



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

TOKENIZACIÓN INMOBILIARIA: UN MODELO INNOVADOR, DENTRO DE UN SECTOR INNOVADOR

Autor: Ángel Fernández Soriano
Director: Antonio Ramírez del Río

MADRID | Noviembre, 2024

RESUMEN

Tras la crisis financiera del 2008, el mercado inmobiliario vio dañada su reputación severamente y se empezaron a barajar nuevos riesgos asociados a la inversión en bienes raíces, sobre todo relacionados con el endeudamiento respaldado por estos activos. Este acontecimiento no sólo evidenció la vulnerabilidad del mercado de bienes raíces, sino que también resaltó la necesidad de adaptar nuevas invenciones que pudieran mitigar los riesgos asociados a este tipo de inversión. Pese a esta situación y sumado a otros problemas inherentes del sector, la inversión inmobiliaria global constituye la reserva de riqueza más importante del mundo (Savills, 2021), siendo más valiosa que todas las acciones y títulos de deuda combinados del mundo.

En el mundo globalizado actual caracterizado por el desarrollo tecnológico, la tecnología Blockchain o cadena de bloques ha irrumpido en el sector como solución para democratizar la inversión inmobiliaria.

Este proyecto tiene como objetivo proponer un modelo de negocio basado en la tokenización inmobiliaria, que consiste en fraccionar estos activos apalancándonos en la tecnología Blockchain . El modelo incluye un análisis detallado del mercado global y español, una evaluación de los conceptos clave y aplicaciones de la tecnología Blockchain en el sector inmobiliario, y el desarrollo de una propuesta de valor clara. Además, se identifican las ventajas competitivas frente a los métodos tradicionales, se diseñan estrategias comerciales y de retención de clientes, y se establecen objetivos estratégicos a largo plazo.

ABSTRACT

After the financial crisis of 2008, the real estate market saw its reputation severely damaged, and new risks associated with investment in real estate began to emerge, particularly related to debt backed by these assets. This event not only highlighted the vulnerability of the real estate market but also underscored the need to adopt new innovations that could mitigate the risks associated with this type of investment. Despite this situation and coupled with other inherent sector problems, global real estate investment constitutes the most important wealth reserve in the world (Savills, 2021), being more valuable than all the world's stocks and debt securities combined.

In today's globalized world, characterized by technological development, Blockchain technology has emerged in the sector as a solution to democratize real estate investment.

This project aims to propose a business model based on real estate tokenization, which involves fractionalizing these assets by leveraging Blockchain technology. The model includes a detailed analysis of the global and Spanish markets, an evaluation of key concepts and applications of blockchain in the real estate sector, and the development of a clear value proposition. Additionally, it identifies the competitive advantages over traditional methods, designs commercial and customer retention strategies, and establishes long-term strategic objectives.

ÍNDICE:

1. Introducción
 - 1.1 Contexto
 - 1.2 Objetivos
2. Análisis del sector inmobiliario
 - 2.1 Panorama global
 - 2.2 El sector inmobiliario español
 - 2.3 Desafíos y oportunidades
3. La tokenización de bienes raíces y tecnología blockchain
 - 3.1 Conceptos clave
 - 3.2 Aplicaciones en el mercado inmobiliario
4. Identificación de oportunidades
 - 4.1 Análisis de mercado
 - 4.2 Necesidades del consumidor
5. Modelo de negocio
 - 5.1 Propuesta de valor
 - 5.2 Caso práctico
 - 5.3 Síntesis de resultados
6. Conclusión
 - 6.1 Impacto social
 - 6.2 Impacto económico
 - 6.3 Conclusiones finales

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Contexto

El sector inmobiliario ha sido durante mucho tiempo un pilar fundamental en la economía global, actuando como un importante generador de riqueza y estabilidad. A nivel mundial, los bienes raíces representan una proporción significativa del patrimonio de las personas y son una fuente clave de ingresos para muchas empresas y gobiernos. Sin embargo, el sector no está exento de desafíos. Entre los problemas más destacados se encuentran la falta de liquidez, altos costes de transacción, opacidad en las transacciones, dificultad en la diversificación las inversiones y sobre todo, la elevada cantidad de capital requerida normalmente para realizar este tipo de inversiones (Gupta et al., 2020), creando importantes barreras de entrada para pequeños inversores.

La falta de liquidez es un problema crónico en el mercado inmobiliario, ya que la compra venta de propiedades son procesos largos y costosos. Los altos costes de transacción, incluidos los honorarios legales y los impuestos, pueden disuadir a los inversores. Las barreras de entrada elevadas, que incluyen el alto capital inicial necesario para adquirir propiedades, restringen el acceso a muchos potenciales inversores. Además, la opacidad en las transacciones inmobiliarias puede llevar a prácticas deshonestas y falta de confianza entre los participantes del mercado (Allen & Carletti, 2010).

En este contexto, la tecnología blockchain ha emergido como una solución revolucionaria con el potencial de transformar el sector inmobiliario. Blockchain, una tecnología de registro distribuido, ofrece una forma segura y transparente de registrar transacciones. Una de sus aplicaciones más prometedoras en el sector inmobiliario es la tokenización, que implica la representación digital de activos físicos en forma de tokens en una blockchain (Gupta et al., 2020; Rath et al., 2023).

La tokenización permite fraccionar la propiedad de un activo inmobiliario en múltiples partes más pequeñas, representadas por tokens digitales. Estos tokens pueden ser comprados, vendidos y negociados en mercados secundarios, lo que aumenta significativamente la liquidez del activo subyacente (Nakamoto, 2008). Además, la tokenización puede reducir los costos de transacción al eliminar intermediarios, facilitar la diversificación de las carteras de inversión y proporcionar una mayor transparencia en las transacciones (Patel et al., 2018).

Este trabajo explorará cómo la tokenización inmobiliaria puede democratizar el acceso a las inversiones inmobiliarias, permitir la diversificación de las carteras, aumentar la transparencia y reducir los costos de transacción, transformando así el sector inmobiliario.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es desarrollar un modelo de negocio basado en la tokenización inmobiliaria, evaluando cómo esta tecnología puede revolucionar el sector y qué oportunidades presenta para los diferentes actores del mercado. Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Analizar el mercado global y español
2. Evaluar la tecnología Blockchain y sus aplicaciones
3. Identificar las oportunidades del mercado
4. Desarrollar una propuesta de valor clara
5. Establecer objetivos estratégicos a largo plazo
6. Examinar el impacto social y económico

Con este enfoque integral, se espera proporcionar una visión clara y detallada de cómo la tokenización inmobiliaria puede transformar el mercado inmobiliario, haciéndolo más accesible, eficiente y transparente para todos los inversores.

2. ANÁLISIS DEL SECTOR INMOBILIARIO

2.1 Panorama global

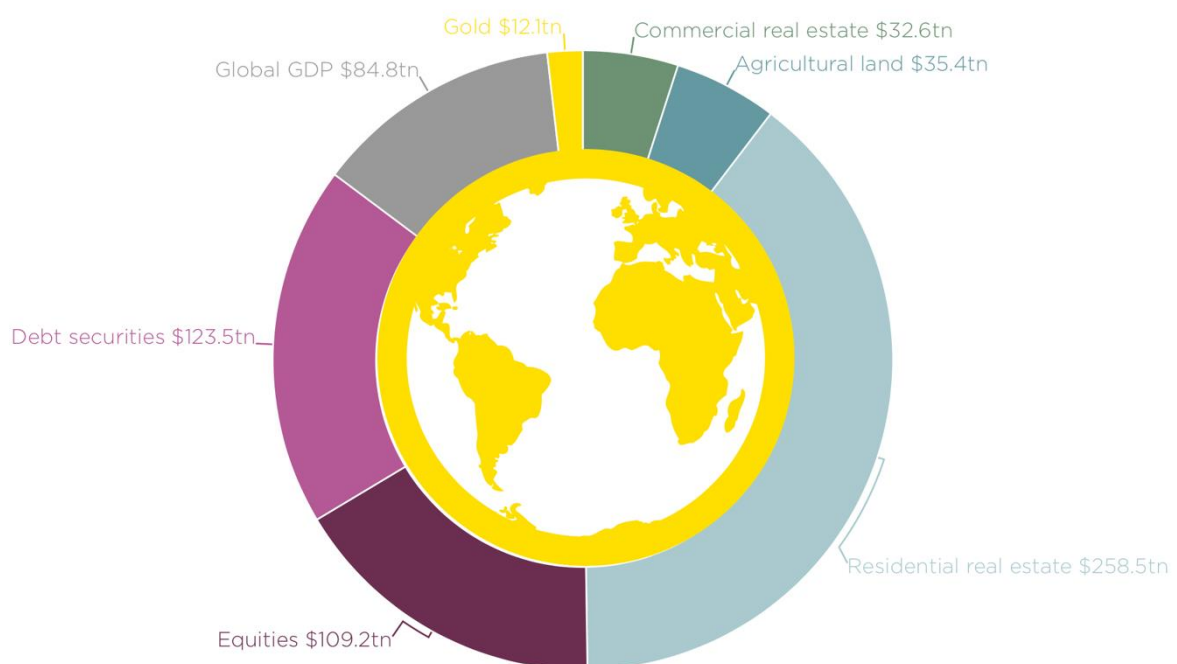
La crisis financiera de 2008 tuvo consecuencias severas y duraderas en el mercado inmobiliario global. Los valores de las propiedades cayeron drásticamente, y el acceso al crédito se contrajo significativamente, lo que afectó tanto al mercado residencial como comercial (International Monetary Fund, 2009). Muchas instituciones financieras colapsaron, y la confianza en el mercado se desplomó. Las tasas de ejecución hipotecaria aumentaron, y el número de propiedades en dificultades creció, afectando la estabilidad del mercado (Reinhart & Rogoff, 2009).

A partir de 2014, el mercado inmobiliario global comenzó a mostrar signos de recuperación. La implementación de políticas monetarias expansivas y programas de estímulo fiscal

ayudaron a reactivar el crecimiento económico y mejorar la confianza del consumidor. Los precios de las propiedades comenzaron a estabilizarse y luego a aumentar gradualmente (Savills, 2024). La recuperación fue desigual, con algunas regiones experimentando un crecimiento más rápido que otras. Estados Unidos, por ejemplo, vio una recuperación significativa en los valores de las propiedades residenciales, impulsada por la mejora del empleo y las condiciones económicas generales (World Economic Forum, 2024). Europa también experimentó una recuperación, aunque a un ritmo más lento debido a las continuas preocupaciones económicas y políticas en algunas áreas.

El valor de todos los bienes inmuebles del mundo alcanzó los \$326.5 billones en 2020, un aumento del 5% respecto a los niveles de 2019 y un récord histórico. El crecimiento fue impulsado por el sector residencial, que es con diferencia el sector inmobiliario más grande, representando el 79% del valor inmobiliario global. Su valor aumentó en un 8% durante el año, alcanzando unos \$258.5 billones. Siendo la reserva de riqueza más significativa del mundo, los bienes inmuebles son más valiosos que todas las acciones y títulos de deuda globales combinados, y su valor total supone casi cuatro veces el valor del PIB mundial. El valor de todo el oro jamás extraído queda eclipsado en comparación, con \$12.1 billones, representando solo el 4% del valor de las propiedades globales.

2020 Global real estate universe in comparison



Source: Savills Research

En 2024, el mercado inmobiliario global muestra una tendencia de recuperación cautelosa pero optimista, influenciada por una combinación de factores económicos, ambientales y tecnológicos.

Después de un año 2023 caracterizado por altas tasas de interés y una desaceleración en la actividad del mercado, se espera una estabilización y recuperación más firme en 2024. Según Savills (2024), las tasas de interés están mostrando señales de estabilización, lo cual es crucial para reactivar la actividad en el mercado inmobiliario. Esta estabilización proporciona un ambiente más favorable para las inversiones y transacciones inmobiliarias, permitiendo que los actores del mercado planifiquen con mayor certeza y confianza.

La sostenibilidad se ha convertido en un pilar central del mercado inmobiliario moderno. La demanda de edificios sostenibles, que son energéticamente eficientes y tienen un bajo impacto ambiental, está en aumento. Este interés no solo se debe a los beneficios ambientales, sino también a las ventajas financieras. Los edificios sostenibles tienden a tener mayores tasas de ocupación y pueden obtener rentas más altas debido a la creciente demanda por parte de inquilinos conscientes del medio ambiente. En ciudades como Londres, Nueva York y Singapur, la ocupación de edificios de categoría A, que cumplen con altos estándares de sostenibilidad, ha aumentado significativamente. Este fenómeno está impulsado por la creciente concienciación sobre los beneficios para la salud y el bienestar que ofrecen los edificios verdes, así como por el aumento de los costos energéticos que hacen más atractivas las soluciones eficientes en energía (Savills, 2021).

La tecnología juega un papel crucial en la evolución del mercado inmobiliario. Las ciudades inteligentes, que integran tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura urbana, están en el centro de las tendencias futuras. Estas tecnologías incluyen sistemas de gestión de edificios que optimizan el uso de energía, redes de sensores para monitorear y gestionar los recursos urbanos, y plataformas digitales que facilitan la interacción entre los habitantes y los servicios de la ciudad (World Economic Forum, 2024).

Las condiciones geopolíticas y económicas siguen siendo factores influyentes en el mercado inmobiliario. Las tensiones geopolíticas, las elecciones y la política monetaria son variables que los inversores monitorean de cerca, ya que pueden afectar la estabilidad y el rendimiento del mercado. Sin embargo, hay un sentimiento de optimismo cauteloso, como se reflejó en la conferencia MIPIM 2024, donde los participantes señalaron una disminución en la lista de preocupaciones en comparación con años anteriores (Savills, 2024).

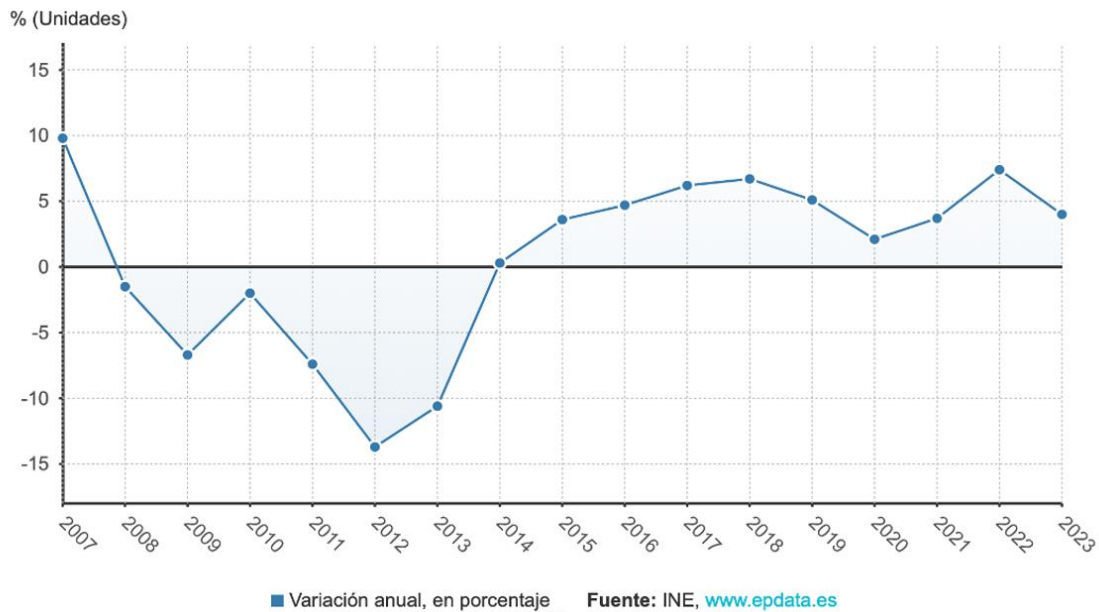
El futuro del mercado inmobiliario global se centra en la sostenibilidad y la innovación tecnológica. La demanda de edificios verdes y eficientes energéticamente sigue creciendo, y se espera que la inversión en energías renovables aumente. Las regulaciones ambientales más estrictas y la creciente conciencia sobre la sostenibilidad están impulsando estos cambios. La resiliencia económica y la capacidad de adaptación a los cambios geopolíticos y económicos seguirán siendo factores clave para el desempeño del mercado. Las ciudades inteligentes y la integración de infraestructuras verdes serán fundamentales para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las ciudades (Savills, 2024).

2.2 El mercado inmobiliario español

El mercado inmobiliario español ha pasado por diversas fases de auge y crisis a lo largo de las últimas décadas, siendo la crisis financiera de 2008 uno de los eventos más significativos que marcó un antes y un después en el sector. Este evento reveló la vulnerabilidad del mercado inmobiliario, especialmente debido a la alta dependencia del financiamiento respaldado por hipotecas y la sobreexposición de las entidades financieras al sector inmobiliario (Allen & Carletti, 2010).

Desde 2014, el mercado inmobiliario español ha mostrado signos de recuperación impulsados por la mejora de la economía, la reapertura del crédito hipotecario y la atracción de inversores extranjeros (Talavera Oliva, 2020). Las principales ciudades y zonas turísticas, como Madrid, Barcelona y la Costa del Sol, han experimentado un aumento en los precios de las viviendas, reflejando una recuperación sostenida en estas áreas de alta demanda. La recuperación del mercado inmobiliario ha sido desigual, con un mayor dinamismo en las grandes ciudades y zonas turísticas, mientras que las áreas rurales y menos pobladas han mostrado una recuperación más lenta. Este fenómeno se debe en parte a la alta demanda de viviendas en áreas urbanas y turísticas, impulsada por factores como el turismo, la inversión extranjera y la búsqueda de segundas residencias (Coupeau Borderas, 2023).

Variación anual del precio de la vivienda libre en España



En el caso de la evolución de los precios de la vivienda en España, existen seis factores fundamentales que explican esta variación. Estos factores abarcan una combinación de elementos económicos, sociales y regulatorios que interactúan de manera compleja para influir en el mercado inmobiliario:

- 1- La evolución demográfica es uno de los factores clave que influye en el precio de la vivienda. El crecimiento de la población aumenta la demanda de viviendas, lo que puede llevar a un aumento de los precios si la oferta no se ajusta adecuadamente. Según un estudio de PwC, se espera que las urbes españolas vean incrementada su población en un 75% en las próximas décadas, lo que incrementará significativamente la demanda de viviendas en estas áreas. En España, las regiones con un crecimiento poblacional significativo, como Madrid y Barcelona, ya han experimentado aumentos pronunciados en los precios de la vivienda.
- 2- El coste del suelo es otro factor determinante en el precio de la vivienda. En zonas urbanas densamente pobladas, el suelo es un recurso escaso y caro, lo que eleva los costos de construcción y, por ende, los precios de las viviendas. En España, el elevado coste del suelo en las principales ciudades ha sido identificado como una barrera significativa para la construcción de nuevas viviendas asequibles (García-Montalvo, 2017).
- 3- Las políticas urbanísticas y la legislación también tienen un impacto considerable en los precios de la vivienda. s, lo que a su vez puede elevar los precios. En España, las

políticas urbanísticas varían significativamente entre regiones, lo que afecta la disponibilidad y el coste de las viviendas de manera diversa. Por ejemplo, recientemente Cataluña ha implementado restricciones sobre los alquileres temporales, limitando el número de días que una propiedad puede alquilarse a corto plazo, lo que afecta la oferta de viviendas disponibles para alquilar (Fernández, 2019).

- 4- Las tasas de interés y el acceso al crédito son factores cruciales que influyen en la capacidad de los individuos para comprar viviendas. Tasas de interés bajas hacen que las hipotecas sean más asequibles, lo que puede aumentar la demanda de viviendas y elevar los precios. Por otro lado, tasas de interés altas pueden desalentar la compra de viviendas, reduciendo la demanda y estabilizando o disminuyendo los precios. En España, las políticas del Banco Central Europeo (BCE) sobre las tasas de interés han tenido un impacto directo en el mercado hipotecario y, por consiguiente, en los precios de la vivienda (Coupeau Borderas, 2023).
- 5- La estabilidad económica, particularmente en términos de ingresos y empleo, es fundamental para la salud del mercado inmobiliario. Períodos de crecimiento económico y baja tasa de desempleo tienden a aumentar la demanda de viviendas, ya que más personas tienen los medios financieros para comprar propiedades. En contraste, recesiones económicas y altos niveles de desempleo pueden reducir la demanda y bajar los precios de las viviendas. La recuperación económica de España desde la crisis de 2008 ha sido un factor clave en la recuperación del mercado inmobiliario, con mejoras en los niveles de empleo y aumentos en los ingresos medios (Talavera Oliva, 2020).
- 6- Por último, la demanda de destinos vacacionales es un factor importante que ha influido significativamente en el precio de la vivienda en ciertas áreas de España. Las Islas Baleares, las Islas Canarias y la Costa del Sol son regiones que han visto un notable incremento en los precios de las viviendas debido a la creciente demanda de propiedades vacacionales. Estas zonas son populares tanto entre turistas nacionales como internacionales, lo que aumenta la demanda de viviendas para alquiler turístico y compra de segundas residencias. Este fenómeno ha llevado a una revalorización significativa de los precios de la vivienda en estas áreas, impulsada por el atractivo turístico y la inversión extranjera (INE, 2021).

2.3 Desafíos y oportunidades del mercado inmobiliario

El mercado inmobiliario español enfrenta una serie de desafíos y oportunidades que definen su dinámica y evolución. Estos factores son fundamentales para comprender el presente y anticipar el futuro del sector:

- **Desafíos del Mercado Inmobiliario:**
 - **Acceso a la Vivienda Asequible:** La falta de acceso a viviendas asequibles sigue siendo uno de los problemas más acuciantes en España. Los altos precios de las propiedades, combinados con salarios relativamente bajos, hacen que la compra de una vivienda sea inaccesible para muchas personas, especialmente los jóvenes y las familias de ingresos medios y bajos (Fernández, 2019). Según García-Montalvo (2017), el mercado de la vivienda en España enfrenta una paradoja: mientras que hay una demanda alta, la oferta de viviendas asequibles no es suficiente para satisfacerla.
 - **Desigualdad Regional:** La recuperación del mercado inmobiliario ha sido desigual, beneficiando más a las áreas urbanas y turísticas en detrimento de las zonas rurales y menos desarrolladas. Esta disparidad regional puede exacerbar las desigualdades económicas y sociales, creando un mercado inmobiliario fragmentado (Coupeau Borderas, 2023). Las grandes ciudades como Madrid y Barcelona han visto un incremento significativo en los precios de las viviendas, mientras que regiones menos desarrolladas no han experimentado la misma recuperación.
 - **Regulación y Políticas Urbanísticas:** Las políticas urbanísticas y la regulación del mercado inmobiliario presentan tanto barreras como oportunidades. La legislación puede restringir la construcción en determinadas áreas, limitando la oferta de viviendas y elevando los precios. Por ejemplo, el gobierno español ha amenazado con establecer medidas de control de rentas, que se traducen en establecer límites de precios en los alquileres para fomentar el acceso de la vivienda y proteger al inquilino, lo que provoca una reducción en la oferta. Estas políticas pueden desalentar la inversión en nuevas construcciones y renovaciones, afectando negativamente la disponibilidad de viviendas.
 - **Sostenibilidad y Cambio Climático:** La sostenibilidad y el cambio climático son desafíos crecientes para el sector inmobiliario. La necesidad de reducir la huella de carbono y cumplir con las normativas ambientales añade presión sobre los desarrolladores y propietarios de viviendas. Las construcciones sostenibles y

eficientes energéticamente son cada vez más demandadas, pero también representan un costo adicional (European Commission, 2020).

- Oportunidades del Mercado Inmobiliario:
 - Innovaciones Tecnológicas: La adopción de tecnologías emergentes, como blockchain y la tokenización de bienes raíces, ofrece oportunidades significativas para mejorar la liquidez, transparencia y accesibilidad del mercado inmobiliario. Estas tecnologías pueden reducir los costos de transacción y facilitar la inversión, permitiendo a más personas participar en el mercado (Gupta et al., 2020). La tokenización de propiedades puede atraer a inversores globales y diversificar las fuentes de financiación.
 - Crecimiento del Mercado de Alquiler: El mercado de alquiler está en expansión, impulsado por factores demográficos y económicos como el limitado acceso a una vivienda asequible, que favorecen la renta sobre la propiedad. La demanda de alquileres a largo plazo, así como de alquileres vacacionales en destinos turísticos, presenta una oportunidad para generar ingresos estables y recurrentes. Las Islas Baleares, las Islas Canarias y la Costa del Sol son ejemplos de áreas donde la demanda de propiedades de alquiler ha llevado a un aumento en los precios de las viviendas (INE, 2021).
 - Políticas de Sostenibilidad: La creciente conciencia sobre la sostenibilidad y la eficiencia energética ofrece oportunidades para la innovación y mejora en el sector inmobiliario. Las políticas de sostenibilidad pueden atraer a inversores conscientes del medio ambiente y cumplir con las normativas emergentes. Los edificios verdes y las prácticas de construcción sostenibles son cada vez más valorados por los consumidores y los inversores, ya que suelen ofrecer un mayor retorno (European Commission, 2020).
 - Inversión Extranjera: La inversión extranjera sigue siendo un motor clave del mercado inmobiliario español. Los inversores internacionales buscan diversificar sus carteras y aprovechar las oportunidades en mercados estables y con potencial de crecimiento. España, con su atractivo turístico y económico, continúa siendo un destino atractivo para la inversión inmobiliaria (Savills, 2020). Las políticas favorables para la inversión extranjera pueden ayudar a atraer más capital y fomentar el desarrollo del sector.

3. LA TOKENIZACIÓN EN BIENES RAÍCES Y TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

Para poder comprender con mayor facilidad el modelo de negocio asociado a la tokenización de bienes raíces, es necesario conocer detalladamente los aspectos técnicos y la tecnología asociada a una Blockchain, para posteriormente, relacionarlo con el sector inmobiliario y así poder ver de manera más clara el impacto que esta interacción puede provocar en el mercado.

3.1 Contexto y conceptos clave

La crisis financiera de 2008 expuso las vulnerabilidades y la falta de transparencia de las instituciones financieras tradicionales, generando una desconfianza generalizada hacia los intermediarios financieros. En este contexto, surgió la necesidad de un sistema financiero alternativo que permitiera realizar transacciones de manera segura y directa entre las partes involucradas, sin depender de terceros de confianza como bancos o instituciones financieras.

Fue entonces cuando nació la idea de Blockchain de la mano de Satoshi Nakamoto, un pseudónimo cuya verdadera identidad sigue siendo desconocida a día de hoy, quien publicó en 2008 el documento titulado "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System". Este documento, comúnmente conocido como el "white paper" de Bitcoin, describía un sistema de dinero electrónico completamente descentralizado y basado en pruebas criptográficas en lugar de confianza.

El concepto de blockchain, tal como lo describe Satoshi Nakamoto en su white paper, es una tecnología de libro mayor distribuido que permite registrar transacciones de manera segura, transparente y sin necesidad de intermediarios. Cada transacción se agrupa en bloques, que se enlazan criptográficamente para formar una cadena continua e inmutable de bloques (blockchain). Esta tecnología es fundamental para la tokenización de activos, proporcionando un marco seguro y transparente para registrar y gestionar la propiedad de los tokens.

A diferencia de otros sistemas de transacciones digitales, la cadena de bloques presenta una serie de características únicas: Es un sistema totalmente descentralizado, ya que cada participante (o nodo) en la red tiene una copia del libro mayor y no es controlada por ninguna autoridad central. Es totalmente transparente, puesto que todas las transacciones son visibles para los participantes en la red, y estas transacciones son verificadas mediante mecanismos criptográficos robustos, lo que garantiza la integridad de los datos y la seguridad de los participantes. Además, una red de Blockchain es inmutable, debido a que una vez que se

registra una transacción, no puede ser modificada ni eliminada, creando un historial de transacciones fiable y verificable.

El sistema de Blockchain presenta unas cualidades únicas y diferenciales que evidencian las ventajas que supone emplear un sistema de estas características en contraste con otros sistemas de transacción digitales. Ahora bien, estas cualidades son intrínsecas al funcionamiento de la Blockchain y, para poder observar como se materializan, es necesario que conozcamos el proceso por el que somete cada transacción que tenga lugar dentro de la cadena y todos los elementos que intervienen en él.

1. Creación de la transacción:

Pongamos que una persona A decide comprar otra persona B un token que representa el valor de un inmueble proporcional al porcentaje del que B es propietario del inmueble. Dicha transacción, incluirá la clave pública (identificación dentro de la cadena) del comprador y la clave pública del vendedor, así como la cuantía y la divisa acordadas y la información de los derechos asociados al token. Además la firma digital de las partes es requerida para verificar que la transacción es autorizada por ambos.

2. Transmisión de la información:

Una vez creada, la transacción se envía a la red de Blockchain y es recibida por una gran cantidad de nodos. Los nodos en una blockchain son esencialmente ordenadores conectados a la red de la Blockchain. Cada nodo tiene una copia completa o parcial del libro de contabilidad (Blockchain) y realiza varias funciones importantes para mantener la red segura y operativa. Existen 3 tipos de nodos y cada uno tiene una función:

- Nodos completos: Son los encargados de almacenar una copia completa de la Blockchain, desde el primer bloque concebido hasta el más reciente, y verifican todas las transacciones y bloques según las reglas del protocolo de la red
- Nodos ligeros: Éstos no almacenan la información completa de la cadena, sino la cabecera (resumen) de los bloques, y dependen de los nodos completos para verificar transacciones.
- Nodos mineros: Se encargan de resolver los complejos problemas matemáticos necesarios para añadir nuevos bloques a la cadena. Este proceso se conoce como “minería”, y por cada bloque creado, el nodo minero es recompensado con criptomonedas (divisa propia de la red).

3. Verificación de la transacción:

Los nodos verifican que la transacción es válida, es decir, comprueban que el comprador A tenga fondos suficientes para cubrir la transacción y que el vendedor B dispone del token. Por último verifican que no se está produciendo un problema de doble gasto. Este problema está asociado a las monedas digitales y, al contrario que con el dinero físico, se da cuando el sistema no es capaz de asumir dos transacciones simultáneas. Por ejemplo, si con un saldo en la cuenta de 5 ETH realizamos dos compras simultáneas de dos productos distintos por valor de 5 ETH cada uno, el sistema no sería capaz de validar la información de cada transacción a tiempo y podríamos disfrutar de los dos productos habiendo pagado el precio de uno solo, produciéndose así el problema de doble gasto.

4. Agrupación en bloques:

Las transacciones verificadas se agrupan en un "bloque". La idea de bloque puede ser un poco abstracta, por lo que debemos de verlo como una página del libro de contabilidad. Este bloque también contiene un código único (hash) que lo identifica, y el código del bloque anterior, creando una cadena de bloques (blockchain).

5. Proof to work:

Antes de agregar el bloque a la Blockchain, los nodos deben resolver un complejo problema matemático. Este proceso se llama "minería" y es resuelto por los nodos mineros previamente mencionados. Resolver el problema es muy complejo, pero verificar la solución es relativamente sencillo. Esta dificultad asegura que la red no sea manipulada fácilmente.

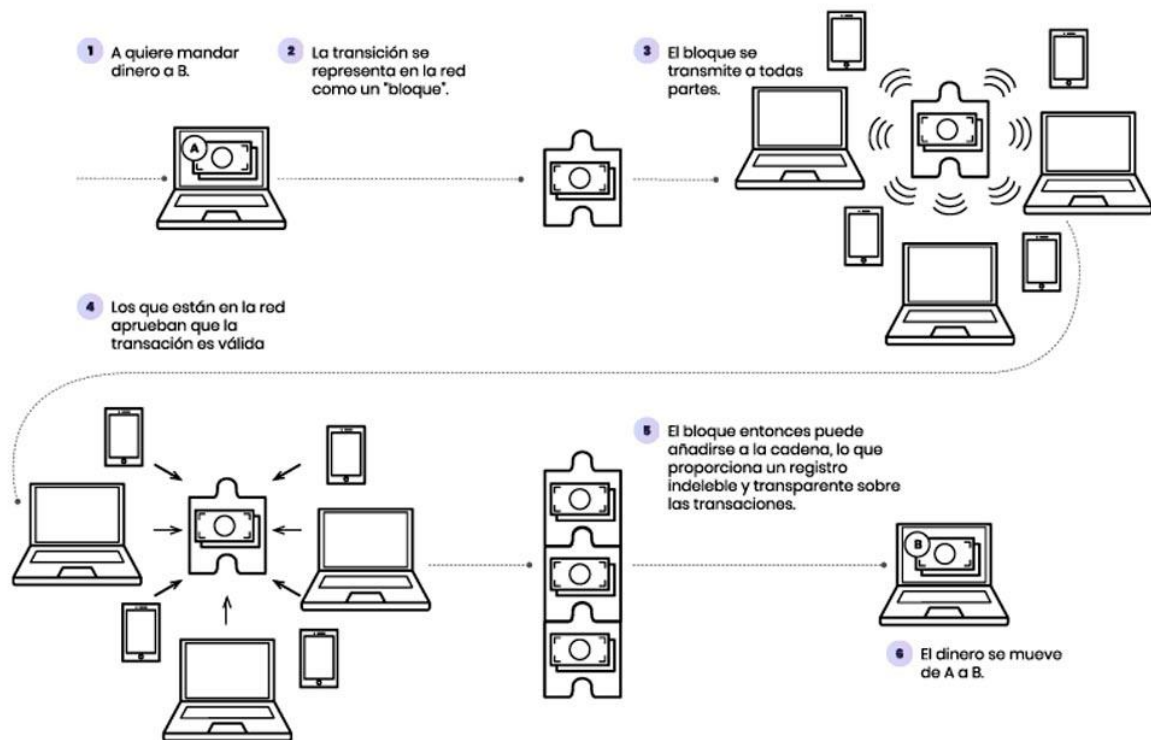
6. Añadir el bloque a la cadena:

Una vez que un nodo encuentra la solución al problema, anuncia el nuevo bloque a toda la red. Los demás nodos verifican la solución y, si es correcta, agregan el nuevo bloque a su copia de la blockchain. La transacción ahora está registrada y no puede ser alterada sin cambiar todos los bloques siguientes, lo cual es prácticamente imposible.

7. Confirmación:

La red confirma que la transacción es válida y que ha sido añadida a la blockchain. Este proceso puede repetirse varias veces para garantizar aún más seguridad. Una vez confirmada,

el comprador A recibirá el token asociado al inmueble y el vendedor B recibirá en su wallet (cartera digital) la cantidad por la que ha vendido dicho token.



3.2 Aplicaciones al mercado inmobiliario

Si bien estamos hablando de una tecnología disruptiva capaz de revolucionar el sector inmobiliario, no todas las redes de Blockchain son iguales, cada una presenta unas características únicas y no todas son funcionales para soportar un modelo de tokenización de activos inmobiliarios. Apalancarse en la Blockchain de Bitcoin por ejemplo, pese a que es la red más popular en todo el mundo, no sería de utilidad en el supuesto de la tokenización inmobiliaria. Bitcoin fue creado como una alternativa al dinero tradicional, buscando ser una moneda descentralizada y un sistema de pago global. Sin embargo, la Blockchain de Bitcoin es muy limitada a la hora de programar aplicaciones dentro del entorno, así como no ofrece la posibilidad de crear tokens dentro de la red. Por lo tanto, el sistema óptimo para llevar a cabo un modelo de tokenización de bienes raíces es la Blockchain de Ethereum.

Ethereum es una plataforma de Blockchain descentralizada cuyo funcionamiento es similar a otras redes. A diferencia de Bitcoin, que fue concebido principalmente como una moneda digital, el entorno de Ethereum es mucho más versátil y programable, y permite desarrollar

aplicaciones descentralizadas (dApps) dentro de la red. La flexibilidad de Ethereum proviene de su lenguaje de programación Turing-Complete, que permite codificar cualquier lógica contractual deseada. Esto es especialmente útil en la tokenización inmobiliaria, donde los contratos pueden variar ampliamente en complejidad y requisitos. La característica más distintiva de Ethereum, la cual la hace la cadena más idónea para este caso en particular, es su capacidad para soportar Smart Contracts (contratos inteligentes), los cuales son contratos autoejecutables con los términos del acuerdo directamente escritos en el código previamente programado. En otras palabras, los Smart Contracts son acuerdos programados entre dos o más partes que funcionan dentro de la Blockchain. Una vez se cumplen las condiciones descritas en dichos acuerdos, los contratos se ejecutan automáticamente y, en el caso particular de la tokenización inmobiliaria, los smart contracts pueden integrarse con registros de propiedad digitales y bases de datos gubernamentales para verificar automáticamente la propiedad y el estatus legal del activo subyacente (Rath et al., 2023), resultando idóneos para este supuesto.

A parte, Ethereum permite la creación de dos tipos de tokens estandarizados dentro de la red que son relevantes para el modelo planteado en este trabajo:

- Tokens ERC-20: Son tokens fungibles, es decir, cada token de este tipo conforma una parte alícuota por la que está fraccionado el activo subyacente. Éstos son útiles para fraccionar una propiedad en partes iguales, donde cada token representa una fracción uniforme del activo inmobiliario.
- Tokens ERC-721: Son tokens no fungibles, también llamados NFTs, lo que significa que cada token es único y no puede ser intercambiado por otro token. Éstos son útiles para representar activos únicos como una parte exclusiva de una propiedad o para plasmar ciertos derechos especiales con respecto a la propiedad de un activo.

4. IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

4.1 Análisis de mercado:

Como bien se ha analizado previamente mercado inmobiliario global es una de las principales reservas de riqueza en el mundo, con un valor estimado de más de 280 billones de dólares, lo que lo convierte en un sector crucial para la economía mundial (Savills, 2020). Este sector ha

demostrado ser resiliente y atractivo para los inversores debido a su capacidad para generar ingresos estables y apreciación de capital. El valor del mercado inmobiliario global ha crecido a una tasa anual compuesta del 3-4% en la última década, y se espera que continúe expandiéndose debido a la urbanización y el crecimiento de la población en las principales ciudades del mundo (Deloitte, 2020). Además, la digitalización y la adopción de nuevas tecnologías están transformando el sector, mejorando la eficiencia y la accesibilidad para los inversores.

Hoy en día, la economía mundial se encuentra en proceso de recuperación tras la reciente crisis inflacionaria, provocada en gran medida por el encarecimiento de la energía. Esta crisis energética, junto con los estragos económicos dejados por la pandemia de COVID-19, trajo consigo una serie de consecuencias que llevaron a una contracción significativa de la economía global. Sin embargo, pese que la quiebra de importantes instituciones como Credit Suisse o Silicon Valley Bank hizo aumentar la preocupación en los inversores, todo parece indicar que nos encontramos en un escenario diferente al que encontramos tras enfrentar la crisis de 2008. La mentalidad especulativa predominante por ese entonces llevó a que la reputación del mercado inmobiliario fuera severamente dañada, ya que empezó a ser visto principalmente como un vehículo para ganancias rápidas. En cambio, el actual contexto inflacionario global ha impulsado que se refleje un claro cambio de mentalidad hacia la valoración de los inmuebles como activos de refugio. Mientras que la inflación erosiona el poder adquisitivo de las inversiones en efectivo, los activos inmobiliarios, históricamente, han mostrado resistencia frente a la inflación, protegiendo el valor del capital invertido.

Por otra parte, El mercado global de la tokenización inmobiliaria ha visto un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la adopción de tecnologías blockchain y la necesidad de soluciones de inversión más accesibles y líquidas. Según un informe de Deloitte (2020), se estima que el potencial de mercado para la tokenización de activos inmobiliarios podría alcanzar los 2,6 billones de dólares para 2025. Este crecimiento refleja una transformación en cómo los activos inmobiliarios pueden ser comprados, vendidos y gestionados. La tecnología blockchain juega un papel fundamental en este crecimiento, proporcionando una plataforma segura y transparente para el registro y transferencia de activos tokenizados. Las propiedades inmobiliarias al poder ser fraccionadas en tokens digitales, permiten a los inversores adquirir pequeñas participaciones en propiedades que, de otro modo, estarían fuera de su alcance financiero. Esta democratización del acceso al mercado inmobiliario está atrayendo a una nueva generación de inversores que buscan

diversificar sus carteras y acceder a inversiones más líquidas y flexibles (Gupta et al., 2020). Poco a poco, va aumentando conciencia y la confianza en las criptomonedas, lo cual es crucial para su adopción generalizada. Además, países notorios como Australia, India o Estados Unidos ya están reconociendo su importancia económica, lo que se refleja en su adopción gradual en los sistemas financieros y aumenta la confianza del público general.

Se puede observar cómo el número de nuevos participantes en el sector de la tokenización inmobiliaria ha ido aumentando significativamente los últimos años y, pese a ser un mercado relativamente reciente, podemos decir que ya existen varias empresas con cierta experiencia en este ámbito que disfrutan de una presencia internacional. A continuación, se repasarán las empresas que lideran el sector de la tokenización a nivel mundial:

1. **RealT** es una plataforma estadounidense con presencia internacional que permite a los inversores comprar fracciones de propiedades mediante tokens ERC-20 en la blockchain de Ethereum. Los inversores pueden recibir ingresos pasivos proporcionales a sus participaciones a través de alquileres distribuidos automáticamente mediante contratos inteligentes. RealT ha tokenizado numerosas propiedades en ciudades como Detroit, Chicago o Miami, y es una de las empresas de más renombre del sector en la India, el mercado más grande en cuanto a tokenización inmobiliaria, ofreciendo una plataforma accesible y transparente para la inversión inmobiliaria. RealT se enfoca en propiedades residenciales y comerciales de bajo costo que generan ingresos constantes por alquiler, y actualmente cuentan con más de 50 propiedades bajo su gestión.
2. **Brickblock**, con sede en Alemania, facilita la inversión en propiedades inmobiliarias mediante la creación de tokens digitales que representan participaciones en activos inmobiliarios. Se trata de la plataforma más grande de este ámbito a nivel europeo, y permite a los inversores diversificar sus portafolios invirtiendo en propiedades comerciales y residenciales en diferentes regiones geográficas. Brickblock utiliza contratos inteligentes para gestionar la emisión, transferencia y cumplimiento regulatorio de los tokens, asegurando que todas las transacciones sean seguras y transparentes. Brickblock se caracteriza por gestionar activos inmobiliarios que requieren una gran inversión, permitiendo a los inversores acceder a oportunidades de inversión en bienes raíces que antes eran inaccesibles. Actualmente gestionan unos 30

activos que suponen un volumen de más de 100 millones de euros. La empresa también se destaca por su enfoque en la diversificación, ofreciendo activos en diferentes mercados y reduciendo el riesgo asociado a este tipo de inversiones.

3. **Harbor**, basada en los Estados Unidos, se especializa en la tokenización de activos inmobiliarios comerciales. El volumen de activos tokenizados gestionados por la red supera los 200 millones de dólares, y actualmente cuentan con más de 50.000 inversores activos. Harbor utiliza contratos inteligentes en la blockchain de Ethereum para gestionar la emisión, transferencia y cumplimiento normativo de los tokens inmobiliarios. La plataforma se enfoca exclusivamente en propiedades comerciales de alto valor, proporcionando a los inversores una forma segura y transparente de participar en este segmento del mercado inmobiliario. Además, pone un fuerte énfasis en el cumplimiento regulatorio, asegurando que todas las transacciones cumplan con las leyes y regulaciones aplicables. La plataforma utiliza contratos inteligentes para automatizar el proceso de cumplimiento, reduciendo los costos y tiempos asociados. Además, la empresa hace especial énfasis en proporcionar a los inversores un acceso completo a los datos detallados sobre las propiedades y las transacciones, aumentando la transparencia y la confianza en el sistema.

Por otra parte en España, el mercado inmobiliario ha experimentado un ciclo de auge y caída en las últimas décadas, con un notable estallido de la burbuja inmobiliaria en 2008. Sin embargo, desde aproximadamente 2014, el mercado ha mostrado signos de recuperación, impulsado por una economía en mejora, la reapertura del crédito hipotecario y el interés de los inversores extranjeros. En 2021, el valor medio de la vivienda en España aumentó un 6,1%, reflejando una recuperación sostenida del mercado (Banco de España, 2021). Este mercado es un componente esencial de la economía nacional. En 2021 según los datos del INE, el sector inmobiliario representó aproximadamente el 10% del PIB español. Además, el valor total de la inversión inmobiliaria en España alcanzó los 14,000 millones de euros en 2019, subrayando la importancia del sector en la economía y el potencial de la tokenización para atraer nuevos inversores y capital (Savills, 2020).

El mercado de la tokenización inmobiliaria está en una fase emergente pero muestra un gran potencial. Se estima que el mercado de la tokenización de bienes raíces en España podría crecer a una tasa anual compuesta del 20-30% en los próximos años, a medida que más inversores y plataformas adopten esta tecnología. Los datos recopilados por un estudio

realizado por Urbanitae, indican que la inversión en proyectos tokenizados en España ha superado los 100 millones de euros en 2022, con proyecciones de continuar creciendo significativamente. Pese a ser un mercado emergente, España cuenta con varias empresas liderando las iniciativas de Blockchain ligadas a la gestión inmobiliaria con una presencia notable en el panorama nacional. Las más importantes son:

1. **Urbanitae** es la plataformas más prominente en España dedicada a la financiación participativa de proyectos inmobiliarios mediante la tokenización de activos. Se trata de una plataforma de crowdfunding que se centra en la financiación de desarrollos inmobiliarios, permitiendo a los inversores adquirir participaciones fraccionadas en proyectos residenciales y comerciales que previamente eran inaccesibles debido a los altos requisitos de capital. Actualmente, Urbanitae cuenta con más de 10.000 inversores activos, gestiona una inversión total alrededor de los 100 millones de euros, y ha financiado más de 50 proyectos a lo largo de todo el territorio nacional, atrayendo tanto a inversores nacionales como internacionales.
2. **Reental** se especializa en la tokenización de propiedades para alquiler. Utilizando la blockchain de Ethereum, permite a los inversores comprar y vender participaciones fraccionadas en propiedades que generan ingresos por alquiler. Actualmente gestionan un volumen de activos de más de 50 millones de euros, repartidos en más de 20 proyectos. La empresa se enfoca en propiedades que generan ingresos por alquiler, distribuyendo los rendimientos a los inversores mediante contratos inteligentes y ofreciendo una solución innovadora para aquellos que buscan diversificar sus portafolios con inversiones inmobiliarias accesibles y líquidas.
3. **Housers** es una plataforma de crowdlending que permite a los inversores participar en proyectos de desarrollo y renovación de propiedades. Ha integrado la tokenización para ofrecer a los inversores una mayor flexibilidad y transparencia en sus inversiones, aunque los activos tokenizados solo son una pequeña parte del total gestionado por la empresa. Actualmente cuentan con más de 70 proyectos bajo su control (la mayoría no tokenizados), y en su plataforma concurren alrededor de 20.000 inversores activos.

En un contexto en el que se prevé un crecimiento estable y continuado del mercado inmobiliario, la tokenización inmobiliaria en España presenta numerosas oportunidades. La capacidad de fraccionar propiedades en tokens digitales democratiza el acceso a las inversiones inmobiliarias, permitiendo a los pequeños inversores participar en el mercado. Esto no solo diversifica la base de inversores, sino que también aumenta la liquidez del mercado, ya que los tokens pueden negociarse en mercados secundarios.

Sin embargo, también existen desafíos. La regulación del mercado de tokens es un área en desarrollo, y es crucial que las plataformas cumplan con las normativas locales e internacionales para asegurar la confianza de los inversores. Además, la educación y concienciación sobre las ventajas de la tokenización son esenciales para atraer a más inversores al mercado.

4.2 Necesidades del consumidor

La tokenización inmobiliaria ha sido concebida para satisfacer una variedad de necesidades de los consumidores que estaban desatendidas por las opciones tradicionales de inversión en bienes raíces, especialmente en un entorno económico en constante cambio y con una creciente demanda de acceso a inversiones más flexibles y accesibles. Estas necesidades son muy claras e identificables y a continuación, se repasarán detalladamente para comprobar como la adopción de un sistema Blockchain puede materializar una ventaja competitiva con respecto a las vías tradicionales:

- **Accesibilidad a Inversiones**

Una de las necesidades más importantes que satisface la tokenización inmobiliaria es la accesibilidad a inversiones inmobiliarias. Tradicionalmente, invertir en bienes raíces requería grandes cantidades de capital, lo que limitaba la participación a individuos y entidades con suficientes recursos financieros. La tokenización permite a los inversores adquirir pequeñas fracciones de propiedades inmobiliarias, democratizando el acceso a este tipo de inversiones. Esto es particularmente atractivo para pequeños inversores y crypto savvys (personas que poseen criptomonedas y que están familiarizadas con el ecosistema blockchain en general) que buscan diversificar sus portafolios sin necesidad de comprometer grandes sumas de dinero (Gupta et al., 2020). Además, puede facilitar el acceso a una fuente de ingresos pasivos a aquellos que, por falta de recursos, no se habían llegado a plantear que fuera posible

disfrutar de esta opción, lo que significa que no solo el mercado de la tokenización puede apoderarse de cuota de mercado de las inversiones inmobiliarias, sino que puede expandir el mercado global al abrir nuevos horizontes a aquellos segmentos de la población que previamente no estaban involucrados en este tipo de inversiones.

- **Liquidez**

La falta de liquidez ha sido históricamente uno de los mayores desafíos del mercado inmobiliario. Las inversiones en bienes raíces son generalmente a largo plazo y pueden ser difíciles de vender rápidamente sin incurrir en pérdidas significativas. La tokenización de bienes raíces permite que los activos inmobiliarios sean fraccionados en tokens que se pueden negociar en mercados secundarios, proporcionando a los inversores la capacidad de liquidar sus participaciones de manera más rápida y eficiente. Esto mejora significativamente la liquidez del mercado inmobiliario, satisfaciendo la necesidad de los inversores de tener acceso a su capital cuando lo necesiten. Según Savills (2020), la capacidad de los inversores para negociar tokens inmobiliarios en mercados secundarios ha revolucionado la forma en que se manejan las inversiones inmobiliarias, haciendo el mercado mucho más dinámico y accesible.

- **Diversificación**

La capacidad de diversificar el portafolio de inversiones es una necesidad clave para los inversores, y la tokenización inmobiliaria facilita este objetivo. Al permitir la compra de fracciones de múltiples propiedades en diferentes ubicaciones geográficas y tipos de bienes raíces (residenciales, comerciales, industriales), los inversores pueden distribuir su riesgo y maximizar sus oportunidades de retorno. Esta diversificación es crucial para reducir la exposición a riesgos específicos de un solo mercado o tipo de propiedad. Un estudio de Deloitte (2020) resalta que la diversificación mediante tokenización permite a los inversores protegerse mejor contra la volatilidad del mercado inmobiliario y las fluctuaciones económicas.

- **Transparencia y Seguridad**

La transparencia y la seguridad son preocupaciones centrales para los inversores en el mercado inmobiliario. La tecnología blockchain, que subyace a la tokenización inmobiliaria, proporciona un registro inmutable y transparente de todas las transacciones. Esto asegura que todas las partes tengan acceso a la misma información, reduciendo el riesgo de fraude y aumentando la confianza en el sistema. Además, los contratos inteligentes (smart contracts) garantizan que las transacciones se ejecuten automáticamente cuando se cumplan las condiciones preestablecidas, eliminando la necesidad de intermediarios y reduciendo los riesgos de errores humanos. La implementación de smart contracts en la tokenización inmobiliaria no solo aumenta la seguridad, sino que también mejora la eficiencia operativa y la confianza de los inversores (Rath et al., 2023).

- **Eficiencia en las Transacciones**

La eficiencia en las transacciones es otra necesidad crucial que satisface la tokenización inmobiliaria. Las transacciones inmobiliarias tradicionales suelen ser complejas, costosas y lentas, involucrando a múltiples intermediarios como agentes, abogados y notarios. La tokenización simplifica este proceso mediante el uso de contratos inteligentes que automatizan la ejecución de transacciones, reduciendo significativamente los costos y tiempos asociados. Esto no solo beneficia a los inversores, sino también a los desarrolladores y propietarios que buscan una forma más rápida y económica de financiar y vender propiedades. La tokenización inmobiliaria reduce los costos de transacción en un 30-40% en comparación con los métodos tradicionales, proporcionando una ventaja competitiva significativa en el mercado inmobiliario Zuluaga (2023).

5. MODELO DE NEGOCIO

5.1 Propuesta de valor

De cara a definir un modelo de negocio, es necesario concretar la propuesta de valor, no tanto desde el punto de vista de generar valor para el promotor inmobiliario o las personas encargadas de la tokenización del activo, sino para los propios inversores o clientes. Para poder ofrecer el mejor servicio posible, se requiere conocer en profundidad el perfil de

inversor inmobiliario y, en particular, aquel inversor que busca diversificar su portfolio con activos tokenizados. Por este motivo y previo a desarrollar un modelo de negocio, se plantean dos opciones de inversión con el fin de estudiar en qué medida se benefician los inversores y para determinar qué opción sería la ideal para plantear un modelo de estas características.

La primera idea consiste en una operación de desarrollo inmobiliario, es decir, se pretende adquirir un terreno para construir un edificio en él y posteriormente vender o alquilar las viviendas a terceros. En la segunda opción por otra parte, se pretende comprar un edificio ya construido con el fin de disfrutar de las rentas que generan los inquilinos así como la revalorización a largo plazo del activo. Ambas opciones pueden resultar rentables y dependerá del perfil del inversor y su tolerancia al riesgo el decantarse por una u otra, sin embargo, teniendo en cuenta que se está tratando con un modelo de inversión inmobiliaria tokenizada, la opción de construcción y promoción de viviendas se impone claramente a la opción de comprar un activo ya construido, debido a que la mayoría de las ventajas que supone la tokenización con respecto a la inversión tradicional no serían capaces de materializarse. Es importante el valor añadido que supone el propio desarrollo y construcción del activo (viviendas en este caso) que supone una plusvalía importante para atraer a los inversores en tokens en rentabilidades garantizadas o cuasi garantizadas (por el riesgo construcción).

Con respecto a la accesibilidad a las inversiones, es cierto que mediante la tokenización se requerirá de un menor capital para poder participar en la compra de un activo, lo que facilita significativamente el acceso a este tipo de inversiones, pero el flujo de las rentas anuales también es limitado y no será una opción tan atractiva sabiendo que la media de tiempo que se tarda en amortizar una inversión inmobiliaria en España es de 20 años (Rastreator, 2023).

El precio de los tokens dependerá principalmente de la valorización del activo, que será lineal y predecible, limitando las posibilidades de valorización a corto plazo. Además, si el inversor desea vender sus tokens, dependerá de las condiciones del mercado de alquiler, que pueden ser menos atractivas en situaciones de vacantes o caídas en la demanda. Todo ello contribuye a que, en la práctica, la mejora de liquidez que supone la tokenización no sea palpable en esta clase de activos. En contrapartida, el modelo de construcción y promoción si que hace posible un aumento de la liquidez gracias a la tokenización. Este proceso consta de 3 fases concretas claramente identificables, como lo son la compra del terreno, el desarrollo del proyecto y la venta de las unidades. En cada una de estas fases se genera valor, lo que aumenta el precio de

los tokens a medida que avanza el proyecto y hace que tengan un atractivo para que puedan ser negociados en mercados secundarios antes de que tenga lugar la venta definitiva de las viviendas. Además, esta opción presenta un horizonte temporal definido, lo que puede atraer inversores que buscan un retorno a medio corto plazo en contraposición del riesgo y la incertidumbre que supone una inversión inmobiliaria a largo plazo.

Por estos motivos, el caso práctico que se desarrollará para plasmar un modelo de negocio de tokenización inmobiliaria será un proyecto de construcción y promoción inmobiliaria.

5.2 Caso práctico

El caso práctico plantea el diseño, análisis y evaluación de un modelo de negocio basado en la tokenización inmobiliaria enfocado en la construcción y promoción de viviendas.

Particularmente, se parte de un ejemplo de construcción de un edificio de 40 viviendas en el centro de Málaga, puesto que esta ciudad está caracterizada por la creciente demanda del sector para residentes locales y extranjeros. Los precios tanto de los distintos costes de compra de suelo, construcción y costes operativos, como los valores de venta (o alquiler) de las viviendas son hipótesis hechas en referencia a la media del mercado, contando con la ayuda y validación de Jose Ángel Sospedra (CBRE), con más de 20 años de experiencia en el sector, para que las estimaciones sean adecuadas y realistas.

La operación será llevada a cabo a través de una sociedad vehicular, que costeará el 100% de la inversión. Los fondos necesarios serán recaudados mediante la emisión de tokens que conformarán el capital social y un apalancamiento de deuda bancaria al 4% de interés (préstamo con garantía hipotecaria).

El capital social supondrá un 40% de la inversión total, y la deuda un 60%. El apalancamiento no solo está generalizado en esta clase de operaciones, sino que también supone una rentabilidad mayor con respecto a estructurar la operación en su totalidad mediante equity, ya que nos permite a pesar de tener un gasto financiero adicional, obtener una rentabilidad sobre recursos propios mucho mayor, al ser una inversión con salida en un corto periodo de tiempo.

El punto de partida fue establecer las hipótesis, que en este caso en particular son 2. Ambas hipótesis tienen un denominador común que es el proceso de compra del suelo y el proceso de construcción de la vivienda, que sumando el tiempo que se tarda en la compra del suelo,

obtención de la licencia de construcción y el plazo de construcción (18 meses) más el tiempo que se tarda en hacer efectiva la venta/alquiler, conforman un periodo total de 3 años.

En la primera hipótesis se plantea que, una vez construidas las viviendas, se venden en su totalidad a un tercero (en concreto a una serie de compradores individuales de viviendas, tras la correspondiente comercialización en los portales inmobiliarios) y, en la segunda hipótesis o hipótesis alternativa se plantea que en lugar de vender directamente las viviendas se alquilen con el objetivo de percibir las rentas asociadas a los alquileres de las mismas. Cabe destacar un matiz importante, y es que en la hipótesis de alquiler se dan 2 casuísticas distintas, una en la que las viviendas se alquilan a perpetuidad, y otra en las que las viviendas se alquilan y tras 5 años (8 desde el inicio del proyecto), se venden. En ambas hipótesis la inversión y la estructura de costes serán la mismas, con el fin de comparar las distintas operaciones y poder dilucidar la mejor opción posible para ejecutar.

Primeramente, se establece una hipótesis de compra de un terreno en Málaga capital, en buena ubicación, y con un total de 3.625 metros cuadrados edificables, estableciendo un coste del terreno de 2.000.000 €, ya que teniendo en cuenta la zona geográfica se estima que el precio medio por metro cuadrado de parcela son 550 €.

Después se procede a dar una estimación el coste de construcción. En este caso, se plantea construir un edificio conformado por 40 viviendas, 33 trasteros y 33 garajes. Teniendo en cuenta el precio medio por metro cuadrado construido de cada una de estas unidades inmobiliarias, estimado a partir de la media de mercado, y sumado a un gasto de 250.000 € referente a los gastos de urbanización, nos da un total de 6.685.500 € en coste de construcción. Sin embargo, el coste de construcción no es el único gasto asociado a la operación, puesto que también se debe tener en cuenta los gastos técnicos, en los que se paga un 4,25% sobre el coste de construcción en relación a las tasas e impuestos, un 5,82% destinado a pagar honorarios, un gasto en acometidas y en control de calidad, y un gasto del 1% sobre el coste de construcción asignado a imprevistos. En total, los gastos técnicos suponen en total 398.680 €. Además, también se han de sumar gastos generales asociados a la construcción, como el gasto en notaría, registro o seguros, calculados como un porcentaje del coste total del suelo más el de construcción. En los gastos generales a su vez, está recogida la tarifa de gestión (token fee), que es lo que percibe de beneficio el promotor encargado de dirigir el proyecto y tokenizar el capital social de la sociedad vehicular. El token fee se ha estimado en un 10% del valor del coste total del suelo y la construcción, lo que se traduce en

868.550 €. Esta cantidad es la clave del plan de negocio, pues son los honorarios a cobrar por la sociedad promotora experta en tokenizar los activos objeto de promoción. Los gastos generales en su totalidad suman 1.133.249 €.

Por otra parte, también se han de tener en cuenta los gastos asociados a la deuda, que serían el interés nominal, calculado a partir del Euribor (2,5%) más un 1,5% resultando en un total de 4% de interés anual, y la comisión de apertura que supone un 0,03% sobre el principal. El principal de la deuda está calculado sobre el precio de venta, ya que suele ser la manera habitual de proceder en este tipo de operaciones. El total de la deuda no será entregado en su totalidad en el inicio de la operación, sino que se irá percibiendo poco a poco en función de las necesidades del proyecto, haciendo que en la práctica, el 4% de interés anual no será efectivo. Para calcular la cantidad de interés efectivo a pagar se estima un ratio de desembolso del préstamo acorde al habitual en esta clase de operativas, lo que supone que cada tramo este sujeto a un 1% trimestral. Con todas estas consideraciones, se estiman unos gastos financieros totales de 219.610 € sumando los intereses y la comisión de apertura.

Además, es necesario considerar los gastos asociados a la operación una vez terminada la fase de construcción, que hacen referencia a los gastos de comercialización y publicidad, que conjuntamente suponen un 3% de gasto sobre el precio de venta, lo que se traduce en 544.965 €.

Teniendo en cuenta el coste de suelo, el coste de construcción y todos los demás costes que derivan de la operación, podemos concluir en que el total invertido en este proyecto será de 10.982.004 €, de los cuales 4.392.802 € son obtenidos mediante recursos propios y 6.582.880 € mediante deuda bancaria.

- **Primer supuesto: venta a terceros**

Una vez comprado el suelo y finalizada la construcción, se procede a vender el edificio al completo. De las 40 viviendas, 10 son de 3 habitaciones, 18 son de 2 habitaciones y 12 son estudios o pisos de un dormitorio. A cada uno de este tipo de unidades se le asigna un precio acorde con la media del mercado y considerando como referencia otras estancias disponibles por la zona. Los pisos de tres dormitorios se venden a un precio de 575.000 € por unidad, los de dos dormitorios a 429.000 € por unidad, y los de un dormitorio se venden por 299.000 € la unidad. Además, hemos de tener en cuenta que el edificio cuenta también con 33 plazas de garaje y 33 trasteros, cuyos precios de venta por unidad son 27.500 € y 6.000 € respectivamente.

Una vez que establecen los precios de venta por unidad inmobiliaria, se puede dilucidar el precio total de venta del proyecto, que supone un ingreso de 18.165.500 €. Con estas cifras podemos concluir que, siempre y cuando la operación trascurra conforme a lo estimado, se estarían generando 7.183.496 € de beneficio, lo que supone una rentabilidad del 65% sobre el total invertido y 164% sobre el equity recaudado.

- **Segundo supuesto: patrimonialización del activo y puesta en alquiler**

Si bien la hipótesis de venta directa puede ser la más razonable a priori y la mejor opción teniendo en cuenta el modelo de la tokenización, se plantea una hipótesis alternativa con el objetivo de poder comparar los dos tipos de operaciones y decidirse por la más atractiva. En la hipótesis alternativa se plantea que, en lugar de vender las viviendas una vez acabado el proyecto, se alquilan a terceros. Para ello, se establece un precio de alquiler anual por unidad, basado en el precio medio de mercado según las características y la zona geográfica, estimando un ingreso anual por alquiler de 55.000 € por cada vivienda de 3 dormitorios, 40.000 € por cada vivienda de 2 dormitorios y 25.000 € por cada vivienda de 1 dormitorio. A parte, se estima que cada trastero genere 300 € al año de alquiler, y cada plaza de garaje 1.500 € al año. Por consiguiente, el total del ingreso percibido de las rentas en un año será de 1.629.400 €, que supone un ingreso del 14,84% del total invertido el primer año y, además, se calcula que las rentas obtenidas aumentarán cada año teniendo en cuenta el IPC (2%).

En esta hipótesis alternativa también se presentan cambios en el vencimiento de la deuda, ya que la venta total del edificio te permite amortizar el préstamo directamente, a diferencia de este supuesto, ya que los ingresos generados por los alquileres son progresivos y no es posible devolver la totalidad del principal al término del periodo de construcción. Por tanto se establecen los mismos términos de la deuda con respecto al escenario de venta excepto el vencimiento de la deuda, que pasa a ser a 15 años. Con el fin de simplificar los cálculos, los intereses devengados durante la etapa de construcción se consideran parte de los gastos financieros del total de la inversión y, una vez los pisos son alquilados, la deuda sigue una amortización francesa.

Partiendo de la idea de alquilar las viviendas a perpetuidad, se puede concluir que los socios (compradores de tokens) recuperarán su inversión a lo largo del año 11 desde el inicio del proyecto, una cifra bastante más atractiva en comparación los 20 años que suponen la media en la que se amortiza una inversión inmobiliaria en España (Rastreator, 2023).

Por otra parte, se plantea otro escenario en el que se patrimonializan las viviendas para percibir las rentas del alquiler pero, en lugar de ser a perpetuidad, en el año 8 desde el inicio del proyecto la promoción se vende. En este tipo de operaciones, lo habitual es negociar el precio de venta conforme a un yield establecido partiendo de las rentas generadas durante el último año, es decir, el precio de venta de el activo se negocia a partir de dividir los ingresos generados durante el último año entre un porcentaje (yield). En este momento en España, el yield a comprador habitual en esta clase de operaciones es del 6,5%, pero como no podemos predecir como puede evolucionar el mercado en 8 años, se establecen 2 escenarios distintos, uno optimista en el que el yield sea un 6%, y otro pesimista en el que el yield sea 7%. Así que 8 años después del inicio del proyecto, las viviendas se venderán por un total de 25.176.312 € siendo optimistas, o por 20.893.004 € siendo pesimistas.


5.3 Síntesis de resultados

Repasando estas dos hipótesis, podemos concluir en que ambas son opciones rentables y la elección de una sobre la otra dependerá de las preferencias del inversor. Ahora bien, considerando que estamos tratando con un instrumento tokenizado de inversión donde se requiere mucho menos capital para participar que en otras operaciones similares no tokenizadas y por tanto, los retornos esperados son también menores, se puede concluir que la opción de venta inmediata es la mejor opción para el inversor, puesto que ofrece una gran rentabilidad y garantiza que las ganancias se materialicen mucho antes que las otras dos opciones recogidas en la hipótesis de alquiler.

Sin embargo, pese a que todo parece indicar que la hipótesis de venta es la mejor opción para desarrollar, es necesario que podamos comparar todas las casuísticas matemáticamente mediante algún indicador común a las 3. En este caso, el indicador elegido es el TIR, que indica la tasa de descuento a la que deben ser descontados los flujos de caja para que el valor actual neto (VAN) sea igual a 0. Esto significa que cuanto mayor sea el TIR de una inversión, más rentable será.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Hipótesis venta	-3.843,701	-6.040,102	-1.098,200	18.165,500														
Hipótesis alquiler perpetuo	-3.843,701	-6.040,102	-1.098,200	1.629,400	1.069,348	1.102,588	1.136,492	1.171,075	1.206,349	1.242,329	1.279,028	1.316,462	1.354,644	1.393,589	1.433,314	1.473,833	1.515,163	1.557,319
Hipótesis alquiler y venta																		
escenario op.	-3.843,701	-6.040,102	-1.098,200	1.629,400	1.069,348	1.102,588	1.136,492	1.171,075	25.176,312									
escenario pes.	-3.843,701	-6.040,102	-1.098,200	1.629,400	1.069,348	1.102,588	1.136,492	1.171,075	20.893,004									

Una vez concretados los flujos de capital referentes a cada año de las 3 distintas opciones podemos concluir que, de acuerdo a las conjeturas iniciales, la hipótesis de venta inmediata tras construcción se presenta como la opción más rentable con un TIR de 24,55%, frente a la hipótesis de alquiler perpetuo que presenta un TIR de 6,88%, y también la hipótesis de venta tras un periodo de alquiler, cuya estimación más optimista muestra un TIR del 17,53% y un 15,12% según la estimación más pesimista.

Hipótesis venta	TIR	24.55%	
Hipótesis alquiler perpetuo	TIR	6.88%	
Hipótesis alquiler y venta	TIR	17.53%	
	TIR	15.12%	

Ahora que la hipótesis de venta inmediata se presenta como la opción óptima a desarrollar, podemos establecer los criterios seguidos para incorporar la tokenización. El proceso se apalancará en la blockchain de Ethereum, donde se generarán 500 tokens ERC-20 o tokens fungibles, que son aquellos que representan las partes alícuotas por las que está dividido el capital social. Cada token tendrá un valor inicial de 8.785,60 € y, una vez vendida la propiedad al cabo de 3 años, los poseedores percibirán un beneficio bruto de 14,366.99 €, que supone una rentabilidad del 163,53%.

recursos propios (equity) tokenizados	4,392,802	
Número de tokens emitidos	500	
Valor inicial por token	8,785.60 €	
Beneficio bruto por token (a 3 años)	14,366.99 €	163.53%

6. Conclusiones

6.1 Impacto Social

La tokenización inmobiliaria tiene un impacto social transformador al democratizar el acceso a inversiones que históricamente estaban reservadas para grandes inversores. Al permitir la

adquisición de participaciones digitales en proyectos inmobiliarios a través de tokens, se reduce significativamente el capital inicial requerido, facilitando la inclusión de pequeños inversores en el mercado.

Esta accesibilidad fomenta una mayor equidad financiera, permitiendo que personas con distintos niveles de recursos económicos puedan participar en proyectos inmobiliarios. Adicionalmente, el uso de tecnología blockchain aporta transparencia al proceso, lo que refuerza la confianza del público en los sistemas de inversión inmobiliaria. Este modelo no solo beneficia a los inversores, sino que también contribuye al desarrollo de comunidades al atraer capital para proyectos de construcción y promoción de viviendas, ayudando a satisfacer necesidades habitacionales y estimulando la economía local.

6.2 Impacto Económico

El impacto económico de la tokenización inmobiliaria es significativo, tanto a nivel macroeconómico como en la dinámica interna del sector inmobiliario. Este modelo:

Incrementa la liquidez del mercado inmobiliario al permitir que los tokens, que representan participaciones en los activos, sean negociados en mercados secundarios. Esto mitiga una de las mayores limitaciones del sector: la inmovilidad de los activos.

- Atrae capital internacional, al eliminar barreras de entrada legales y operativas para inversores extranjeros interesados en participar en proyectos inmobiliarios locales.
- Fomenta la diversificación del riesgo: Los inversores pueden distribuir su capital entre múltiples propiedades y ubicaciones, algo que no es común en la inversión inmobiliaria tradicional, donde suele haber alta concentración en pocos activos.
- Genera eficiencia económica: El uso de contratos inteligentes reduce costos asociados a intermediarios y procesos administrativos.

En el caso práctico desarrollado, el uso de un modelo tokenizado para la construcción y promoción de viviendas en Málaga mostró cómo la implementación de esta tecnología puede mejorar el acceso al financiamiento y aumentar la rentabilidad del proyecto, evidenciado por una TIR proyectada del 24.55%. Además, esta tecnología impulsa la confianza del inversor al garantizar la seguridad y claridad en la gestión de los recursos.

6.3 Conclusiones Finales

La tokenización inmobiliaria, aplicada al modelo de construcción y promoción de viviendas, no solo resulta viable, sino que también representa una evolución en el sector inmobiliario hacia una mayor accesibilidad, transparencia y rentabilidad. Este modelo tiene el potencial de transformar cómo se financian y gestionan los proyectos, al introducir:

- **Un mercado más inclusivo**, donde pequeños inversores pueden participar con montos reducidos.
- **Una liquidez sin precedentes**, gracias a la posibilidad de negociar tokens en mercados secundarios.

El análisis realizado en este trabajo evidencia que la construcción y promoción inmobiliaria es la opción más adecuada para un modelo de negocio basado en tokenización, debido a la generación de valor escalonada en las distintas fases del proyecto. Frente a la opción de adquirir activos ya construidos, este enfoque maximiza las ventajas de la tokenización al ofrecer rendimientos superiores, mayor liquidez y un horizonte temporal definido.

En resumen, la tokenización inmobiliaria tiene el potencial de revolucionar el sector, haciéndolo más dinámico, accesible y eficiente.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Ángel Fernández Soriano, estudiante de E2 Bilingüe de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Tokenización inmobiliaria: un modelo innovador, en un sector innovador", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

- ~~1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.~~
- ~~2. **Crítico:** Para encontrar contra argumentos a una tesis específica que pretendo defender.~~
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
- ~~5. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.~~
6. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
7. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
- ~~8. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.~~
- ~~9. **Generador previo de diagramas de flujo y contenido:** Para esbozar diagramas iniciales.~~
10. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
- ~~11. **Generador de datos sintéticos de prueba:** Para la creación de conjuntos de datos ficticios.~~
12. **Generador de problemas de ejemplo:** Para ilustrar conceptos y técnicas.
13. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.
- ~~14. **Generador de encuestas:** Para diseñar cuestionarios preliminares.~~

15. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 30 / 11 / 2024

Firma:

BIBLIOGRAFÍA:

- Buterin, V. (2014). Ethereum White Paper: A Next Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.
- García-Montalvo, J. (2017). El mercado de la vivienda en España: problemas de acceso y soluciones. *Papeles de Economía Española*, 153, 2-16.
- International Monetary Fund. (2009). *World Economic Outlook: Crisis and Recovery*.
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2021). *Cifras de población*.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- PwC. (2020). *Estudio sobre el crecimiento poblacional en las urbes españolas*.
- Rath, S., Gupta, A., & Bothra, J. (2023). Smart contracts and real estate tokenization: Enhancing transparency and efficiency. *Blockchain Journal*, 5(2), 77-89.
- Savills. (2020). *Global Real Estate: Trends and Insights*.
- Serrano, W. (2020). *Real Estate Tokenisation via Non-Fungible Tokens*. The Bartlett, University College London.
- Talavera Oliva, M. (2020). El futuro de la inversión inmobiliaria en España: tendencias del sector y nuevos nichos de inversión. *Universidad Complutense de Madrid*.
- Zuluaga, C. (2023). Viabilidad de la tokenización de propiedades en Estados Unidos. *Universidad EIA*.
- Gupta, A., Rathod, J., Patel, D., Bothra, J., Shanbhag, S., & Bhalerao, T. (2020). *Tokenization of Real Estate Using Blockchain Technology*.
- Criado Enguix, J. (2020). Blockchain: Criptomonedas y tokenización de activos inmobiliarios. Efectos en el ámbito registral. *R.E.D.S.*, 16, 253-262.
- Uzsoki, D. (2020). *Tokenization of Infrastructure: A blockchain-based solution to financing sustainable infrastructure*.
- Rastreator (2023). ¿Cuánto se tarda en amortizar la inversión en vivienda?.