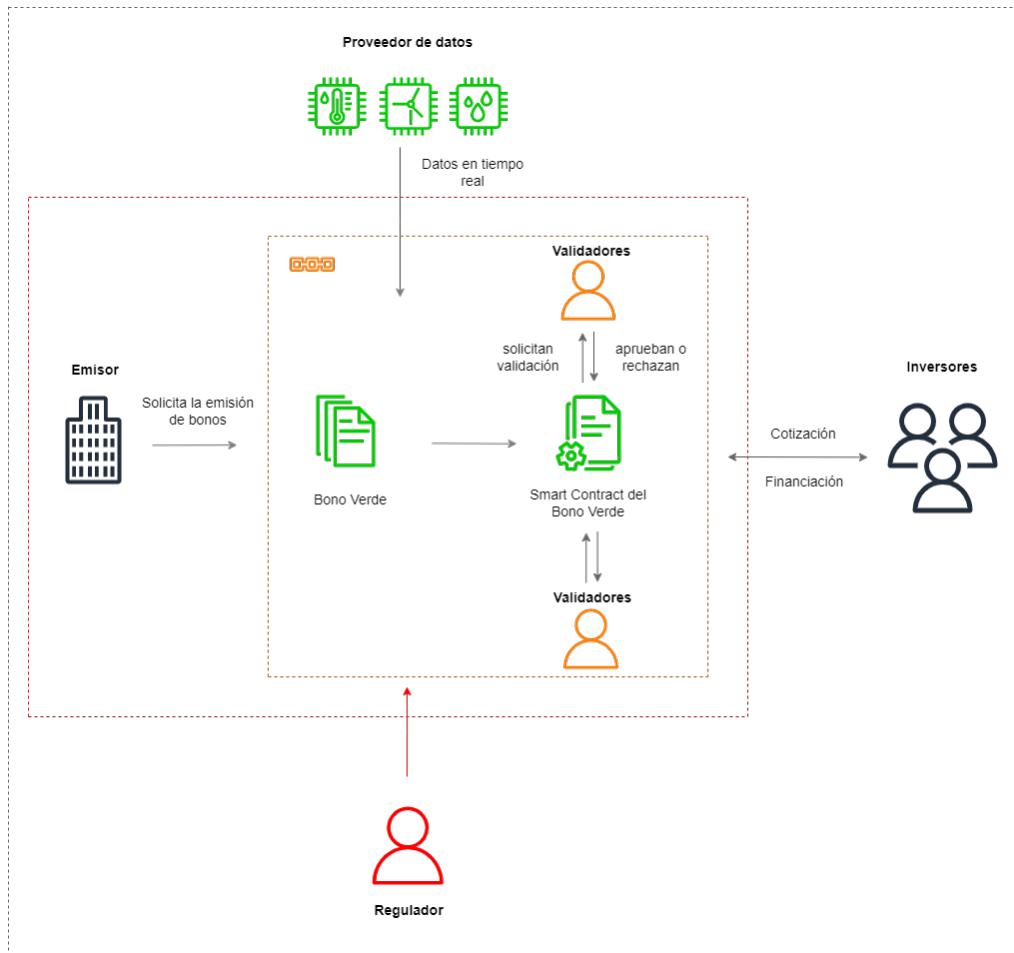


Figura 4.4: Arquitectura a alto nivel

Fuente: Elaboración propia

4. Cotización: Se trata de la etapa en la que se ejecutan los cupones de los bonos, pendientes de liquidación. Se procesan las transacciones por los miembros validadores de la red, de manera que se insertan en la blockchain.
5. Archivado: Por último, el historial de todas las transacciones está presente en la blockchain, a disposición de quien quiera auditar y rastrear los movimientos.

4.1.4. Interfaz

A lo largo de esta propuesta se han remarcado las partes y las herramientas participan en el almacenado y procesado de la información relativa a los bonos verdes. Una vez expuesta esta parte de la propuesta, es necesario abordar una de las cosas fundamentales en el desarrollo del modelo: que esta información llegue a los inversores. Por ello, para que estas personas que han decidido participar en una financiación sostenible puedan realizar un seguimiento del impacto de sus fondos, se muestra una posible interfaz que daría acceso a la información sobre el impacto medioambiental de los bonos verdes.

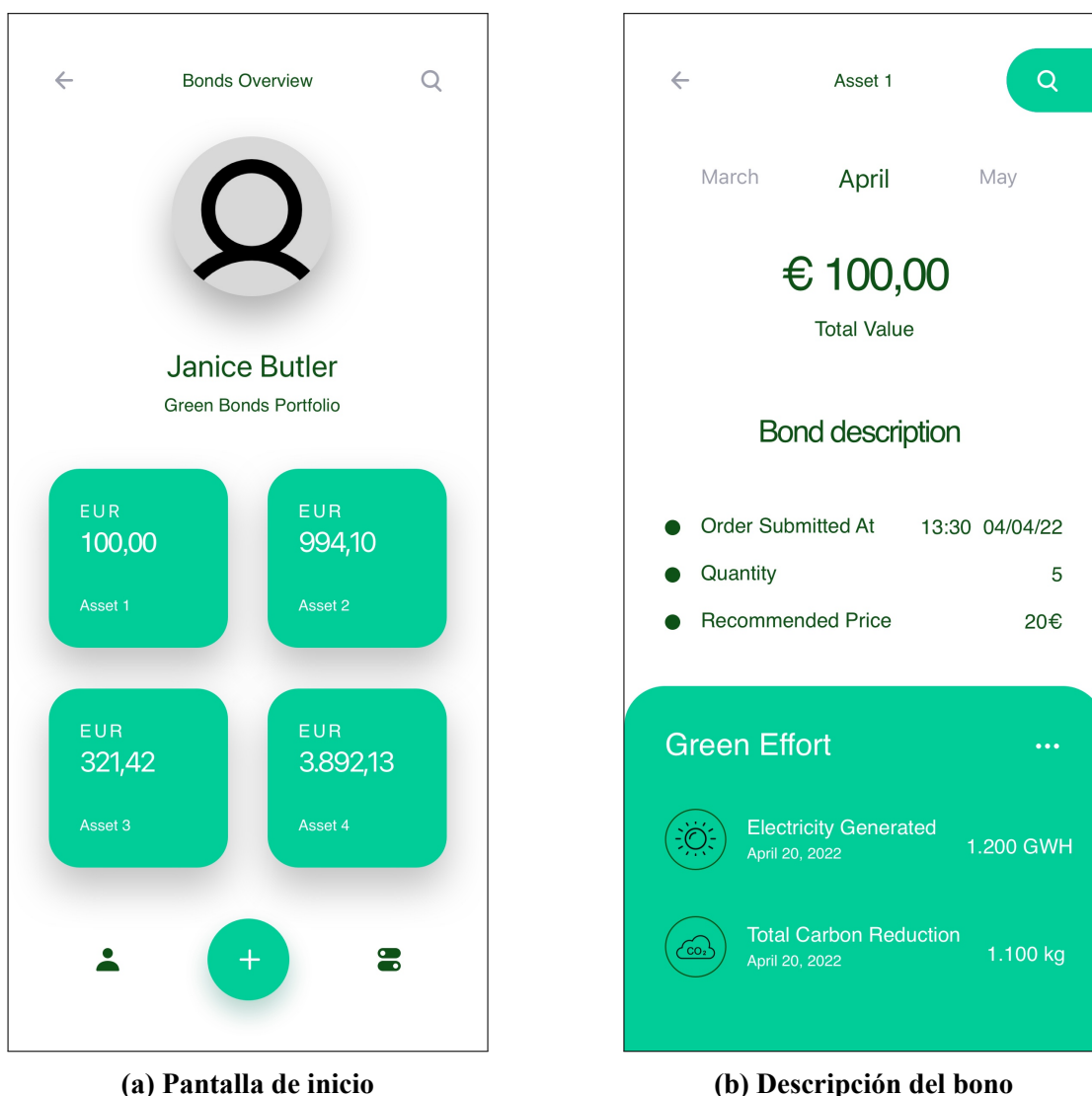


Figura 4.5: Interfaz propuesta

Fuente: Elaboración propia

Las decisiones técnicas y los enfoques tomados para el diseño de la arquitectura se

traducirían para el inversor en la interfaz que se puede observar en la figura 4.5. El objetivo de esta interfaz es exponer de una manera sencilla la cartera de bonos verdes del usuario, y las características de los bonos que pertenecen a dicha cartera. Al acceder a la aplicación donde esté dando seguimiento a sus inversiones, tendría la visión de conjunto de los títulos de deuda verde que tiene en su poder. Pulsando en uno de ellos, el inversor podría ver el valor de este bono, acompañado de los datos que son facilitados por el proveedor de datos sobre el impacto medioambiental y almacenados en la blockchain. En el supuesto de que los fondos aportados por el usuario a través de bonos verdes se dedicaran a proyectos para la generación de energías renovables, éste podría saber cómo ha contribuido el dinero invertido a través de diversas métricas, como por ejemplo la cantidad de energía que se ha generado con sus fondos y cómo esto ha contribuido a una reducción de su huella de carbono.

Esto permitiría que aquellas personas que hayan decidido invertir en bonos verdes, puedan obtener información de calidad del desempeño de los fondos aportados, no sólo a nivel económico también sino midiendo el impacto medioambiental.

4.2. Retos en la emisión de bonos verdes digitales

En las anteriores secciones se ha destacado el potencial que tiene la utilización de tecnologías DLT en el mundo financiero en general, y para el caso de la financiación sostenible en particular. Como se ha expuesto, la tokenización de bonos verdes tiene grandes ventajas tanto desde el punto de vista de la eficiencia, como de la monitorización de los fondos. Sin embargo, existen ciertos retos en diferentes ámbitos a la hora de normalizar este tipo de procedimientos.

Desde un punto de vista técnico, se trata de una solución tecnológicamente demandante. La implementación de sistemas basados en DLT puede suponer un reto en multitud de situaciones, pero sobre todo en países en los cuales la infraestructura tecnológica e incluso la red eléctrica no están preparados. Esto mismo puede suponer una nueva brecha entre los países más desarrollados y los que están en vías de desarrollo, pues la capacidad de implementar estos modelos depende de la robustez y la fuerza de la estructura tecnológica de un país. Como consecuencia de diferentes infraestructuras económicas, un factor determinante es la accesibilidad de la población a estas tecnologías, tanto por la formación y conocimiento que tengan de ellas, como directamente por la falta de acceso a estas soluciones. Es importante tener estas circunstancias en cuenta para evitar agravar las diferencias tecnológicas ya existentes y no impactar de manera negativa en la cohesión social.

Permaneciendo en el ámbito técnico, la falta de profesionales formados en tecnologías blockchain y finanzas, concretamente en finanzas sostenibles, supone otra barrera de entrada para el desarrollo de soluciones DLT para la financiación de iniciativas verdes. El despliegue de estos proyectos supondría un compromiso inicial muy grande, pues demanda una inversión de entrada para las infraestructuras de gran volumen, así como la búsqueda y retención de personal técnico con grandes conocimientos y experiencias

técnicas.

De igual manera, las tecnologías DLT exigen una demanda de recursos energéticos alta, esto supone otro reto importante para la utilización de estos modelos en soluciones sostenibles. Estudios recientes demuestran que la demanda de energía para aplicaciones que utilizan blockchain, como Bitcoin, podrían conllevar una subida importante en las emisiones de carbono (Schulz & Feist, 2021). Aunque dependa de la aplicación, se estima que Bitcoin utiliza la misma cantidad de energía anualmente que países enteros como Irlanda o Austria (de Vries, 2018). Si bien se trata de un hecho a tener en cuenta, esta gran exigencia energética no debe ser un razón para detener el desarrollo de soluciones tecnológicas de la mano de DLT, dado que no son tecnologías no sostenibles intrínsecamente. Es importante destacar esto, pues el impacto de blockchain depende de las aplicaciones que se le dé, y tienen el potencial de mejorar la eficiencia energética y de acelerar el desarrollo en favor de la transformación a sistemas energéticos sostenibles (Zhang et al., 2018).

Por otra parte, el ámbito regulatorio supone otro campo repleto de retos en la utilización de la tecnología blockchain en ciertas áreas, debido a la novedad de estos modelos. En primer lugar podemos tratar la protección de datos, pues las regulaciones existentes se diseñaron antes de que se definieran de forma definitiva los paradigmas de auditabilidad y transparencia de blockchain. Al contrario que otras formas de almacenamiento de datos, la tecnología blockchain está diseñada para mantener un seguimiento histórico de los datos, sean transacciones u otro tipo de información, lo que significa que, en teoría, esta información debe estar latente en la cadena de forma perpetua. Esto supone un conflicto con el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD), reglamento europeo que incluye el derecho al olvido. Esto garantiza el derecho de que, en ciertas circunstancias, los datos que se tengan del usuario se puedan eliminar. Aunque no existe certeza de cómo este tipo de retos pueden impactar la utilización de tecnologías DLT, no parecen ser impeditivos, pues es un campo en el que se sigue investigando e innovando continuamente, lo que abre la puerta a nuevos protocolos y arquitecturas que remedien algunos de los desafíos.

Por último, cabe destacar que no todos los países están preparados, desde el punto de vista regulatorio, para la emisión de bonos verdes digitales con DLT. Según HSBC (2019), los países más preparados para la adopción de estas emisiones, basándose en la disponibilidad de regulaciones acerca de activos digitales, son Luxemburgo, Alemania, Suiza, Singapur, Seychelles, Mauricio y Filipinas. En definitiva, las autoridades regulatorias tienen mucho trabajo por delante, principalmente en la definición de términos alrededor de activos digitales y la aclaración de posibles ambigüedades.

4.3. Resumen de la propuesta

A lo largo del capítulo se ha ido desarrollando la propuesta de tokenización de bonos verdes, una solución blockchain que permitiría a los inversores el acceso a información de calidad sobre la utilización de los fondos aportados y del impacto que estos tienen sobre el desarrollo sostenible. Para finalizar, en esta sección se recogen los puntos más importantes que se han ido exponiendo durante el capítulo y que reúnen el valor del modelo planteado. También se agrupan los posibles retos que se pueden encontrar y se presenta todo ello de forma esquemática mediante la tabla 4.1.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ■ Aumento de la transparencia y trazabilidad. Los inversores pueden seguir en todo momento el impacto medioambiental de los recursos que han proporcionado a través de su aplicación para monitorizar la cartera. ■ Incremento de auditabilidad para organismos reguladores causado por el incremento de la trazabilidad. ■ Disminución de intermediarios que supone una disminución de costes de emisión. Esto posibilita la emisión de bonos de cualquier importe, situación que abre las puertas a inversores pequeños. ■ La disminución de costes de emisión habilita también que las pequeñas y medianas empresas puedan permitirse emitir bonos verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Modelo muy novedoso, en la mayoría de países occidentales europeos requiere una adaptación de la regulación o creación de esta misma. ■ Supone un reto tecnológico, tanto a nivel de infraestructura de internet, como a nivel cultural. Es necesario que haya gran variedad de gente formada en estas nuevas herramientas. ■ La utilización de la tecnología blockchain supone que sea una solución energéticamente exigente.

Tabla 4.1: Resumen de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

En definitiva, este tipo de modelo puede tratarse de la respuesta verdadera a la falta de confianza en los bonos verdes, pues no sólo se tratan de bonos presentes en una blockchain, lo cual ya ofrece trazabilidad y transparencia, sino que se complementa con datos

en tiempo real del impacto que están teniendo las inversiones. Todo esto junto supone un empujón hacia la disminución de la brecha en inversión sostenible.

Capítulo 5

Conclusiones

El objetivo de este TFG es proponer un modelo de emisión de bonos verdes que ayude a aumentar la confianza en éstos. Esto se ha conseguido gracias al potencial de las tecnologías blockchain en el mundo financiero, que ofrecen la posibilidad de mantener una transparencia y una trazabilidad mucho mayor gracias a la naturaleza de la tecnología. La utilización de esta solución tecnológica permite también integrar datos externos, que mantienen a los inversores informados del impacto medioambiental de sus fondos.

Antes de describir la propuesta se han explicado los diversos temas que envuelven el trabajo, las finanzas sostenibles y las tecnologías de libro contable distribuido. Acerca de la sostenibilidad se ha tratado sobre todo el estado de cumplimiento de los ODS, remarcando la necesidad de canalización de nuevos flujos de inversión sostenible que hagan uso de tecnologías innovadoras. También se ha explicado el reto que se intenta abordar con este trabajo, el greenwashing, y cómo este se puede dar en la emisión de bonos verdes, lo cual desalienta a inversores potenciales.

En cuanto a las tecnologías de libro contable distribuido, se explican los fundamentos tecnológicos en los que están basadas, así como la filosofía detrás de ellas. Después de exponer algunas de las aplicaciones posibles de la tecnología blockchain en el sector financiero, se realiza una comparativa entre los nuevos servicios de finanzas tecnológicas y descentralizadas y las finanzas tradicionales.

Por último, se ha desarrollado la propuesta que supone el núcleo de este trabajo. Durante la elaboración de esta propuesta se han llegado a diversos puntos en los que la introducción de la tecnología blockchain en la emisión de bonos verdes supone una mejora. En primer lugar y más importante, otorga la capacidad de integrar datos provenientes de IoT, que permiten monitorizar en todo momento el impacto en desarrollo sostenible que están teniendo los recursos dedicados por parte del inversor, y reducen en gran cantidad las posibilidades de que exista greenwashing. En segundo lugar, al utilizar la tokenización y reducir intermediarios, podemos emitir tokens del tamaño que se quiera, lo cual abre la puerta a todo tipo de inversores minoristas, pero sobre todo a aquellos con menos poder adquisitivo que se quieran involucrar en la financiación sostenible innovadora. Esta reducción de intermediarios que se ha comentado, también permite que todo tipo de empresas se

puedan permitir emitir esos títulos de deuda sostenible, y que los costes de intermediación no limiten esta posibilidad a empresas de pequeño y mediano tamaño.

En definitiva, todo esto contribuye a la canalización de nuevos flujos de inversión, pues dota de una mayor confianza y transparencia a las inversiones sostenibles, y disminuye las barreras de entrada de los inversores a este tipo de iniciativas verdes. Esto es fundamental pues no sólo cumple con el objetivo principal de este TFG, sino que podría suponer un ansiado cambio para la financiación sostenible y de los ODS, lo cual tendría implicaciones medioambientales y sociales positivas .

Bibliografía

- Aji, H. M. & Sutikno, B. (2015). The Extended Consequence of Greenwashing: Perceived Consumer Skepticism. *International Journal of Business and Information*, 4, 433-468. <https://www.researchgate.net/publication/296700585>
- Asefa, S. (2005). *The Economics of Sustainable Development* (1.^a ed.). W.E. Upjohn Institute for Employment Research. <https://doi.org/10.17848/9781417596324>
- Climate Bonds Initiative. (2022). *\$500bn Green Issuance 2021: social and sustainable acceleration: Annual green \$1tn in sight: Market expansion forecasts for 2022 and 2025*. <https://www.climatebonds.net/2022/01/500bn-green-issuance-2021-social-and-sustainable-acceleration-annual-green-1tn-sight-market>
- Climate Chain Coalition. (2022). *Climate Chain Coalition*. <https://www.climatechaincoalition.io/>
- Coffee, J. C. (2015). What Went Wrong? An Initial Inquiry Into the Causes of the 2008 Financial Crisis. *Journal of Corporate Law Studies*, 9, 1-22. <https://doi.org/10.1080/14735970.2009.11421533>
- de Vries, A. (2018). Bitcoin's Growing Energy Problem. *Joule*, 2(5), 801-805. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.04.016>
- Dirección General de Industria. (2019). *Marco Estratégico en política de PYME 2030*. <https://industria.gob.es/es-es/Servicios/MarcoEstrategicoPYME/Marco%20Estrat%C3%A9gico%20PYME.pdf>
- Flood, C. (2022). Fears rise over 'greenwash' bonds. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/178449a7-8897-4359-b23a-e85524c3e227>
- Green Assets Wallet. (2022). *A global leader in impact intelligence*. <https://greenassetswallet.io/>
- Gupta, M. (2018). *Blockchain - IBM Limited Edition*. John Wiley Sons, Inc. <https://www.ibm.com/topics/what-is-blockchain>
- Harrison, C., MacGeoch, M. & Michetti, C. (2021). *Sustainable Debt, Global State of the Market 2021*. Climate Bonds Initiative.
- Hileman, G. & Rauchs, M. (2017). Global Blockchain Benchmarking Study. *Cambridge Centre for Alternative Finance*. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3040224>
- Hong Kong Government. (2020). *Chinese White Dolphin - Conservation Status*. https://www.afcd.gov.hk/english/conservation/con_mar/con_mar_chi/con_mar_chi_chi/con_mar_chi_chi_con_pro.html

- HSBC. (2019). *Blockchain. Gateway for Sustainability Linked Bonds*. <https://www.sustainablefinance.hsbc.com/mobilising-finance/blockchain-gateway-for-sustainability-linked-bonds>
- HSBC. (2021). *Fixed income digital assets: Unpacking Digital Bond Issuance*. <https://www.business.hsbc.com.sg/en-sg/insights/innovation-and-transformation/fixed-income-digital-assets-unpacking-digital-bond-issuance>
- Huang, Y. C., Chen, R. C., Cheng, Y. J. & Huang, Y. C. (2007). Stock manipulation and its impact on market quality. *National Kaohsiung First University of Science and Technology*.
- Naderi, N. & Tian, Y. (2022). Leveraging Blockchain Technology and Tokenizing Green Assets to Fill the Green Finance Gap. *Energy Research Letters*, 3(Early View). <https://doi.org/10.46557/001c.33907>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <https://www.bitcoin.org>
- OECD. (s.f.). The Tokenisation of Assets and Potential Implications for Financial Markets. *OECD Blockchain Policy Series*.
- Paul, B. D. (2019). A history of the concept of sustainable development: literature review. *Annals of the University of Oradea, Economic Science Series*, 17, 581-585.
- Qin, K., Zhou, L. & Gervais, A. (2021). CeFi vs. DeFi — Comparing Centralized to Decentralized Finance. *Cornell University, Fin*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.08157>
- Romero Ugarte, J. L. (2018). Tecnología de registros distribuidos (DLT): una introducción. *Boletín económico/Banco de España [Artículos]*, 4.
- Schulz, K. & Feist, M. (2021). Leveraging blockchain technology for innovative climate finance under the Green Climate Fund. *Earth System Governance*, 7, 100084. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esg.2020.100084>
- Statista. (2021). *Blockchain: número de usuarios de wallets (monederos)*. <https://es.statista.com/estadisticas/1236529/blockchain-numero-de-carteras-a-nivel-mundial/>
- Stockholm Green Fintech. (2022). *Stockholm Green Fintech*. <https://stockholmgreenfintech/>
- UNCTAD. (2021). *SDG Investment Trends Monitor 2021*. UNCTAD. <https://unctad.org/es/node/27440>
- United Nations. (2015a). The Millennium Development Goals Report. [https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20\(July%20201\).pdf](https://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20(July%20201).pdf)
- United Nations. (2015b). *United Nations Millennium Development Goals*. <https://www.un.org/millenniumgoals/>
- United Nations. (2019a). *Global Sustainable Development Report*. United Nations Department of Economic and Social Affairs. https://sdgs.un.org/sites/default/files/2020-07/24797GSDR_report_2019.pdf
- United Nations. (2019b). *Roadmap for Financing the 2030 Agenda for Sustainable Development*. <https://digitallibrary.un.org/record/3887320?ln=es>

- United Nations. (2020a). *Goals Archive - The Global Goals*. <https://www.globalgoals.org/resources/>
- United Nations. (2020b). *The Sustainable Development Goals Report*. United Nations, Department of Economic y Social Affairs. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>
- United Nations. (2021a). *Financing for Sustainable Development Report 2021*. United Nations Inter-agency Task Force on Financing for Development. <https://developmentfinance.un.org/fsdr2021>
- United Nations. (2021b). *The Sustainable Development Goals Report*. United Nations Department of Economic y Social Affairs. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021.pdf>
- United Nations. (2021c). United Nations Conference on Environment Development. <http://www.un.org/esa/sustdev/agenda21.htm>.
- United Nations. (2022a). *Global Impact of war in Ukraine on food, energy and finance systems*. <https://news.un.org/pages/wp-content/uploads/2022/04/UN-GCRG-Brief-1.pdf>
- United Nations. (2022b). Progress towards the Sustainable Development Goals Report of the Secretary-General. <https://unstats.un.org/sdgs/>.
- Weber, B. (2014). Can Bitcoin compete with money? *Journal of Peer Production*, 4. <http://peerproduction.net/issues/issue-4-value-and-currency/invited-comments/can-bitcoin-compete-with-money/>
- Zhang, X., Aranguiz, M., Xu, D., Zhang, X. & Xu, X. (2018). Chapter 21 - Utilizing Blockchain for Better Enforcement of Green Finance Law and Regulations. En A. Marke (Ed.), *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains* (pp. 289-301). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00021-5>

Anexo A

Reflexión sobre la relación del TFG con los ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible constituyen metas globales con el fin de promover la sostenibilidad, erradicando así la pobreza, protegiendo el planeta y asegurando un futuro para las generaciones venideras. Estos objetivos globales se han abordado a lo largo del trabajo en el capítulo 2, pues están intrínsecamente relacionados con el objetivo del TFG.

El propósito de este trabajo es utilizar tecnologías innovadoras como blockchain para incrementar la confianza en la emisión de bonos verdes. La consecución de este objetivo afecta directamente a la financiación sostenible y por tanto al cumplimiento de los ODS, así que podemos afirmar que existe una relación general entre los ODS y este TFG. Asimismo, los 17 objetivos globales se definen individualmente con más detalle a través de metas concretas y por tanto, podemos establecer relaciones más estrechas con objetivos específicos. En el caso del presente TFG, los ODS más ligados con el propósito del trabajo se muestran en la figura A.1 y son los siguientes:



Figura A.1: ODS relacionados con el trabajo

Fuente: United Nations (2020a)

- **Objetivo 9:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Este TFG trata de introducir tecnologías innovadoras para canalizar nuevos flujo de financiación sostenible lo cual promueve una modernización del sector financiero de una manera sostenible.
- **Objetivo 13:** Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Pues el propósito de los bonos verdes que se tratan en el TFG es precisamente el de actuar sobre las consecuencias del cambio climático y tratar de revertirlas.
- **Objetivo 17:** Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible. Este es el objetivo que se relaciona más directamente con el trabajo, pues trata de fortalecer la movilización de recursos financieros y aumentar la financiación para el desarrollo.