



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

Certificación de parcelas en Blockchain mediante NTFs
creados a partir de imágenes satélite

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación

AUTOR/A: Baragaño Móner, Pablo Ignacio

Tutor/a: Marqués Mateu, Ángel

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

Certificación de parcelas en *Blockchain* mediante *NTFs* creados a partir de imágenes satélite

Autor: Pablo Ignacio Baragaño Móner
Tutor: Ángel Marqués Mateu
Titulación: Máster Universitario en Ingeniería Geomática y Geoinformación





Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

Pablo Ignacio Baragaño Móner

Septiembre 2022



Agradecimientos

A pesar de que hay mucha gente que me ha acompañado en este camino, me gustaría agradecer únicamente a mis padres, por la oportunidad que me han brindado al ayudarme a poder finalizar mis estudios con un máster universitario, por haberme aguantado las clases teóricas que he impartido durante las cenas en casa y por apoyarme en esta fase de mi vida.

Muchas gracias.

Índice de imágenes

IMAGEN 1 - TIME-STAMP. FUENTE:(HTTPS://BLOG.4D.COM/)	8
IMAGEN 2 - WHITE PAPER. FUENTE:(HTTPS://COINCENTRAL.COM/)	9
IMAGEN 3 - NODOS. FUENTE: (WWW.NICEHASH.COM).....	10
IMAGEN 4- HASH IDENTIFICATIVO. FUENTE(HTTPS://GDEMPRESA.GESDOCUMENT.COM/)	11
IMAGEN 5 - NODOS CONSECUTIVOS. FUENTE:(YOUTUBE: SIMPLY EXPLAINED)	11
IMAGEN 6 - TIPOS DE REDES. FUENTE:(HTTPS://BLOCKCHAININTELLIGENCE.ES/)	12
IMAGEN 7- NODOS DE UNA BLOCKCHAIN. FUENTE(HTTPS://BUILTIN.COM/BLOCKCHAIN).....	13
IMAGEN 8- NODOS DE AUTORIDAD. FUENTE: (BINANCE.COM)	14
IMAGEN 9 - NODOS DE PARTICIPACIÓN. FUENTE:(HTTPS://NODES.COM/).....	14
IMAGEN 10 - NODO MINERO. FUENTE(HTTPS://ICONSOUT.COM)	15
IMAGEN 11 - MINERIA. FUENTE(HTTPS://DRIBBBLE.COM/)	15
IMAGEN 12- HARDWARE DE MINERIA. FUENTE:(HTTPS://WWW.CNBC.COM/)	16
IMAGEN 13- ESTRUCTURA BLOCKCHAIN. FUENTE(HTTPS://GEEKFLARE.COM/FINANCE/)	17
IMAGEN 14- BLOCKCHAIN PÚBLICA. FUENTE(HTTPS://BLOCKCHAINLION.COM/)	17
IMAGEN 15- BLOCKCHAIN PRIVADA. FUENTE:(HTTPS://BLOCKCHAINLION.COM/)	18
IMAGEN 16 - BLOCKCHAIN EN CONSORCIO. FUENTE:(HTTPS://BLOCKCHAINLION.COM/).....	18
IMAGEN 17- PROOF-OF-WORK. FUENTE:(HTTPS://WWW.LINKEDIN.COM/PULSE)	19
IMAGEN 18- PROOF-OF-STAKE. FUENTE:(HTTPS://CRIPTOMONEDAZ.COM/).....	19
IMAGEN 19 - PROOF OF HISTORY. FUENTE(WWW.SOLANA.COM)	20
IMAGEN 20 - DEFI TOKENS. FUENTE:(HTTPS://WWW.BBVAOPENMIND.COM/)	21
IMAGEN 21- TOKENS DE GOBERNANZA. FUENTE (GOOGLE IMAGES).....	21
IMAGEN 22 - TOKENS DE ACCIONES. FUENTE: (HTTPS://WWW.FISAGRP.COM/).....	22
IMAGEN 23- NON FUNGIBLE TOKENS. FUENTE: (HTTPS://DRIBBBLE.COM/).....	22
IMAGEN 24 - FUNGIBLE Y NO FUNGIBLE. FUENTE:(.....	23
IMAGEN 25- THE FIRST 5000 DAYS - \$69.3 MILLONES.....	24
IMAGEN 26 - THE MERGE – \$91’8 MILLONES.....	24
IMAGEN 27 - CRYPTOPUNK #5822 - \$23.7 & #7523 - \$11.75 MILLONES.....	25
IMAGEN 28 - NÚMERO DE PARCELAS COORDINADAS CATASTRO -REGISTRO	26
IMAGEN 29 - GEORGIA Y EL REGISTRO PARCELARIO EN BLOCKCHAIN. FUENTE: (WWW.EXONUM.COM)	30
IMAGEN 30- BLOCKCHAIN SOLANA. FUENTE: (SOLANA.COM).....	31
IMAGEN 31 - CARACTERÍSTICAS DE SOLANA. FUENTE: (WWW.SOLANA.COM).....	32
IMAGEN 32 - TOP NFT MARKETPLACES. FUENTE: (SOLANA.COM)	32
IMAGEN 33 - IMAGEN SATELITAL DESCARGADA PARA EL PROYECTO. FUENTE: (HTTPS://ASTROGEOLOGY.USGS.GOV)	33
IMAGEN 34 - LUNAR RECONNAISSANCE ORBITER (LRO). FUENTE (HTTPS://LUNAR.GSFC.NASA.GOV/).....	33
IMAGEN 35 - ALTÍMETRO LÁSER ORBITAL LUNAR (LOLA). FUENTE (HTTPS://LUNAR.GSFC.NASA.GOV/)	34
IMAGEN 36 - SELENE KAGUYA. FUENTE (HTTPS://SPACE.SKYROCKET.DE/DOC_SDAT/SELENE.HTM).....	34
IMAGEN 37 - CÓDIGO PYTHON PARA LA DIVISIÓN DE UNA IMAGEN RÁSTER	36
IMAGEN 38 - SIMULACIÓN DE IMAGEN DIVIDIDA EN PARCELAS.	36
IMAGEN 39 - RECORTE 582 DE LA IMAGEN ORIGINAL	37
IMAGEN 40 - COLECCIÓN DE PARCELAS EN FORMATO TIFF	37
IMAGEN 41 - EDICIÓN DE ARCHIVO OBJ EN BLENDER	38
IMAGEN 42 - ASPECTO INICIAL DE LA WEB DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	38
IMAGEN 43- ASPECTO INICIAL DEL GEOPORTAL WEB	39
IMAGEN 44 - ASPECTO Y CODIFICACIÓN DEL MENÚ	39
IMAGEN 45 - ASPECTO DEL ÁREA INICIAL DE LA WEB DESCRIPTIVA	40
IMAGEN 46 - IMPLEMENTACIÓN DE LA LIBRERÍA GLOBE.GL.....	40
IMAGEN 47 - ANIMACIÓN DE BOTÓN DE MINTEO	41
IMAGEN 48 - SECCIÓN INFORMATIVA DEL PROYECTO EN LA WEB	41
IMAGEN 49- ROADMAP DEL PROYECTO A SEGUIR	42
IMAGEN 50- BLOG CON INFORMACIÓN ADICIONAL	42
IMAGEN 51-PIE DE PÁGINA DE LA WEB	43
IMAGEN 52- ASPECTO INICIAL DEL GEOPORTAL WEB	43
IMAGEN 53 - ZOOM A UNA PARCELA MOSTRANDO SU INFORMACIÓN BÁSICA	44

IMAGEN 54 - DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL GEOPORTAL WEB	44
IMAGEN 55 - ACCIÓN DEL BOTÓN HELP	45
IMAGEN 56 - FUNCIÓN COMPLETA DE LA ACCIÓN DE BÚSQUEDA	45
IMAGEN 57 - DESPLEGABLE DE DISTINTAS CAPAS	46
IMAGEN 58- DISTINTAS REPRESENTACIONES DE LAS CAPAS EN EL OBJETO 3D.....	46
IMAGEN 59 - MENÚ DE EDICIÓN DE CAPAS	47
IMAGEN 60- PRIMERA EDICIÓN DE CAPAS	47
IMAGEN 61 - SEGUNDA EDICIÓN DE CAPAS.....	48
IMAGEN 62 - CARGA DE DATOS JSON EN EL ELEMENTO 3D	48
IMAGEN 63 - VISUALIZACIÓN DE LA PARCELA SELECCIONADA EN 3D DENTRO DEL MODAL	49
IMAGEN 64 - ARCHIVO JSON TIPO, DESCRIPTIVO DE METADATOS DE LOS NFT	50
IMAGEN 65 - IPFS. FUENTE (HTTPS://WWW.ONLINEGDB.COM/)	50
IMAGEN 66 - SOLANA CANDY MACHINE. FUENTE (SOLANA.COM).....	51
IMAGEN 67 - SMART CONTRACTS. FUENTE (MEDIAPYME.COM)	51
IMAGEN 68 - ALMACENAMIENTO EN BUCKETS AWS.....	52
IMAGEN 69- ASPECTO DE UN BUCKET	52
IMAGEN 70 - COMPRA DE DOMINIOS EN AWS	53

Índice de tablas

TABLA 1 - COMPARATIVA TIPOS DE ARQUITECTURA	18
TABLA 2 - PROOF OF WORK VS PROOF OF STAKE	20
TABLA 3 - RANGO DE COSTE DE INSCRIPCIÓN	26
TABLA 4- VALOR ANUAL TOTAL DE TRANSACCIONES INMOBILIARIAS	27
TABLA 5 - INFORMACIÓN GEOESPACIAL DE LA IMAGEN DESCARGADA	35

Índice

Resumen.....	7
Summary	7
Resum.....	7
1. Introducción	8
2. Blockchain y NFTs.....	8
2.1. Blockchain:	10
2.1.1. <i>Nodo</i>	12
2.1.2. <i>Arquitectura</i>	17
2.1.3. <i>Consenso</i>	19
2.1.4. <i>Token</i>	21
2.2. NFTs.....	23
2.2.1 ¿Cómo funcionan los NFT?	24
3. Contexto en la certificación actual de parcelas en España.....	25
4. Certificaciones de parcelas vía <i>blockchain</i>	27
4.1. Caso de éxito: Catastro en Georgia.	29
5. Marco práctico	30
5.1. Blockchain de apoyo	31
6. Generación y modelización de los <i>NFTs</i> a partir de imagen ráster.....	33
6.1. Recorte de la imagen.....	35
7. Generación de la página Web.....	38
8. Diseño y funcionamiento del Geoportal web.....	43
9. Smart contract y acción Mint.	50
10. Creación de servidor <i>AWS</i> y compra de dominio.....	52
10.1. Amazon S3	52
10.2. Amazon Route 53.....	53
11. Conclusiones.	53
12. Referencias.....	54

Resumen

El proceso actual de registro y compra-venta de parcelas tiene añadidos ciertos inconvenientes que suponen una carga en este litigio, bien por la duplicidad de intermediarios que encarecen este proceso o por la malversación e intereses ocultos de estos que pueden tener.

Con el avance de las tecnologías y el auge de la globalización y automatización de procesos descentralizados, aparece la tecnología *Blockchain*, la cual se define como la solución a estos problemas ya que permite una certificación casi instantánea de activos evitando los intermediarios, eliminado así la malversación de intereses que se pueda generar en el proceso y abaratando así sus costes.

La posibilidad de implementación de un sistema de acceso global y seguro de compra-venta de parcelas registradas es ya una solución tangible gracias a la tecnología *Blockchain* y la creación de *NFTs* (*Non-Fungible Token*).

Summary

The current process of registering and buying and selling plots has added certain inconveniences that represent a burden in this litigation, either due to the duplicity of intermediaries that make this process more expensive or due to embezzlement and hidden interests that they may have.

With the advancement of technologies and the rise of globalization and automation of decentralized processes, Blockchain technology appears, which is defined as the solution to these problems since it allows an almost instantaneous certification of assets avoiding intermediaries, thus eliminating embezzlement. of interest that can be generated in the process and thus lowering its costs.

The possibility of implementing a global and secure access system for buying and selling registered plots is already a tangible solution thanks to Blockchain technology and the creation of *NFTs* (*Non-Fungible Token*).

Resum

El procés actual de registre i compra-venta de parcel·les té afegits certs inconvenients que suposen una càrrega en aquest litigi, bé per la duplicitat d'intermediaris que encareixen aquest procés o per la malversació i interessos ocults d'aquests que poden tindre.

Amb l'avanç de les tecnologies i l'auge de la globalització i automatització de processos descentralitzats, apareix la tecnologia *Blockchain*, la qual es defineix com la solució a aquests problemes ja que permet una certificació quasi instantània d'actius evitant els intermediaris, eliminat així la malversació d'interessos que es puga generar en el procés i abaratint així els seus costos.

La possibilitat d'implementació d'un sistema d'accés global i segur de compra-venta de parcel·les registrades és ja una solució tangible gràcies a la tecnologia *Blockchain* i la creació de *NFTs* (*Non-Fungible Token*).

1. Introducción

El registro de la propiedad implica la recopilación de detalles como la propiedad, el tamaño de la propiedad y ciertas características descriptivas de esta, actualmente el proceso de mantenimiento del registro de la propiedad en muchos países es demasiado tedioso ya que implica la generación y el mantenimiento de grandes volúmenes de registros en forma escrita, además cualquier referencia futura que necesite tomarse de estas copias impresas implicará demasiado trabajo, encareciendo el coste de tiempo en cualquier gestión de este ámbito.

A esto le añadimos que el sistema actual no es seguro ya que la mayoría del proceso no es transparente, se encuentra centralizado, el sistema es lento y al venderse una propiedad más de una vez pueden generarse errores o malversaciones, complicando así el proceso y generando una alta desconfianza en la administración pública pertinente y en la intención de registro o compra-venta de bienes.

En este proyecto se explicarán estas nuevas tecnologías y métodos de certificación, sus características, sus aplicaciones de éxito actuales, haciendo un inciso en el sistema de certificación de parcelas actual en España y la mejora que supondría el implementar la certificación vía *blockchain* en el sistema español.

Para poner en aplicación toda esta teoría, se generara una colección de parcelas a partir de una imagen satélite de la luna, generando para cada una de ellas un modelo tridimensional como un activo *NFT* dentro de la *blockchain* descentralizada de la criptomoneda *Solana*, creando así un proyecto real de compra-venta de parcelas a partir de una imagen de satélite, por último se creará una página web donde se podrá visualizar cada una de las parcelas en un visor con una funcionalidad similar a la de un geoportal y donde se podrá comprar cada uno de los activos mediante un proceso *Mint* aplicado en la misma.

2. Blockchain y NFTs.

Para poder explicar correctamente los conceptos de *Blockchain* y *NFTs* y entender todas las terminaciones que en este mundo se emplean, primero debemos poner un poco de contexto histórico en cómo y cuándo se creó la tecnología *Blockchain*.

La idea detrás de la tecnología *blockchain* fue descrita en 1991, cuando los ingenieros e investigadores *Stuart Haber* y *W. Scott Stornetta* introdujeron una solución informáticamente práctica para realizar un "*certificación temporal*" de documentos digitales, que evitaba que pudieran ser editados temporalmente o manipulados.



Imagen 1 - Time-stamp. Fuente: (<https://blog.4d.com/>)

El sistema empleaba una cadena de bloques criptográficamente protegida para almacenar los documentos "*temporalmente-sellados*" (*time-stamped*). En 1992 se incorporarían árboles *Merkle* al diseño, haciéndolo más eficiente al permitir reunir diversos documentos en un único bloque.

Sin embargo, esta tecnología no sería utilizada y la patente expiraría en 2004, cuatro años antes de la concepción de *Bitcoin*.

En 2004, el ingeniero informático y activista criptográfico *Hal Finney* introduciría un sistema denominado *RPoW*, *Reusable Proof of Work*.

El funcionamiento de este sistema consistía en la recepción de un *token* basado en un *Hashcash* (Un sello *hashcash* constituye una prueba de trabajo que requiere una cantidad de trabajo parametrizable para calcular para el remitente. El destinatario puede verificar los sellos de *hashcash* recibidos) no intercambiable como certificación de la realización de un trabajo, y a cambio se creaba un *token* firmado con *RSA* (*Rivest, Shamir y Adleman*, sistema criptográfico de clave pública) que podía ser transferido de persona a persona.

El sistema *RPoW* resolvía el "*problema de doble gasto*"(que es el problema de rehusar el mismo *token* múltiples veces, pudiendo así cometer fallas de seguridad) al mantener un registro de la propiedad de los *tokens* en un servidor de confianza, diseñado para permitir a los usuarios de todo el mundo verificar su exactitud e integridad en tiempo real.

A finales de 2008, un libro blanco (*white paper*) introducía un sistema descentralizado *peer-to-peer* (*peer-to-peer* es una red de ordenadores en la que todos o algunos aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí) de dinero electrónico (denominado *Bitcoin*) fue publicado en un listado de correos electrónicos de criptografía por una persona o grupo bajo el seudónimo *Satoshi Nakamoto*.

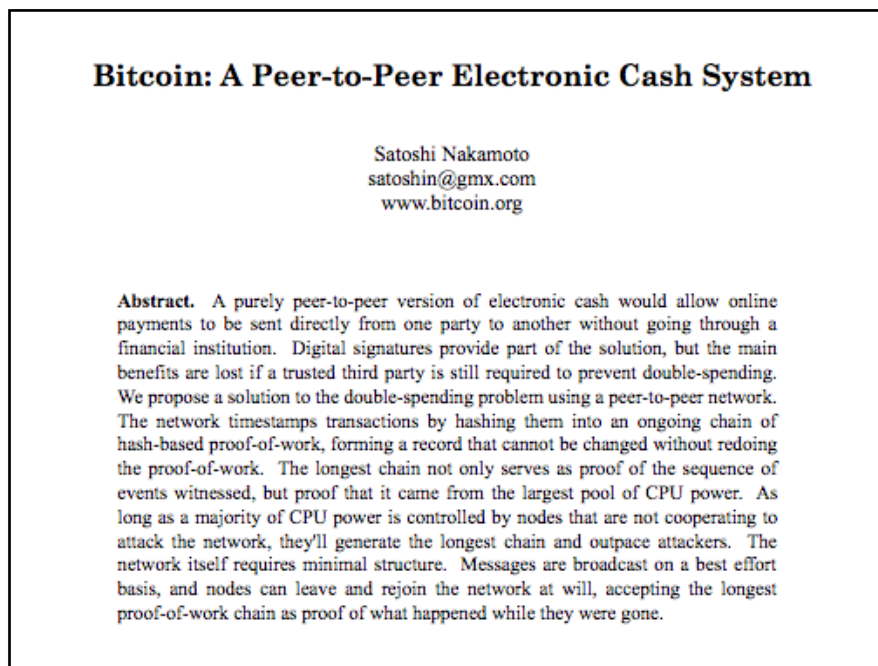


Imagen 2 - White Paper. Fuente: (<https://coincentral.com/>)

Se basaba en el algoritmo de prueba de trabajo *Hashcash*, pero en lugar de utilizar una función de

computación dependiente de hardware confiable como ocurría con *RPoW*, la protección de doble gasto era proporcionada en *Bitcoin* por un protocolo *peer-to-peer* descentralizado que se encargaba de hacer seguimiento y verificar las transacciones.

2.1. Blockchain:

Una *blockchain* es una cadena de bloques o nodos que contiene información. Como ya se ha descrito anteriormente, esta técnica fue originalmente descrita en 1991 y en primera instancia tenía la intención de poner una certificación temporal a los documentos digitales, para que no fuera posible cambiarles la fecha ni manipularlos, de la misma manera que funcionaría un notario.

Sin embargo, se quedó casi inadvertida hasta que en 2009 se adaptó por *Satoshi Nakamoto* al crear la criptomoneda digital *Bitcoin*.

Una *blockchain* es un libro de registro distribuido públicamente que está completamente abierto para cualquiera, su característica más relevante es que una vez que los datos se han registrado dentro de una cadena de bloques, se vuelve casi imposible cambiarlo sin alterar su identidad.

El funcionamiento de una *blockchain* es simple, cada bloque contiene datos, estos dependen del tipo de *blockchain*, por ejemplo, la *blockchain* de *Bitcoin*, almacena los detalles sobre una transacción, como emisor, receptor y cantidad de monedas.

Así mismo, cada nodo o bloque contiene el *hash* del bloque, siendo este un identificador equiparable a una huella dactilar (en cuanto a su singularidad) y el *hash* del bloque anterior.

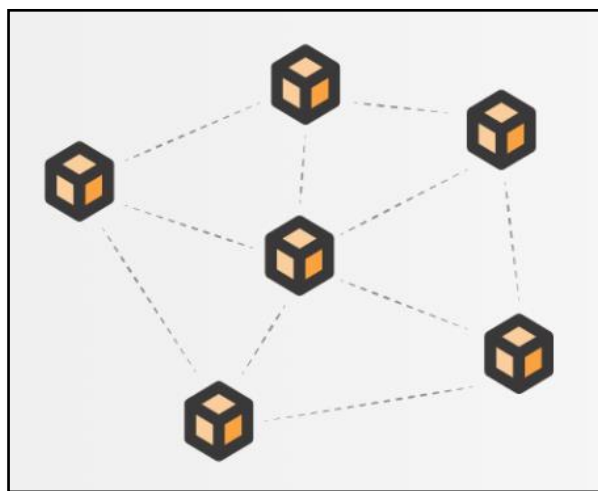


Imagen 3 - Nodos. Fuente: (www.nicehash.com)

Esta huella dactilar identifica cada bloque y todo su contenido.

Una vez que se crea un bloque, su *hash* es calculado, cambiar algo dentro del bloque hará que el *hash* cambie, por lo que cualquier cambio se verá reflejado en su *hash* identificativo, pudiendo localizar cambios con gran facilidad.

Si la huella dactilar de un bloque cambia, ya no es el mismo bloque.

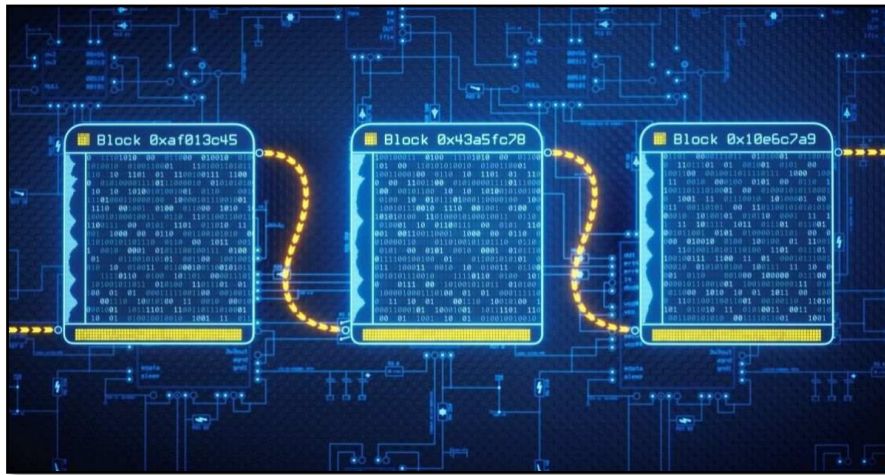


Imagen 4- Hash identificativo. Fuente(<https://gdempresa.gesdocument.com/>)

El tercer elemento dentro de cada bloque o nodo sería el *hash* del bloque anterior, esto produciría un efecto en cadena creando una cadena de bloques, esta técnica es la que hace que una cadena de bloques sea tan segura.

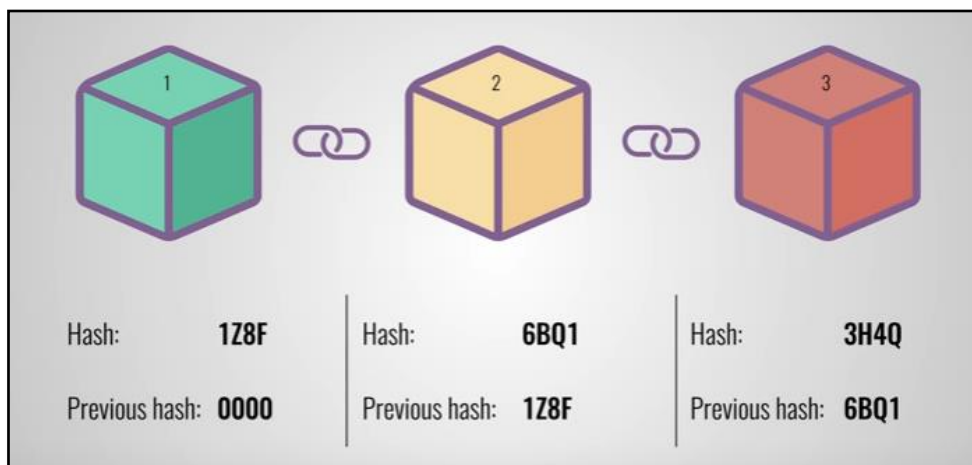


Imagen 5 - Nodos consecutivos. Fuente:(Youtube: Simply Explained)

La seguridad que proporciona la *blockchain* es muy elevada, ya que al alterar un nodo de la cadena esto implica que su *hash* cambia, a su vez todos los bloques siguientes cambiarán su huella dactilar consecutivamente produciendo así un efecto en cadena y cambiando la *blockchain* por completo, por lo que al cambiar un solo bloque esto hará inválidos todos los siguientes bloques pudiendo así detectar con facilidad cambios o manipulaciones.

Sin embargo, los ordenadores de hoy en día son muy rápidos y eficientes y podían calcular cientos de miles de *hashes* por segundo, por lo que solo esa seguridad en cadena no es suficiente.

Para solucionar esto, las *blockchain* tienen algo llamado prueba de trabajo (*proof-of-work*), este es un mecanismo que ralentiza la creación de nuevos bloques, por ejemplo, en el caso de *Bitcoin* se tarda cerca de 10 minutos en calcular la *proof-of-work* necesaria y añadir un nuevo bloque a la *blockchain*.

Este mecanismo hace que sea muy difícil alterar los bloques, porque si alteras un solo bloque, tendrás que volver a calcular la prueba de trabajo para todos los siguientes bloques.

Además, hay una forma más de que las *blockchain* se aseguran a sí mismas y eso es por ser descentralizadas, esto quiere decir que, en lugar de usar una entidad central para administrar la cadena de nodos, las *blockchain* usan una red *peer-to-peer* y donde cualquiera puede unirse.

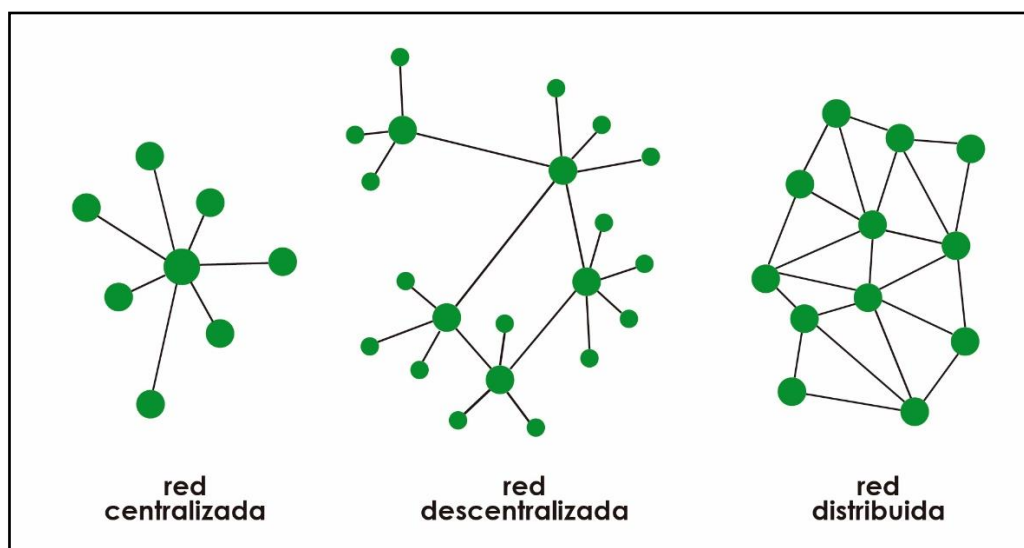


Imagen 6 - tipos de redes. Fuente: (<https://blockchainintelligence.es/>)

Cuando alguien se une a esta red, obtiene una copia completa de la *blockchain*, pudiendo así convertirse en un nodo de la misma y ejerciendo de validador de esta.

Si algún usuario crea un nuevo bloque, este se envía a todos los nodos de la red, donde cada validador(nodo) verifica el bloque para asegurarse de que no ha sido alterado, una vez validado, este nuevo bloque se unirá a cada nodo de la *blockchain*.

Esto crea una red de consenso donde los mismos usuarios que sustentan la *blockchain* acuerdan qué bloques son válidos y cuáles no lo son, así los bloques alterados serán rechazados por otros nodos en la red.

Por lo que para poder alterar con éxito una *blockchain* se deberían manipular todos los bloques que la componen, rehacer el *proof-of-work* de cada uno de los nodos y con el control de más del 50% de la red, validar este cambio.

Cada *blockchain* es distinta en sus características, ya sea por el tipo de datos que la componen, o entre otros, por el tipo de prueba que se lleva a cabo en los cálculos para añadir o validar nuevos bloques, sin embargo, dentro de una *blockchain* siempre existen los conceptos de *Node*, arquitectura y consenso que definen la cadena de bloques y los *tokens* que la componen le otorgan ciertas propiedades características.

2.1.1.1. *Nodo*

El objetivo principal de una *Blockchain* es garantizar la integridad de los datos y brindar credibilidad a la red. Estas propiedades se pueden mantener si la totalidad de los datos se certifica por el mayor número de validadores posibles.

Es aquí donde entra el concepto de nodo o bloque de una *blockchain*. Un *Node*, nodo o bloque es

cada vértice que compone la red de la *blockchain* donde se almacena una copia entera de la misma, independientemente de que la *blockchain* sea pública o privada, su red de nodos siempre se encontrará distribuida globalmente, El registro de los datos resulta inmutable gracias a que cada nodo de la red guarda el registro transaccional de los datos, esto es esencial para la perseverancia de los datos en la *blockchain*.



Imagen 7- Nodos de una Blockchain. Fuente(<https://builtin.com/blockchain>)

Dependiendo de Blockchain, puede haber innumerables roles basados en ciertas tareas, pero las funciones básicas de un nodo se reducen a:

- Aceptar o rechazar transacciones.
- Gestión de las transacciones y su validez.
- Almacenamiento de los bloques enlazados criptográficamente.
- Actuar como punto de comunicación.

Existen además diferentes tipos de nodos dentro de la *blockchain* en la red global permite que la red sea resistente a cualquier ataque centralizado, por ejemplo, hay ciertas *blockchains* que tienen dos tipos de nodos, uno para el cliente y otro para el notario digital que valida las transacciones.

Aquí algunos de los nodos más comunes usados en la tecnología *blockchain*:

- Nodos de autoridad

Estos nodos pueden controlar y restringir el acceso del resto de nodos. En una cadena de bloques pública, alguien se convierte en un nodo con autoridad al descargar y sincronizar los datos de la cadena de bloques con la red, en cambio, en una *blockchain* privada, este acceso está limitado solo a unos pocos nodos seleccionados por la directiva de la misma.



Imagen 8- Nodos de autoridad. Fuente: (Binance.com)

- Nodo de archivo

A diferencia de los nodos completos podados, los nodos completos de archivo almacenan y mantienen toda la base de datos de *blockchain*. No tienen un límite de almacenamiento definido y son el tipo más común de nodo de cadena de bloques.

- Nodos de participación

Los nodos que verifican la validez de las transacciones en las cadenas de bloques utilizando el modelo de consenso *Proof-of-Stake* se denominan nodos de participación.

Para configurar un nodo de participación, los usuarios deben bloquear una cierta cantidad de tokens nativos de ese ecosistema en la cadena de bloques. Luego, el sistema utiliza aleatoriamente uno de los nodos de participación para procesar transacciones y registrarlas en la *blockchain*.

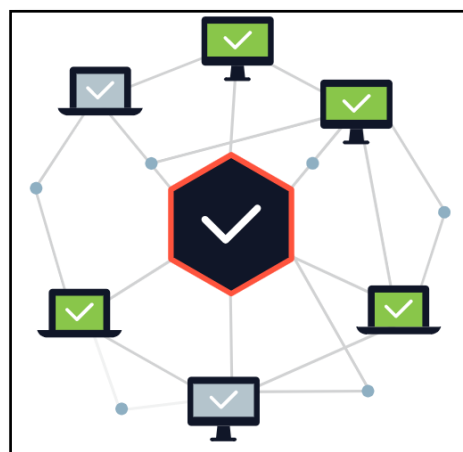


Imagen 9 - Nodos de participación. Fuente:(<https://nodes.com/>)

La selección se realiza de acuerdo con algunas reglas predefinidas. Por ejemplo, algunas cadenas de bloques consideran la cantidad de fondos bloqueados, mientras que otras consideran el tiempo que se pasa en la cadena de bloques.

- Nodos mineros

Los nodos mineros son los componentes integrales de las cadenas de bloques que utilizan un modelo de consenso de prueba de trabajo, como *Bitcoin*. Estos nodos tienen que resolver problemas matemáticos complejos para aprobar transacciones en la cadena de bloques.

Estos problemas requieren dispositivos informáticos muy complejos y potentes, además de consumir una gran cantidad de electricidad, una vez que un nodo minero termina de resolver el problema y agrega el bloque de registros de transacciones a la cadena de bloques, se le recompensa con algunos *tokens* recién acuñados como incentivo, a esta acción se la denomina minería.



Imagen 10 - Nodo minero. Fuente(<https://iconscout.com>)

- **Minería:**

Minería o *Mining* en inglés es el proceso que utilizan *Bitcoin* y otras criptomonedas para generar nuevas monedas y verificar nuevas transacciones, es decir crear nuevos nodos en la *blockchain* o validar las transacciones de los existentes.

Involucra grandes redes descentralizadas de ordenadores en todo el mundo que verifican y protegen las *blockchain* a la que pertenecen. A cambio de contribuir con su poder de procesamiento, los ordenadores que participan en la red son recompensados con nuevas monedas de la red a la que pertenecen.



Imagen 11 - Minería. Fuente(<https://dribbble.com/>)

Es un círculo de *trabajo-recompensa*, ya que los mineros mantienen y aseguran la *blockchain*, y esta cadena de bloques otorga monedas como premio a los participantes, al generar un incentivo para que los mineros mantengan la *blockchain* esta perdura y crece.

Hay tres formas de obtener *Bitcoin* y otras criptomonedas, se pueden comprar en un intercambiador especializado como *Coinbase* o *Binance*, recibirlos como pago por bienes o servicios o "*minarlos*" virtualmente.

La acción de minar virtualmente criptomonedas dentro de una *blockchain*, como por ejemplo *Bitcoin*, hace una década cualquiera que tuviera un ordenador decente en casa podía participar, pero a medida que la *blockchain* ha crecido, ha aumentado la potencia informática y eléctrica necesaria para cooperar en la red, por ejemplo, en octubre de 2019, se requería 12 billones de veces más poder de cómputo para extraer un *Bitcoin* que cuando se extrajeron los primeros bloques en enero de 2009.

Por esa razón, prácticamente toda la minería ahora la realizan empresas especializadas o grupos de personas que unen sus recursos con ordenadores especializados que realizan los cálculos necesarios para verificar y registrar cada nueva transacción y así garantizar que la cadena de bloques sea segura. Verificar una *blockchain* requiere una gran cantidad de poder de cómputo, los mineros ya sean empresas o grupos de trabajo, compran el *hardware* de minería y pagan la electricidad y el sistema de refrigeración necesario para mantenerlo en funcionamiento, a pesar de los grandes costes que esto puede producir, la recompensa de minar un nodo es suficiente para cubrir los gastos (cerca de 124.000€ de retribución en *Bitcoin*).

La motivación de los mineros es la promesa de una recompensa, ya que la red se comporta como una lotería, cada ordenador compite para ser el primero en adivinar un número hexadecimal de 64 dígitos (*hash*), cuanto más rápido un ordenador de la red pueda calcularlo, más probabilidades hay de que el minero gane la recompensa.

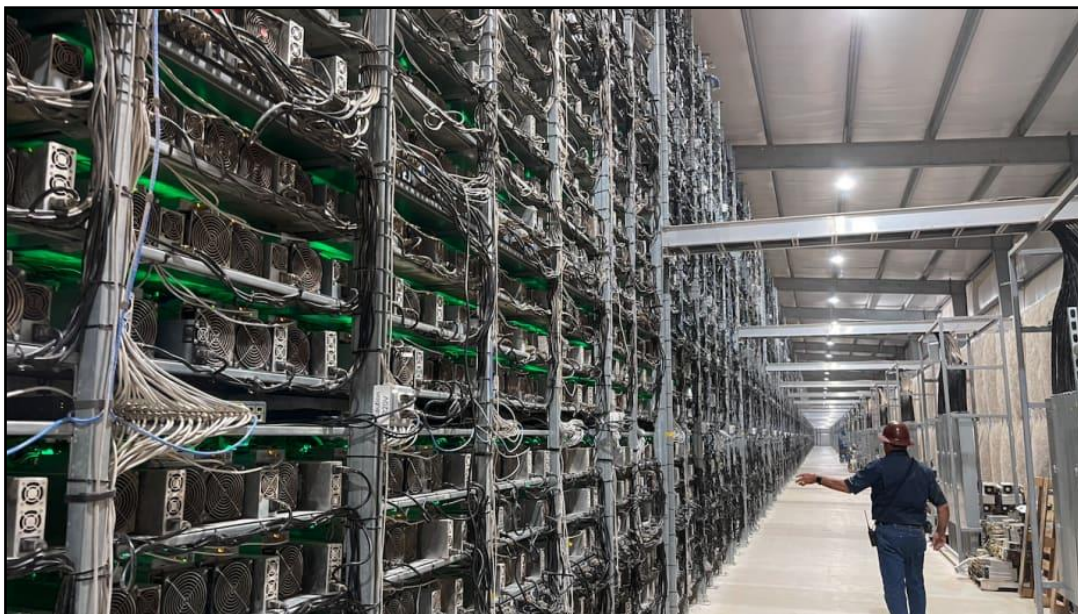


Imagen 12- Hardware de minería. Fuente: (<https://www.cnn.com/>)

El ganador actualizará la *blockchain* con todas las transacciones recién verificadas, agregando así un nodo recién verificado que contiene todas esas transacciones a la cadena de bloques, y se le otorga una cantidad predeterminada de monedas recién acuñados, en el caso de *Bitcoin*, en promedio, esto sucede cada diez minutos, siendo a finales de 2020 la recompensa de 6,25 *bitcoins* (123.988,29€),

reduciéndose a la mitad cada cuatro años a partir de entonces ya que tan solo habrá 21 millones de *bitcoins* en total.

A partir del momento en el que se mine el último *Bitcoin*, los mineros solo podrán obtener ganancias a través de las tarifas que cobran por realizar transacciones.

2.1.2. Arquitectura

Existen tres tipos de arquitectura que pueden conformar una *blockchain*, pueden ser públicas, privadas, o pertenecientes a un consorcio o federadas.

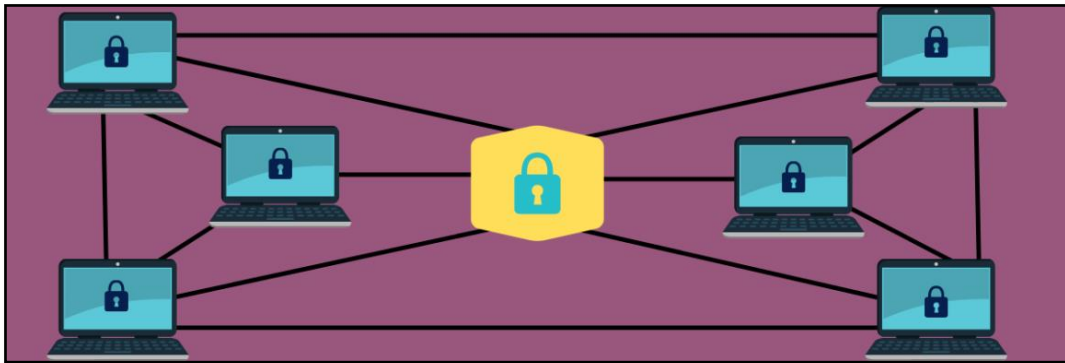


Imagen 13- Estructura Blockchain. Fuente(<https://geekflare.com/finance/>)

- Arquitectura de blockchain pública:

En una arquitectura de *blockchain* pública, cualquiera puede participar en la red. La información pública de la transacción está disponible para todos. Sin embargo, esto no significa que los datos privados de una transacción ya no estén disponibles.

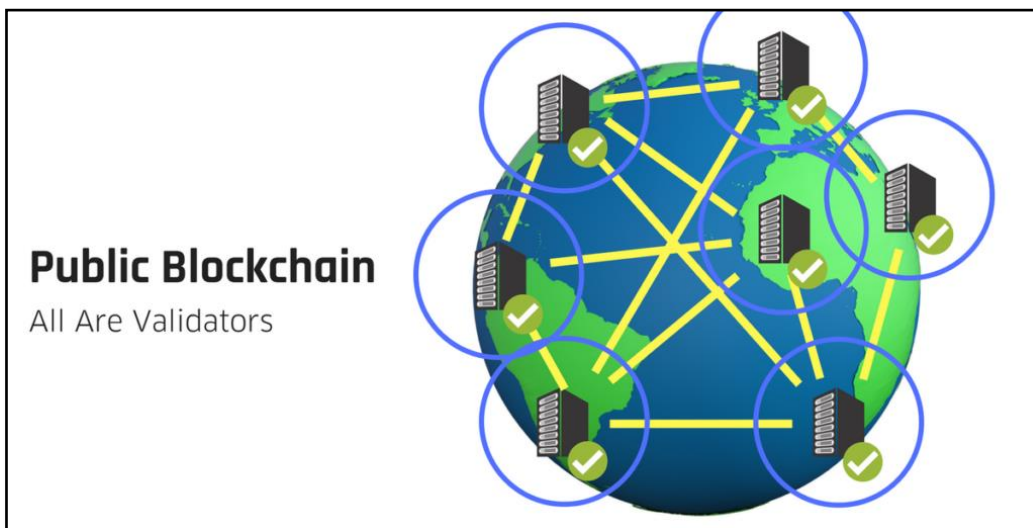


Imagen 14- Blockchain pública. Fuente(<https://blockchainlion.com/>)

Ejemplos de arquitectura de *blockchain* pública incluyen las criptomonedas *Bitcoin*, *Solana* y *Ethereum*.

- Arquitectura de blockchain privada:

Cuando se trata de la arquitectura de *blockchain* privada, nadie puede acceder a *blockchain*. El administrador de la red determina quién puede unirse a la red.

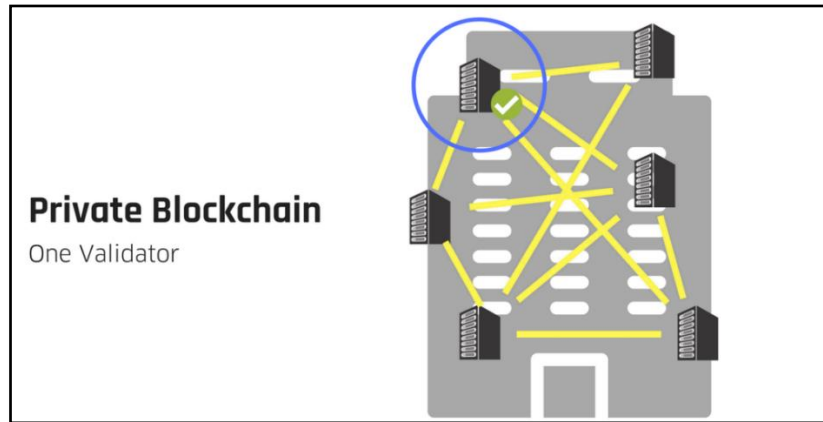


Imagen 15- Blockchain privada. Fuente:(<https://blockchainlion.com/>)

- Arquitectura de blockchain federada/de consorcio:

El último tipo de arquitectura de *blockchain* es la arquitectura de *blockchain* federada/de consorcio. Combina las mejores características de *blockchain* públicas y privadas. También está muy controlada y es la más adecuada para *blockchains* empresariales.

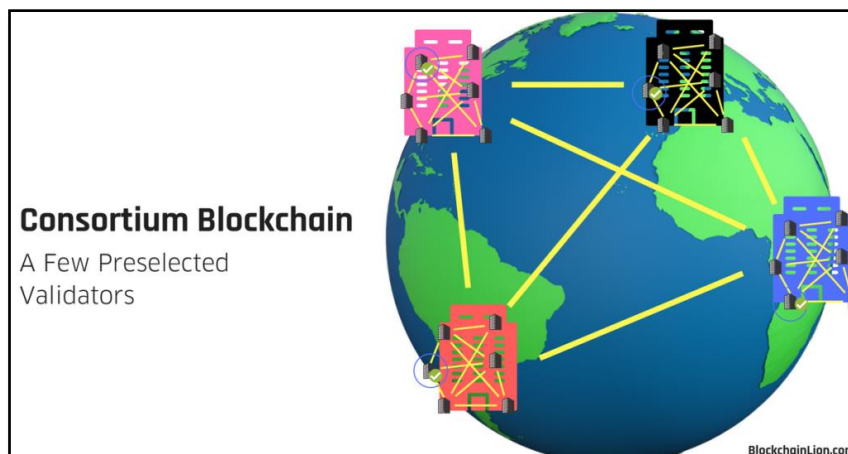


Imagen 16 - Blockchain en consorcio. Fuente:(<https://blockchainlion.com/>)

Característica	Blockchain privada	Blockchain pública	Consortio blockchain
Acceso	Privada	Pública	Pública/Privada
Consenso	Basada en la organización	Pública	Nodos seleccionados
Eficiencia	Alta	Baja	Alta
Centralización	Si	No	Parcial
Proceso de Consenso	Basada en permisos	Basada en permisos	Sin permiso
Inmutabilidad	No completamente a prueba de manipulaciones	Completamente a prueba de manipulaciones	No completamente a prueba de manipulaciones

Tabla 1 - Comparativa tipos de arquitectura

<i>Proof of Work</i>	<i>Proof of Stake</i>
Los nodos participantes se llaman mineros.	Los nodos participantes se denominan validadores o forjadores.
La capacidad minera depende del poder computacional	La capacidad de validación depende de la participación en la red
La minería produce nuevas monedas	No se forman nuevas monedas.
Los mineros reciben recompensas por bloque minado	Los validadores reciben tarifas de transacción
Consumo masivo de energía	Consumo de energía de bajo a moderado
Ataques posibles si se posee mas del 51% de la red	Se necesita mucho mas del 51% de la red para dominarla

Tabla 2 - Proof of Work vs Proof of Stake

- Proof-of-History (PoH):

Proof-of-History es utilizada por la red *blockchain* de tercera generación, *Solana*. Este método permite que la cadena de bloques funcione rápido mientras mantiene su seguridad y su descentralización. utiliza una función de diferencia temporal certificable para hacer *hash* de eventos y transacciones entrantes, cada evento tiene un *hash* único y 'cuenta' junto con su estructura de datos en función del tiempo real, esta información nos dice qué evento tuvo que venir antes de otro casi como una marca de tiempo criptográfica, esto nos permite un ordenamiento certificable de eventos en función del tiempo, cada nodo obtiene un reloj criptográfico que ayuda a la red a acordar a tiempo y ordenar los eventos sin tener que esperar a escuchar de otros nodos.

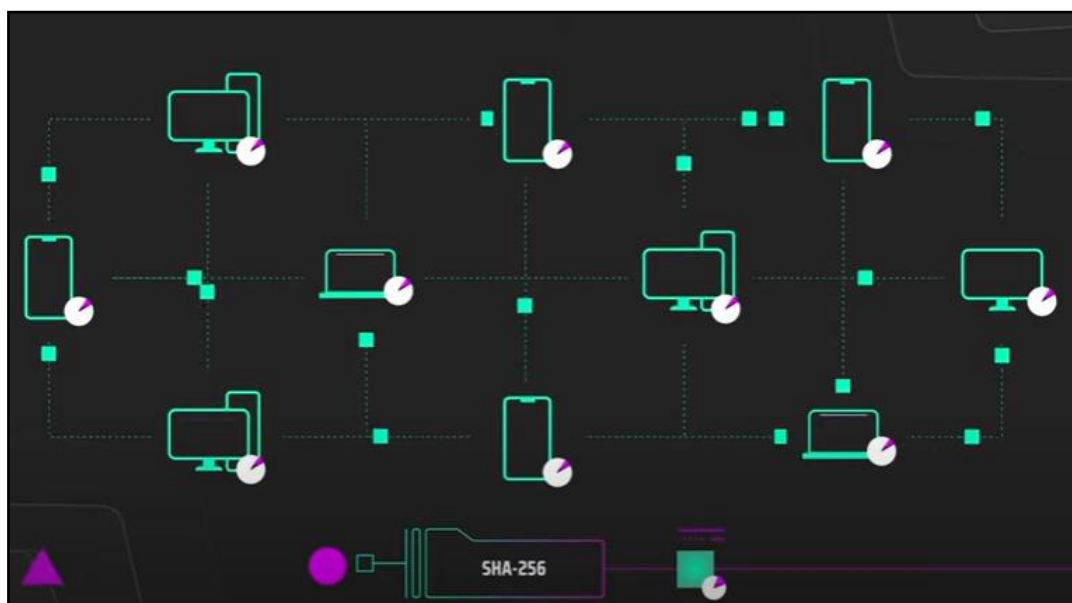


Imagen 19 - Proof of History. Fuente(www.solana.com)

2.1.4. Token

Dado que encontrará mucho la palabra mientras investiga criptomonedas, es útil comprender algunas connotaciones comunes. Un *token* es un certificado digital almacenado en una base de datos distribuida y segura, pero también hay algunos elementos dentro de la tecnología *blockchain* que en realidad tienen "*token*" en su nombre. Aquí hay algunos ejemplos de ellos:

- *Tokens DeFi:*

Los *tokens* de este tipo, son emitidos protocolos basados en criptomonedas que tienen como objetivo reproducir las funciones del sistema financiero tradicional (préstamos y ahorros, seguros, transacciones...etc.), pero también pueden intercambiarse o almacenarse como cualquier otra criptomoneda.



Imagen 20 - DeFi Tokens. Fuente:(<https://www.bbvaopenmind.com/>)

- *Tokens de gobernanza:*

Estos son *tokens* que dan a los titulares una voz en el futuro de un protocolo o aplicación, es decir tienen derecho a votación en el futuro de la *blockchain*, esta al estar descentralizada, no posee ninguna junta directiva ni ninguna otra autoridad central que tome las decisiones importantes. Cuantos más *tokens* tengas, más peso tendrá tu voto.



Imagen 21- Tokens de Gobernanza. Fuente (Google images)

- Tokens de seguridad:

Los tokens de seguridad son el equivalente criptográfico elementos como acciones y bonos. Su principal caso de uso es la venta de acciones de una empresa o fracciones de acciones sin necesidad de un accionista(*broker*).



Imagen 22 - Tokens de acciones. Fuente: (<https://www.fisagr.com/>)

- Tokens no fungibles (NFT):

Los NFT representan los derechos de propiedad de un activo digital o un activo del mundo real único trasladado al mundo digital. Se pueden usar para dificultar la copia y el intercambio de creaciones digitales. También se han utilizado para emitir una cantidad limitada de obras de arte digitales o vender activos virtuales únicos, como artículos raros en un videojuego.

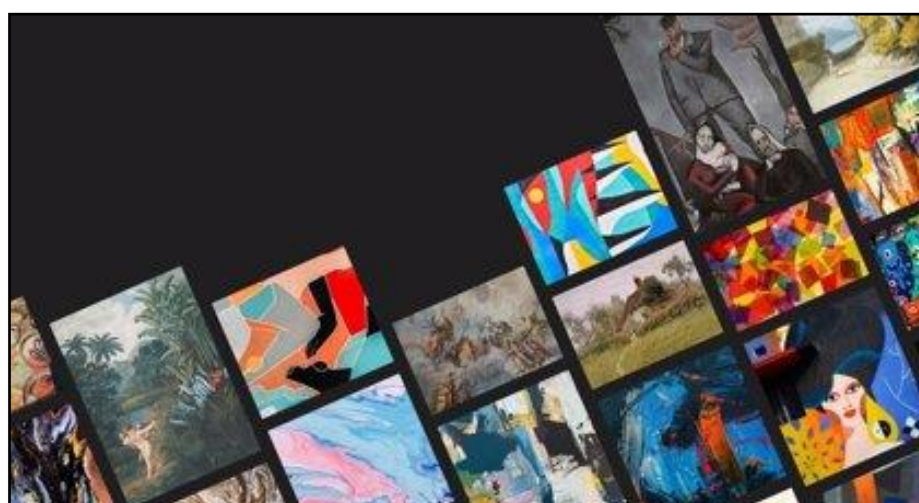


Imagen 23- Non Fungible Tokens. Fuente: (<https://dribbble.com/>)

2.2. NFTs

A diferencia de las criptomonedas tradicionales, el NFT, también conocido como *token* no fungible (no intercambiable), son objetos digitales cuya propiedad está controlada por la cadena de bloques, además cada activo dentro de la *blockchain* presenta una propiedad de singularidad, es decir cada elemento es único.

Los *NFTs* podrían ser multitud de cosas, desde coleccionables, juegos, arte digital, entradas para eventos hasta incluso registros de propiedad de activos físicos.

En un nivel más técnico, un *NFT* es una unidad de datos no fungible, este es un activo criptográfico que es único y exclusivo, el cual se encuentra almacenado en la *blockchain* haciéndolos resistentes a la manipulación, destrucción o copia, de esta manera, la cadena de bloques puede verificar el *NFT*, lo que también les da un valor de inmutabilidad y certificación.

Fungible significa que algo puede intercambiarse o sustituirse y tendrá el mismo valor, que es intercambiable como el dólar, el oro, las fichas de casino, bitcoin o Ethereum.

El dinero es un claro ejemplo de *token* fungible, ya que, si te presto 10 euros en efectivo y me devuelves dos billetes de 5 euros, ha resultado ser un cambio equivalente, ya que, aunque sean diferentes, tienen el mismo valor total.

Entonces, obviamente, un activo no fungible (Non-Fungible Token) significa que se trata un activo que no puede ser sustituido o intercambiado este poseerá atributos únicos que lo hacen diferente de cualquier otra cosa en la misma clase de activos.

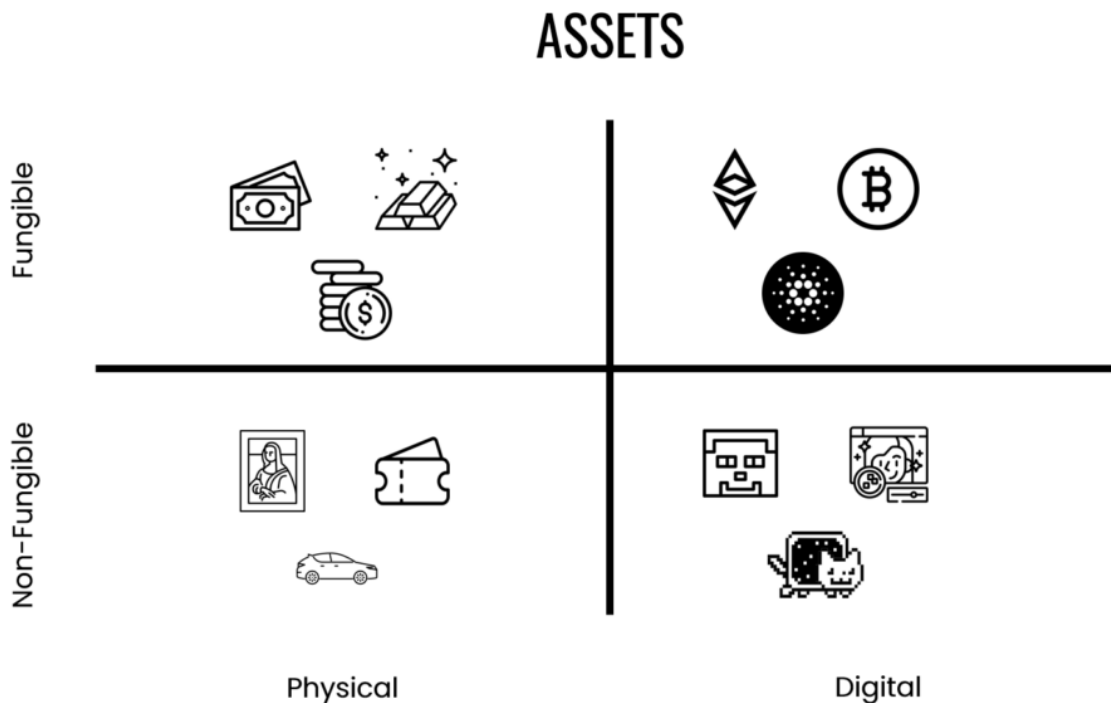


Imagen 24 - Fungible y no Fungible. Fuente: (

Si bien los *tokens* no intercambiables pueden parecer complicados, se pueden considerar como una forma de intercambiar casi cualquier cosa, una forma de medios usando blockchain.

2.2.1 ¿Cómo funcionan los NFT?

Los NFT existen en *blockchains*, en particular, generalmente se mantienen en dentro de la *blockchain* de la criptomoneda a la que pertenecen (*Solana, Ethereum, Bitcoin...etc.*), aunque también son compatibles con otras cadenas de bloques.

Los NFT se crean o "inventan" a partir de objetos digitales que representan elementos tangibles e intangibles, dentro de estos se pueden incluir infinidad de categorías, ya sean artes gráficas, GIFs, trozos de código, vídeos, *skins* para videojuegos, diseños de productos, tweets o incluso registros de propiedad de activos físicos reales.

Básicamente, los *NFT* son como coleccionables físicos, solo que digitales. En lugar de colgar una pintura al óleo real en la pared los compradores recibirán un archivo digital, sin embargo, esto les otorgara a los propietarios derechos de propiedad exclusivo, estos NFT solo pueden tener un propietario a la vez.

Adicionalmente, cada NFT tiene asociados metadatos, dentro de los cuales, los creadores de la colección pueden almacenar tanta información específica como deseen específica. Por ejemplo, los artistas pueden firmar su trabajo al incluir su firma en un documento, o en casos de registros de propiedad se puede introducir toda la información relativa al inmueble real, incluidas firmas digitales e información geográfica.

De manera anecdótica, dentro del mundo del NFT existen ciertas colecciones de arte que han superado las expectativas de los vendedores y han resultado en ser colecciones millonarias como las 5 siguientes:



Imagen 25- The First 5000 Days - \$69.3 millones.

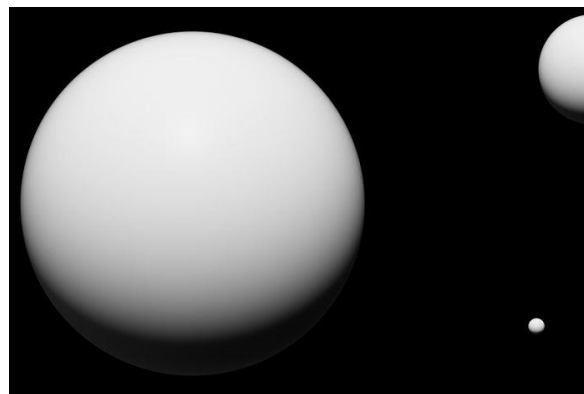


Imagen 26 - The Merge – \$91'8 millones

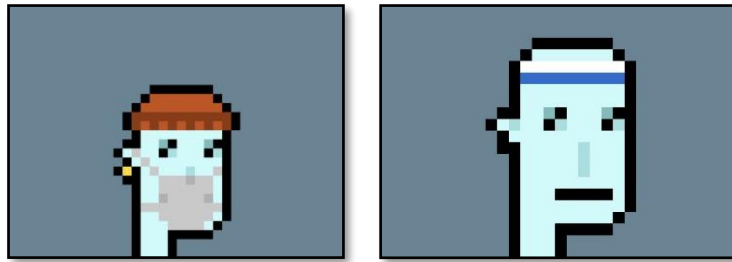


Imagen 27 - CryptoPunk #5822 - \$23.7 & #7523 - \$11.75 millones.

3. Contexto en la certificación actual de parcelas en España.

En España existen dos administraciones encargadas de la gestión y gerencia de tierras, la Dirección General del Catastro y el Registro de la Propiedad.

La Dirección General del Catastro es una entidad dependiente del Ministerio de Hacienda, la cual actúa como el registro administrativo de todas las propiedades en España cuya función principal de es servir como base para los impuestos, tales como el IBI o impuesto inmobiliario, en cambio, el Registro de la Propiedad es una entidad dependiente del Ministerio de Justicia, la cual confirma la propiedad de todas las propiedades inscritas en este registro.

Sin embargo, la inscripción de una propiedad en el Registro de la Propiedad en España no es un deber, es decir, no es obligatorio, aun así, es recomendable, ya que, al no ejercer ese derecho, se pierden todos los efectos legitimadores sobre esa propiedad.

No obstante, aunque sea el Registro de la Propiedad el encargado de certificar la propiedad de un terreno, hay en multitud de casos en los que se debe pasar también por la Dirección General del Catastro para realizar ciertos trámites burocráticos que alargan el proceso de certificación tanto en tiempo como en costes.

Supongamos un ejemplo de compra de una parcela con el deseo de inscribirla en el Registro de la Propiedad, estos serían aproximadamente los pasos generales y la inversión aproximada en tiempo y dinero:

El primer paso sería escriturar la compra con un notario, el precio de este oscila entre los 600€ y 1.200 € en España.

El procedimiento sería el siguiente:

- **1.** Al firmar la escritura, el propietario debe indicar en la escritura los actos, hechos o negocios legítimos del objeto de la finca se protocolizarán mediante donaciones y la referencia catastral del inmueble afectado.
- **2.** El notario obtendrá el correspondiente certificado catastral y solicitará si el otorgante declara si la descripción catastral del inmueble corresponde a la realidad física del inmueble. Si es así, notario público que la propiedad se describe de acuerdo con las pruebas contenidas en la escritura y ya se podrá realizar el trámite de “*Cambio de titularidad*”.

- **3.** Si declaran ante notario que la descripción catastral no concuerda con la realidad, si el tamaño de la diferencia entre la realidad y lo descrito en la escritura lo justifica (Superior al 10%), se iniciará un “*Procedimiento de renovación catastral*”, por el que tendrá que acudir al Catastro a realizar el trámite.

El “*Procedimiento de renovación catastral*” es uno de los trámites de incorporación al Catastro Inmobiliario de los bienes inmuebles y de las alteraciones en las características de estos cuyo coste es de 60€. Este proceso tiene un plazo máximo de resolución de 6 meses, además deberá incluir representación gráfica catastral, para poder identificar la situación, forma y superficie del inmueble sobre plano.

Esto añade al proceso el coste de contratación de un topógrafo colegiado que certifique y mida la parcela para poder generar esa representación gráfica catastral y así verificar la correcta forma y tamaño del inmueble, el precio de esto varía dependiendo el tamaño, forma de la parcela y del profesional que realice la tarea, rondando la media en 500€.

El último paso será inscribir el inmueble en el Registro de la Propiedad, la inscripción se practicará como máximo en los siguientes 15 días hábiles una vez presentados los documentos necesarios, el registrador comprobará dichos documentos y una vez pagadas las tasas procederá al registro de del inmueble.

Las tasas de este registro varían en función del precio de la vivienda, de forma general, se escritura en torno a un 6-8% del valor de la propiedad.

Según el Real Decreto 1427/1989 estas serían las tarifas de un registrador:

Rango	Coste
Si el valor no supera los 6.010,12€	24,04 €.
Si vale entre 6.010,13 y 30.050,61€	1,75 € extra por cada 1.000 €.
Si vale entre 30.050,62 y 60.101,21€	1,25 € extra por cada 1.000 €.
Si vale entre 60.101,22 y 150.253,03€	0,75 € extra por cada 1.000 €.
Si vale entre 150.253,04 y 601.012,10€	0,30 € extra por cada 1.000 €.
Si vale más de 601.012,10€	0,20 € extra por cada 1.000 €.

Tabla 3 - Rango de coste de inscripción

Además de todos estos costes por tramites, estos procesos administrativos tienen enlazados ciertos impuestos tales como el IVA del 10% el Impuesto sobre Transmisiones Patrimoniales y Otros gravámenes que sean precisos.

Coordinación Catastro Registro

**997.687 inmuebles sobre 713.393 parcelas
coordinadas**

Imagen 28 - Número de parcelas coordinadas Catastro -Registro

Visto esto, queda en evidencia que el proceso de registro de una parcela, además de ser caro, se puede alargar en el tiempo hasta más de medio año, a estos inconvenientes se le añade que el catastro español es un sistema centralizado que se almacena en servidores en las Dirección general del catastro, lo cual

puede provocar caídas del sistema o puede ser propenso a ataques informáticos, sin embargo la mayor imperfección del sistema Español es que existen 641 Registros de la Propiedad distintos, cada uno con su información local, lo que obliga al interesado a desplazarse o ponerse en contacto con el Registro de la Propiedad que administre la zona donde se encuentra el inmueble.

4. Certificaciones de parcelas vía *blockchain*.

El registro de la propiedad es un tema que apenas pasa por la mente de la mayoría de las personas fuera del sector inmobiliario, excepto cuando ellos mismos están involucrados en una transacción inmobiliaria. Sin embargo, no se puede subestimar el papel fundamental del registro de tierras en los mercados inmobiliarios.

En 2021 el valor total de transacciones inmobiliarias de vivienda libre en España alcanzó cerca de 114.658€ millones, un 147,84% más que en el año anterior (Datos proporcionados por el *Ministerio de transportes movilidad y agenda urbana*). Detrás de cada una de estas transacciones hay un rastro de documentos de registro de la propiedad que varía enormemente en medidas tanto cualitativas como cuantitativas.

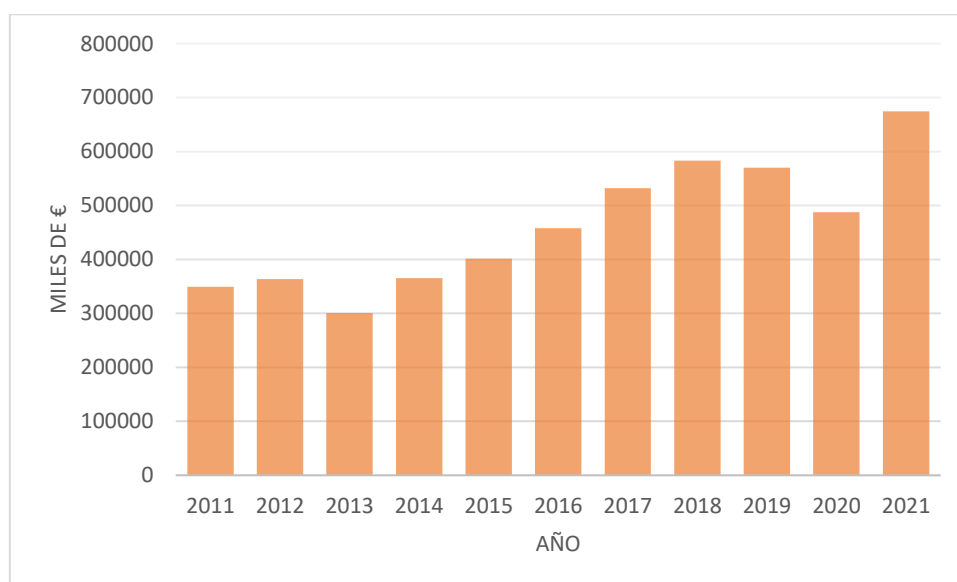


Tabla 4- Valor anual total de transacciones inmobiliarias

Históricamente, los registros de tierras se basaban en documentos en papel, que pueden perderse, destruirse, falsificarse o manipularse de cualquier otro modo, en países desarrollados como España, los gobiernos han migrado en gran medida el registro de tierras a sistemas digitales.

Sin embargo, si alguien quiere vender una propiedad más antigua que no ha sido registrada previamente, y los títulos de propiedad en papel se han perdido o destruido, el proceso de registro de la propiedad para venderla puede volverse muy complicado, ya que el vendedor deberá probar de alguna manera que la parcela es de su propiedad sin la documentación pertinente, además, también tendrá que contratar topógrafos profesionales, registradores y notarios para tramitar los requisitos de registro. Incluso transacciones estándar en España llevan mucho tiempo al depender de dos administraciones distintas (el *Catastro* y el *Registro de la Propiedad*) y la mayoría de datos resultan imposibles de conseguir públicamente dada la ley de protección de datos actualmente vigente.

Este escenario se representa en España como un país desarrollado con un sistema relativamente sólido de registro de tierras, sin embargo, alrededor del mundo, la imagen se ve muy diferente.

Por ejemplo, en 2010, un terremoto devastó gran parte de Haití, 1,5 millones de habitantes del país se quedaron sin hogar debido al desastre natural. La catástrofe no solo destruyó los hogares, en las zonas más afectadas también destruyó más de 50 años de archivos almacenados en edificios gubernamentales, incluidos los archivos referentes al registro de la propiedad. A pesar del esfuerzo de los haitianos de reconstruir sus ciudades y pueblos, siguen sin ningún medio legal para reclamar la tierra y las propiedades como propios, debido a que no existen registros de propiedad anteriores. Esto significa que los propietarios no tienen forma de demostrar que tienen derecho a los pagos de compensación por pérdidas de bienes a causa de catástrofes naturales que proporciona el gobierno central.

Dejando a un lado los desastres naturales, aun así colectivamente hablando, los registros de la propiedad en administraciones públicas en todo el mundo, brillan por su ausencia un ejemplo es el estudio que se llevó a cabo en 2004 sobre el registro de tierras en una parte del continente africano (<https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB20132.pdf>), no más del 1% de la tierra en el África subsahariana registrada oficialmente, de este 1%, concretamente en Nigeria, según un estudio de 2018 sobre los desafíos del registro de tierras en el país africano (https://www.researchgate.net/publication/326010732_Challenges_to_Land_Registration_in_Kaduna_State_Nigeria), se demostró que solo el 11% de los consultores inmobiliarios encuestados declaraban que siempre registraban las compras de terrenos residenciales.

El proceso actual de registro y certificación de parcelas involucra multitud de vulnerabilidades, lo que puede concluir en estafas a la administración gubernamental, al propietario o comprador además de que, al almacenar la información en un sistema centralizado, se corre el riesgo de pérdida de información en caso de fallo o desastre natural.

Blockchain es una tecnología de registro distribuido que mantiene un registro histórico de todas las transacciones que han tenido lugar a través de una red *peer-to-peer*. Implementar el registro de la propiedad usando *blockchain* ayuda a evitar actividades fraudulentas lo que hace que el sistema sea más seguro.

Usando *blockchain*, cada bloque en la red representa los datos involucrados en una compra-venta de una parcela, incluyendo detalles como identificación de propiedad, número identificativo de la parcela, detalles del propietario, modo de pago, precio por la compra, detalles de la última transacción y precio de la transacción anterior.

Blockchain proporciona una solución potencial para muchos de los desafíos del registro de tierras. Este caso de uso de *blockchain* se extiende más allá de una base de datos pura, aprovechando la oportunidad de crear un registro permanente e irrompible de propiedad de terrenos o bienes inmuebles.

La implementación de un registro de la propiedad basado en *blockchain* podría permitir que los documentos de propiedad de inmuebles se registren y asignen a la cuenta, dentro de la cadena de bloques, del usuario que es propietario del inmueble. Si se produjeran cambios en el inmueble, ya fuesen divisiones, ampliaciones o reformas, esta información podría recogerse y añadirse a la *blockchain* como un nuevo nodo, del cual el comprador obtendría toda la información. Adicionalmente, si la propiedad se vende, dicha transacción quedaría documentada con un *timestamp* identificativo, pudiendo así rastrear la transacción en cualquier momento y conocer sus detalles.

Gracias a la tecnología *blockchain* se podría crear un registro de la propiedad que fuese descentralizado y seguro, el cual no pudiera ser manipulado por ningún agente exterior.

Un servidor central o archivo central si cae o se ve comprometido, pierde el sistema completo y por lo tanto se pierde toda la información, la tecnología *blockchain*, por el contrario, permite que la información sobreviva a cualquier desastre causado gracias a esta descentralización, siempre que exista una copia verdadera y verificada de los nodos, se podrá restaurar toda la información.

Este *token* de acceso se puede agregar al registro de la propiedad y el propietario puede controlar el acceso a la información privada. Por ejemplo, si el dueño de una propiedad quiere proceder a venderla, pero precisa de una tasación, puede dar acceso a al perito a datos no públicos que estén almacenados dentro de la *blockchain*. Además, este tipo de trámites pueden realizarse en cualquier momento, sin depender de horarios limitados de las administraciones.

Si el edificio se alquila a los inquilinos, un "Smart contract" podría distribuir los ingresos por alquiler entre los propietarios compartidos, además, la votación basada en *blockchain* podría permitir a los propietarios tomar decisiones sobre la propiedad. Por ejemplo, los propietarios podrían optar que parte de los ingresos por alquiler se destine a una cuenta corriente común y emitir votos sobre cuándo y cómo gastar ese fondo, por ejemplo, en obras de mantenimiento o renovación.

Aunque no todos estos escenarios son todavía una realidad, y algunos, como la venta de la propiedad parcial, pueden tener consideraciones legales para su implementación. Sin embargo, algunos países ya están recurriendo a *blockchain* para el registro de tierras, incluidos Suecia y Ucrania.

Georgia es otro ejemplo, donde ya se han registrado 300.000 títulos de propiedad.

4.1. Caso de éxito: Catastro en Georgia.

El sistema catastral en la República de Georgia fue administrado anteriormente por la Oficina de Inventario Técnico y el Departamento de Tierras del Estado Administración, dos administraciones públicas, parecido al caso español. Estas dos agencias tenían una superposición funcional significativa, ya que cada una manejaba su propio sistema de catastro que era generalmente opaco.

Esto permitió funcionarios del gobierno para cambiar ilegalmente registros de tierras en el sistema por su propio beneficio, ya que dicha mala conducta era difícil de detectar o identificar.

No fue hasta mediados de la década de 2000 que la República de Georgia lanzó una serie de reformas para aumentar la transparencia de trabajo en el gobierno y así empezar a combatir la corrupción en la administración pública.

Se creó una nueva agencia gubernamental que recogía las funciones de las dos anteriormente citadas, esta introdujo políticas para simplificar el proceso de catastro, permitió más partes interesadas para participar en los servicios relacionados con la tierra, y facilitó reformas a los procesos de redacción y certificación de transacciones inmobiliarias. En, Además, creó una base de datos digitalizada que incluía terrenos información de registro como la propiedad títulos y fotos satelitales (*NAPR*).

Gracias a esto base de datos, proporcionaba detalles de la información de propiedad de la tierra, como nombre, dirección y código catastral. Estas reformas también redujeron drásticamente el tiempo y el costo del registro de la tierra.

Sin embargo, construir una nueva agencia y herramienta digital que almacenaba los datos de títulos de propiedad no resolvió completamente la crisis de confianza pública en el gobierno, ya que los funcionarios aún podrían alterar la tierra registros. Además, la base de datos centralizada fue

vulnerable a piratas informáticos en multitud de ocasiones, pero a pesar de realizar mejoras en la seguridad sobre el sistema anterior, Georgia todavía tenía el reto de garantizar la integridad de los datos y protegiendo el sistema de la manipulación y de los ciberataques externos.

Después de una serie de debates sobre tecnología *blockchain*, la República de Georgia formó una sociedad en abril de 2016 para crear un proyecto piloto de un año para migrar el sistema catastral del país a una *blockchain*.

La primera fase del proyecto comenzó a principios de 2016 y duró un año en el cual debían aplicar la tecnología *Blockchain* para el sistema de catastro georgiano, esta se implementó añadiendo certificados con *time-stamp* y un *hash* en *Bitcoin* a todos los datos dentro de la *NAPR*.

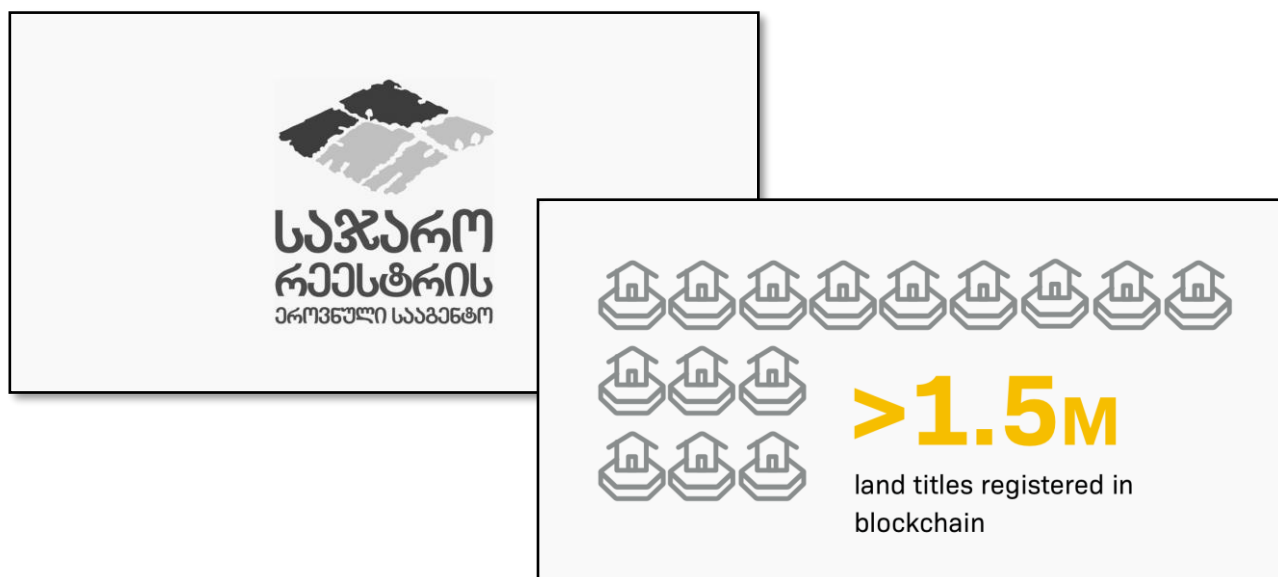


Imagen 29 - Georgia y el registro parcelario en blockchain. Fuente: (www.exonum.com)

Esta fase era una base preliminar para demostrar la transparencia y eficiencia de una *blockchain*, al quedar impresionados con la efectividad del sistema, decidieron implementarlo con una *blockchain* propia, la cual aún se encuentra en desarrollo en la *fase 2* del proyecto.

Aun con solo el sistema proporcionado en la *fase 1* del proyecto, la eficiencia del registro de tierras de Georgia superaba la de países desarrollados como Estados Unidos y Alemania, donde se toma en promedio 15.2 y 39 días, respectivamente, para registrar propiedades en comparación con Georgia que es escasos minutos.

5. Marco práctico

Una vez descrito todo el marco teórico que engloba este proyecto, se dará paso a explicar los pasos y el procedimiento seguido a cabo para la creación de una colección de *NFTs* de parcelas a partir de una imagen satélite de la luna.

La idea principal de este apartado es mostrar las herramientas necesarias para poder implementar la tecnología *blockchain* dentro del ámbito de la geomática y la certificación catastral, mostrando una colección de *NFTs* como un ejemplo de parcelas en venta apoyándose en la *blockchain* ya creada de la criptomoneda *Solana*.

5.1. Blockchain de apoyo

Para este proyecto, como ya se ha dicho anteriormente, se hará uso de la red de nodos de la criptomoneda *Solana* como *Blockchain* de apoyo para este proyecto.

Se ha elegido *Solana* por las características que la definen, así como por su bajo precio por transacción lo que permitirá llevar este proyecto a la realidad sin financiarlo con una gran suma de dinero.

- *Blockchain Solana*.

Para poner un poco en definición las características de solana hay que explicar un poco su contexto y creación.



Imagen 30- Blockchain Solana. Fuente: (Solana.com)

Solana es una cadena de bloques de rápido crecimiento con sorprendentes similitudes con la criptomoneda *Ethereum*.

Al igual que *Ethereum*, el token SOL (moneda de Solana) se puede comprar en cualquier plataforma de intercambio de criptomonedas. El valor real del token está en realizar transacciones en la red Solana, cual tiene ventajas únicas.

Además del sistema heredado de *Ethereum*, *proof-of-stake*, la cadena de bloques de *Solana* utiliza un mecanismo de consenso llamado *proof-of-history*, este algoritmo utiliza marcas de tiempo para definir el siguiente bloque en la cadena de Solana.

A diferencia del mecanismo de *proof-of-work*, *proof-of-stake* utiliza la participación para definir el siguiente bloque, la *blockchain* mantiene los *tokens* contenidos como garantía hasta que los validadores lleguen a un consenso sobre el siguiente bloque de la cadena. El *staking* ayuda a garantizar que solo se agreguen datos y transacciones legítimos a una cadena de bloques.

Sin embargo, *Ethereum* es la red *blockchain* más utilizada para proyectos *DeFi* (finanzas descentralizadas) y *NFT* porque fue pionera en los *smart contracts*, el problema es que, debido a su popularidad, la red se ha visto plagada de ciertos problemas, uno de ellos es que es extremadamente costoso interactuar en ella, el ecosistema es lento, solo puede realizar un máximo de 15 transacciones

por segundo, así que diseñando- una herramienta de uso global, ese número de transacciones por segundo es insuficiente.

Solana es una de las *blockchain* que están superando a *Ethereum*, llevando los casos de uso de *blockchain* a nuevas alturas y solucionando los problemas que anteriores criptomonedas acarrearaban consigo, es por eso que es la *blockchain* que se ha tenido en cuenta para este proyecto.

Fundada en 2017, el objetivo de *Solana* desde el principio fue abordar los problemas de *Ethereum* de frente (altos costos, bajas velocidades y problemas de seguridad).

Por lo tanto, se introdujo un nuevo protocolo de verificación en el mundo tecnológico: *PoH*, o "Prueba de Historial", gracias a la *PoH*, la cadena de bloques de *Solana* es capaz de ejecutar 50 000 transacciones por segundo.

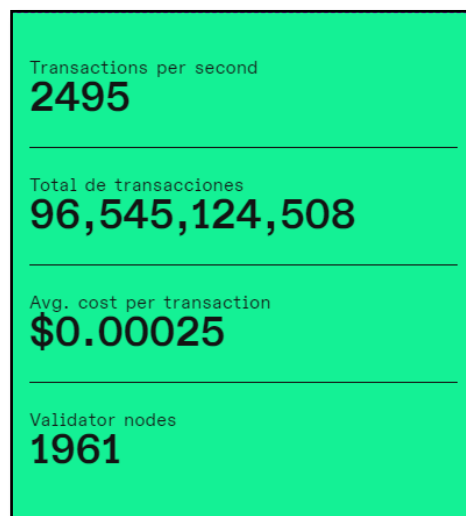


Imagen 31 - Características de Solana. Fuente: (www.solana.com)

Dentro del ecosistema de *Solana*, podemos encontrar multitud de proyectos y aplicaciones, pero estos se pueden englobar en 4 tipos, proyectos *DeFi*, donde se desarrollan plataformas de intercambio de criptomonedas, *lending protocols*, son protocolos de préstamo y venta de criptomonedas, *web3 apps*, son aplicaciones creadas y apoyadas en *Solana*, crear una app en este tipo de ecosistemas permite al usuario participar de la evolución y desarrollo de esta, y por último los *NFT Marketplaces*, que serían los mercados secundarios de compra venta de *NFTs*.

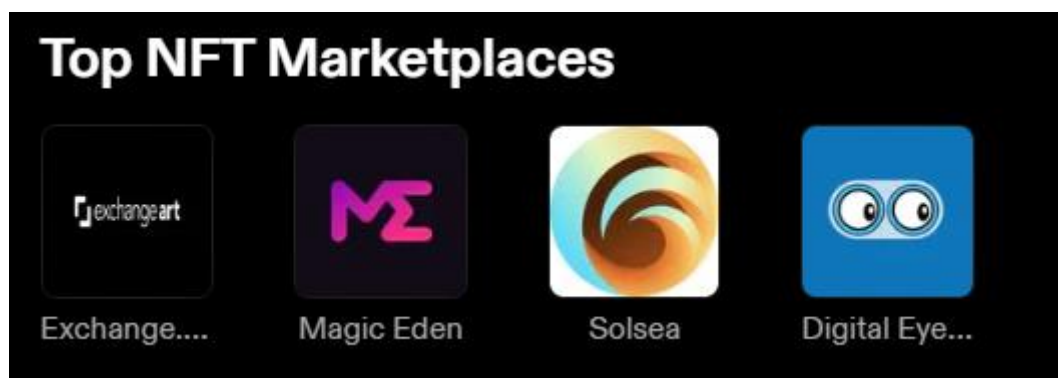


Imagen 32 - Top NFT Marketplaces. Fuente: (solana.com)

6. Generación y modelización de los *NFTs* a partir de imagen ráster

La imagen obtenida para el trabajo es un producto procedente de la misión conjunta del *Altímetro Láser Orbital Lunar (LOLA)* y del *Selenological and Engineering Explorer (SELENE)*, el cual es una misión de observación lunar de la Agencia Espacial Japonesa (*JAXA*).

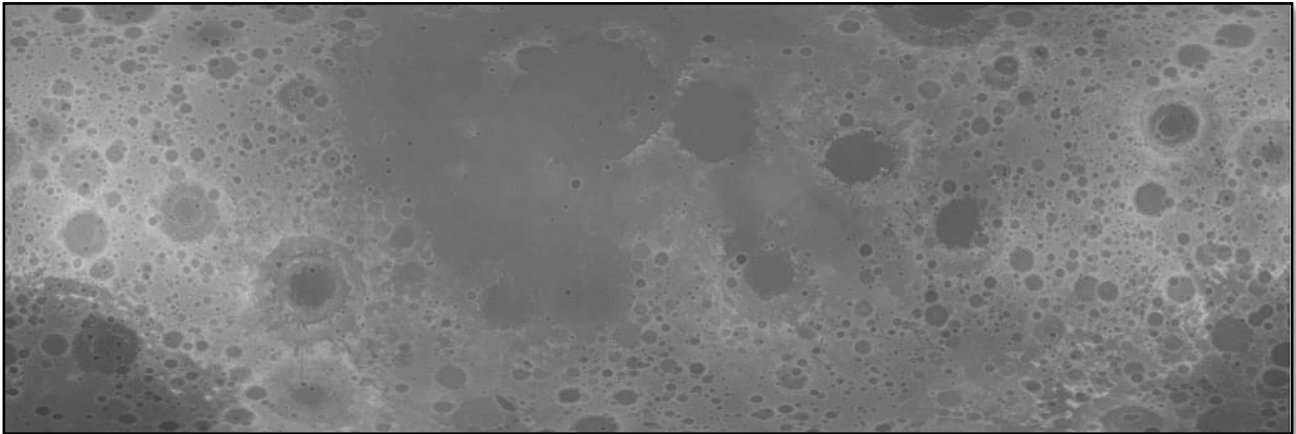


Imagen 33 - Imagen satelital descargada para el proyecto. Fuente: (<https://astrogeology.usgs.gov>)

La *Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA)* de EE. UU. lanzó la nave espacial *Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)* a la Luna en junio de 2009 con una variedad de instrumentos que, desde su órbita, de mapean la superficie lunar.

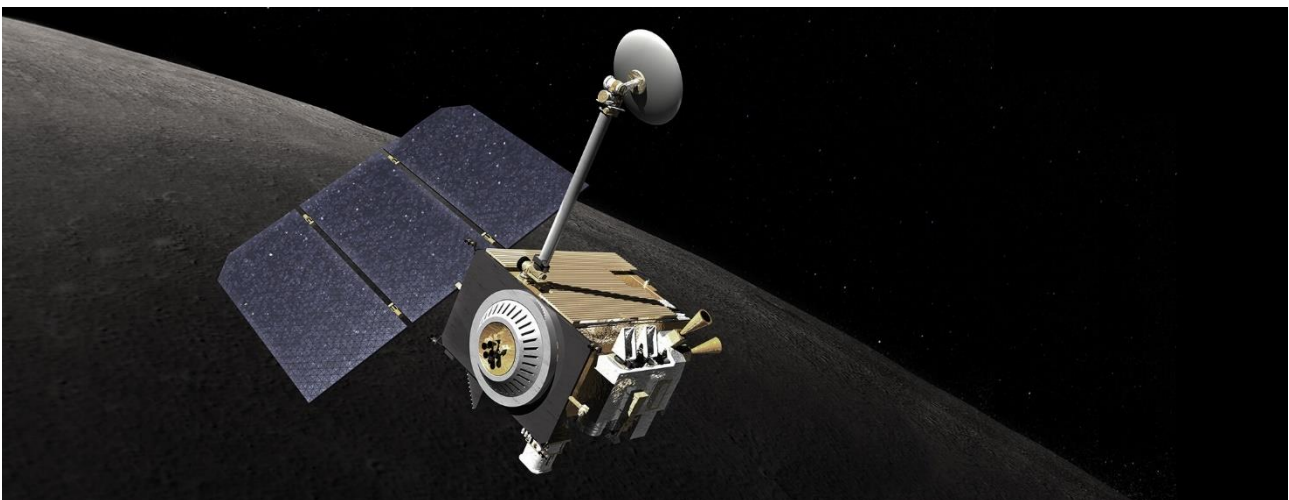


Imagen 34 - Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO). Fuente (<https://lunar.gsfc.nasa.gov/>)

El *Altímetro Láser Orbital Lunar (LOLA)* es uno de estos instrumentos de la nave *LRO* ha recopilado más de 6500 millones de mediciones de la altura de la superficie global lunar, con una precisión vertical de $\sim 10\text{cm}$ y una exactitud de $\sim 1\text{m}$ (Mazarico et al., 2013), el mapa topográfico resultante se ha convertido en el marco geodésico de referencia y ha dado lugar a los *DEM* lunares más precisos y de mayor resolución hasta la fecha. Esto ayuda a proporcionar datos topográficos para aterrizajes seguros y mejorar la movilidad impulsada por la exploración en la Luna.

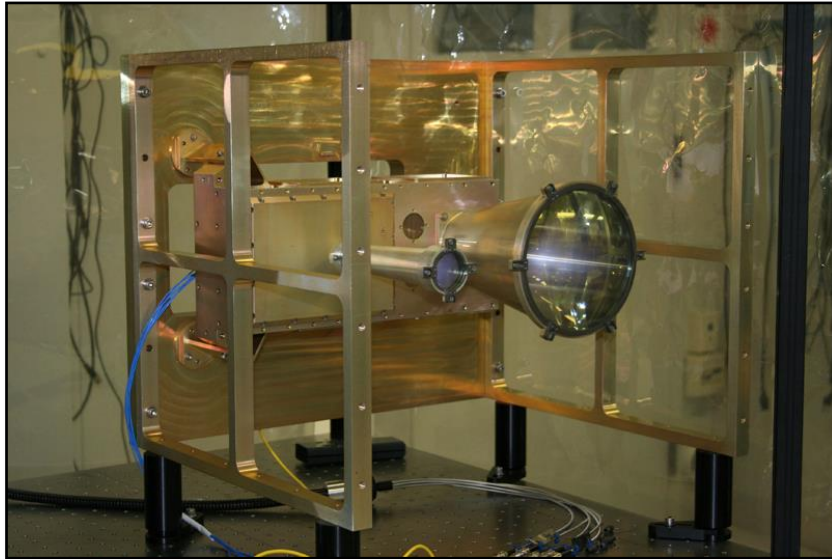


Imagen 35 - Altimetro Láser Orbital Lunar (LOLA). Fuente (<https://lunar.gsfc.nasa.gov/>)

Por otro lado, la *Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA)* lanzó la nave espacial *SELENE Kaguya* a la luna en septiembre de 2007.

El objetivo principal de la misión es un estudio global de la Luna, obteniendo datos sobre la composición mineral de la superficie, la topografía, la geología y así desarrollar tecnologías para la futura exploración lunar.

La misión consta de tres satélites, un orbitador que contiene la mayor parte del equipo científico, un satélite de radio *VLBI* (interferometría de línea de base muy larga) y un satélite de retransmisión diseñado para recibir una señal de rango *doppler* del orbitador cuando está alrededor del lejano lado fuera del contacto directo con la Tierra y transmitir la señal a la Tierra.



Imagen 36 - *SELENE Kaguya*. Fuente (https://space.skyrocket.de/doc_sdat/selene.htm)

La imagen usada es un modelo de elevación digital (*DEM*) obtenido por el trabajo conjunto de los dos equipos, *LOLA* y *SELENE*. Este *DEM* cubre latitudes dentro de $\pm 60^\circ$, con una resolución horizontal de 512 píxeles por grado (~ 59 metros por píxel en el ecuador lunar) y una precisión vertical de ~ 3 a $4m$.

A continuación, se muestra la tabla 5, donde se exponen todas las características de la imagen seleccionada para el proyecto:

Geospatial Information	
Location Description	Moon
Minimum Latitude	-60
Maximum Latitude	60
Minimum Longitude	-180
Maximum Longitude	180
Direct Spatial Reference Method	Raster
Object Type	Pixel
Lines (pixels)	61440
Samples (pixels)	184320
Control Net	LOLA
Bands	1
Pixel Resolution (meters/pixel)	592.252.938
Scale (pixels/degree)	512
Horizontal Coordinate System Units	Meters
Map Projection Name	Equiarectangular
Latitude Type	Planetocentric
Longitude Direction	Positive East
Longitude Domain	-180 to 180

Tabla 5 - Información geoespacial de la imagen descargada

6.1. Recorte de la imagen

Una vez tenemos almacenada la imagen de la superficie lunar, procedemos a recortarla en parcelas unitarias, el proceso sencillo sería usar el software *ArcGIS* o *Qgis* para este proceso, ya que el producto descargado es un archivo *TIFF*, y por lo tanto un software especializado en edición y gestión de datos geoespaciales sería ideal, ya que la finalidad es dividir en parcelas y almacenar su información espacial, sin embargo, al ser la imagen tan grande, da error al intentar abrirla en cualquiera de esos programas, por lo que mediante código *Python* se procederá a su división.

```

1 import os, gdal
2
3 in_path = "C:/Users/pablo/tfm/moon/"
4 input_filename = "Lunar_LRO_LOLAKaguya_DEMmerge_60N60S_512ppd.tif"
5
6 out_path = "C:/Users/pablo/tfm/moon/"
7 output_filename = "moon_"
8
9 tile_size_x = 4608
10 tile_size_y = 3072
11
12 ds = gdal.Open(in_path + input_filename)
13 band = ds.GetRasterBand(1)
14 xsize = band.XSize
15 ysize = band.YSize
16
17 count = 0
18 for i in range(0, xsize, tile_size_x):
19     for j in range(0, ysize, tile_size_y):
20         com_string = "gdal_translate -of GTIFF -srcwin " + str(i) + ", " + str(j) + ", " + str(tile_size_x) + ", " +
21             str(tile_size_y) + " " + str(in_path) + str(input_filename) + " " +
22             str(out_path) + str(output_filename) + str(count) + ".tif"
23         count = count + 1
24         os.system(com_string)

```

Imagen 37 - Código Python para la división de una imagen ráster

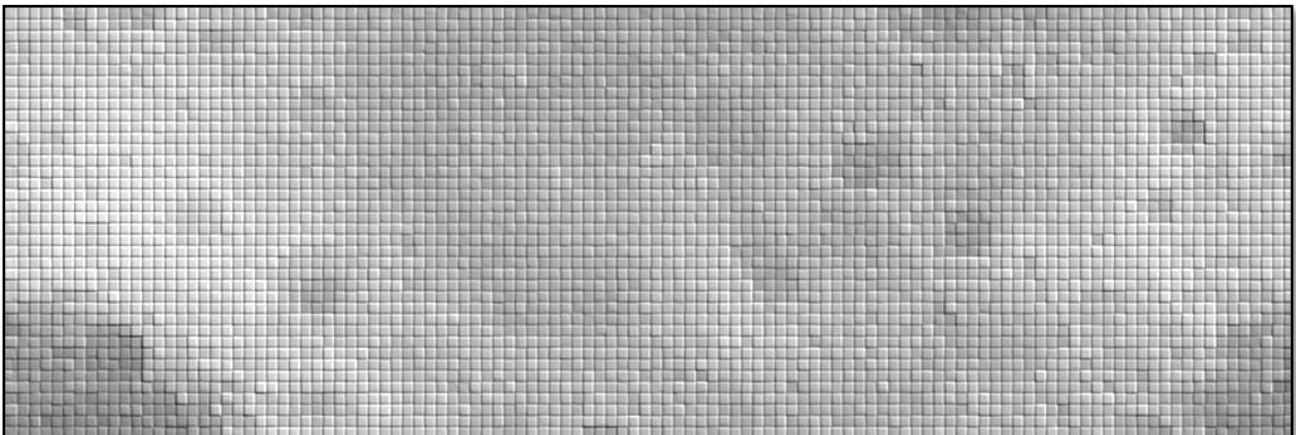


Imagen 38 - Simulación de imagen dividida en parcelas.

Como se puede apreciar en la imagen 37, cada división de la imagen será de 4608×3072 píxeles ($272,93 \times 181,95 \text{ km}$), sabiendo que la resolución de la imagen original es de 184320×61440 píxeles ($10917,274 \times 3639,0912 \text{ km}$) se crearán un total de **800** recortes o parcelas distintas. Cada parcela representa un área de 49659.61 Km^2 , siendo su superficie real de 4965961 hectáreas.

Mediante la librería *GDAL* de *Python*, introduciremos el tamaño máximo de de cada recorte, accedemos a la información ella primera banda de la imagen, y vamos recortando y almacenando las distintas parcelas que se van calculando progresivamente.

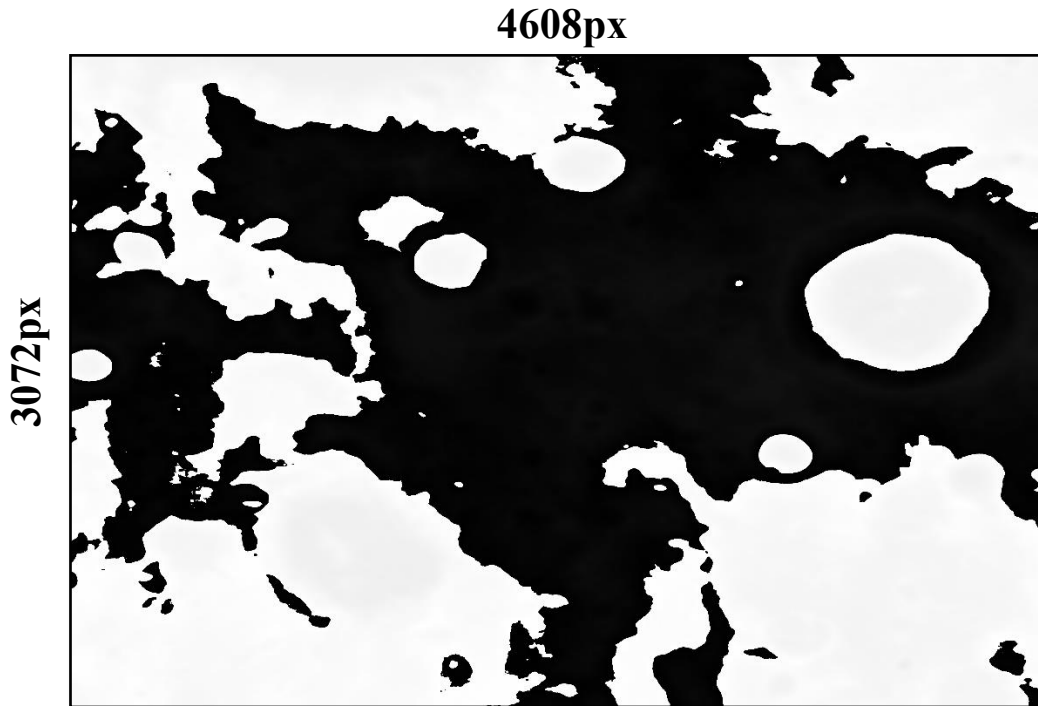


Imagen 39 - Recorte 582 de la imagen original

Una de las razones de seleccionar este tamaño por parcela es que, sabiendo la calidad y resolución de la imagen original, interesaba poder tener cierta variabilidad entre los distintos modelos donde poder apreciar cambios notables en el terreno entre una parcela y otra sin perder calidad en el modelo *DEM*, además las parcelas no debían ser muy grandes, para poder generar un número limitado y exclusivo de parcelas, y así preparar una colección de *NFTs* atractiva para la venta.

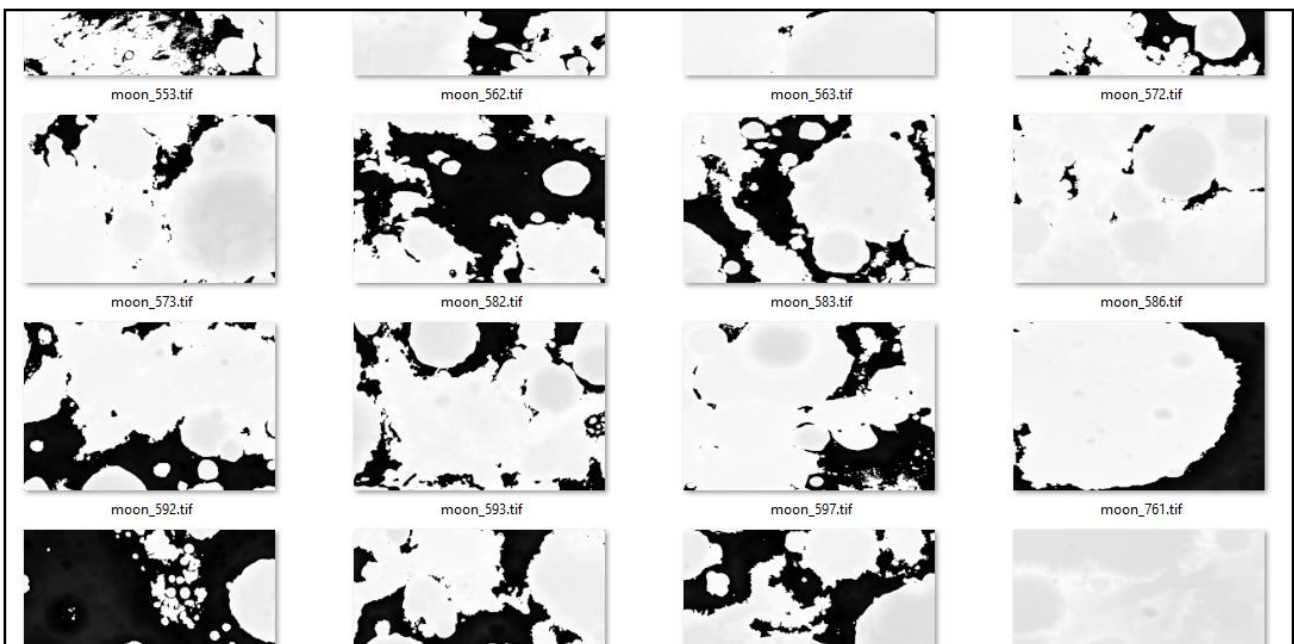


Imagen 40 - Colección de parcelas en formato TIFF

Generación de cada NFT en 3D a partir de la imagen recortada

Para la generación de cada elemento 3D se ha usado en partes iguales tanto el software *Qgis* para la transformación de un *DEM* a un archivo *.obj*, y posteriormente se ha editado este objeto en el software *Blender*, con la finalidad de exportarlo en formato *gbl*, ya que de todos los tipos de archivos tridimensionales que soporta la librería *Three.js*, los *gbl* son los archivos que mejor se cargan en la web del geoportal.

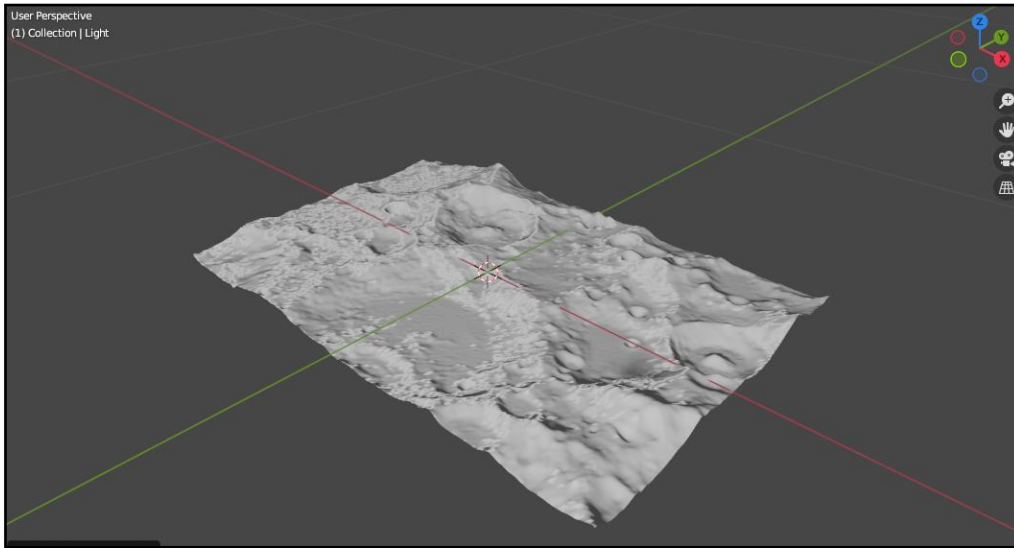


Imagen 41 - Edición de archivo OBJ en Blender

7. Generación de la página Web

Para la difusión del proyecto y la visualización de las parcelas se ha creado una doble página web generada a partir de codificación *HTML*, *JavaScript* y *CSS*, las cuales se explicarán por separado. La primera página web, se centra en explicar el proyecto, su finalidad, sus fases o *roadmap* y cierta información extra del mismo.

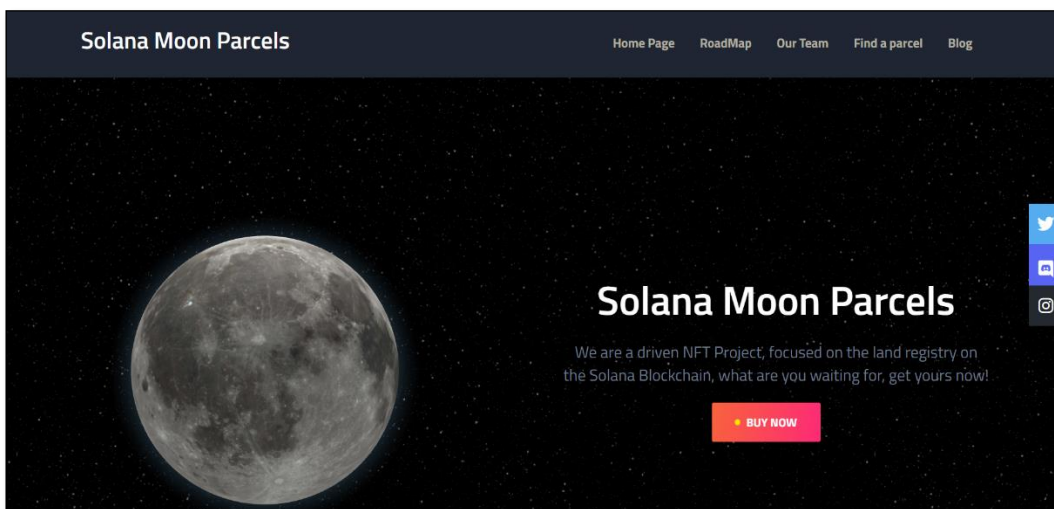


Imagen 42 - Aspecto inicial de la web descriptiva del proyecto

La segunda página web ya es más compleja ya que simula el comportamiento de un geoportal, donde se podrá obtener información de las parcelas, su ubicación y se podrá visualizar la misma en 3 dimensiones integrando así distintas librerías de tratamiento de información 3D, a la que denominaremos “*geoportal web*”.

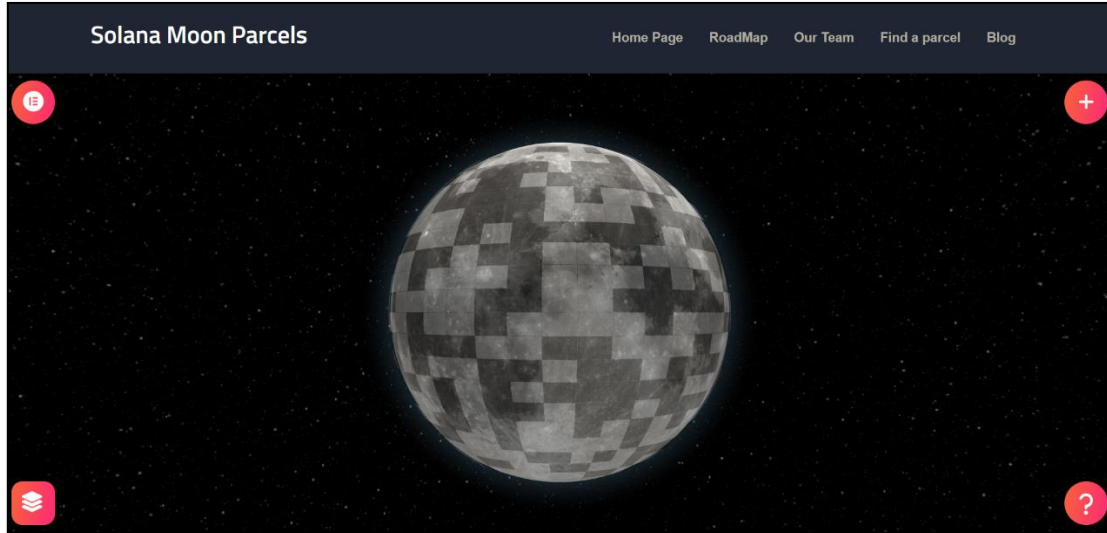


Imagen 43- Aspecto inicial del *geoportal web*

En esta primera web, al tener que describir toda la información relevante del proyecto, se ha decidido dividir en secciones gracias al elemento *HTML* `<section>`, de esta manera podremos dividir la página web en porciones, enlazar el menú superior a cada una de las secciones y así hacer más accesible al usuario toda la información del proyecto.

Las partes en las que se ha dividido esta página web son: *navigation menu*, *init-area*, *about*, *roadmap*, *team*, *blog* y *footer*.

– *navigation menu*

En esta parte de la primera web, definiremos la forma del menú superior, este constará con botones que redirigirán al usuario a la sección seleccionada una vez presionado o al *geoportal web* donde podrá localizar las parcelas. Es en este apartado donde se incluirá un título visible de la página web.

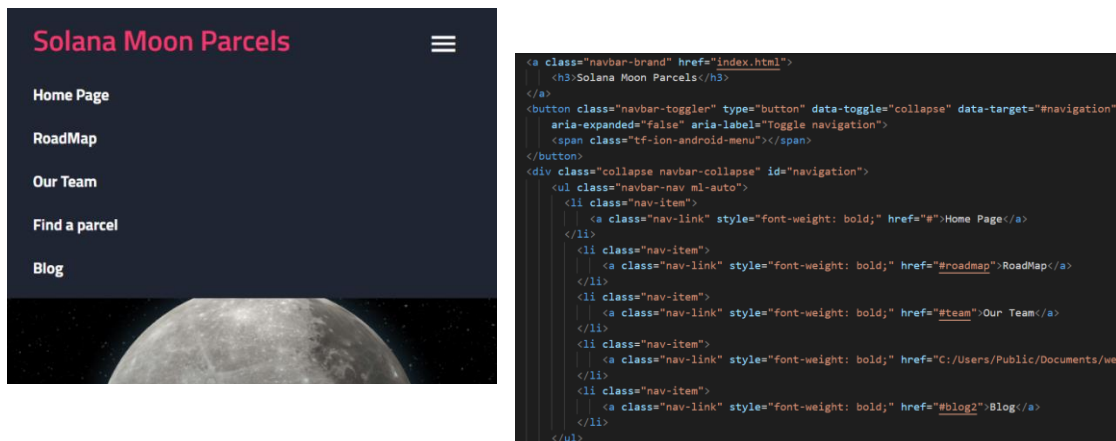


Imagen 44 - Aspecto y codificación del menú

– *init-area*

Esta sección es una página de inicio donde se muestra por primera vez un elemento 3D, además del título del proyecto, un breve subtítulo del mismo y un botón, con el texto “BUY NOW” escrito en él. Esta sección se divide en 2 columnas, la primera encierra el elemento 3D, y la segunda el resto de elementos de este apartado.

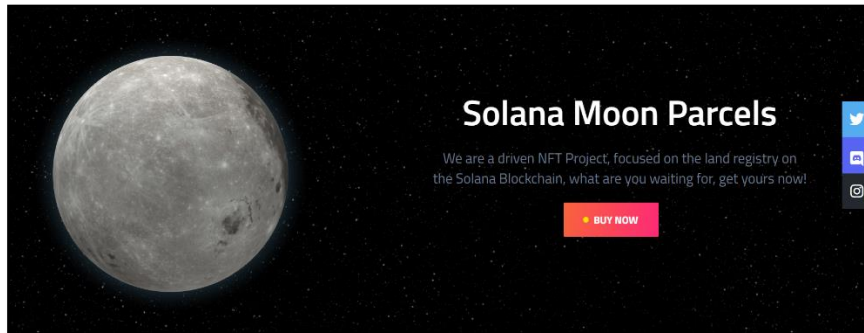


Imagen 45 - Aspecto del área inicial de la web descriptiva

El elemento 3D es una representación esférica de la luna sin escala alguna. Para realizar esto se hará uso de *Globe.gl*, esto es un componente web para representar capas de datos espaciales e imágenes en un globo tridimensional con una proyección esférica. Este componente de *JavaScript* permite la creación de un globo tridimensional, al que le aplicamos de representación la imagen de la superficie lunar que hemos obtenido en pasos anteriores, adicionalmente y para una estética mayor, le añadimos una animación de rotación al elemento. Este es el primer elemento 3D que se tratará en el proyecto, sin embargo, el *geoportal web*, seguirá casi la misma lógica (crear un elemento 3D e ir añadiéndole funciones extra), pero cada vez con mayor complicación.

```

<!--
Moon 3d script
===== >
<script src="js/three.js"></script>
<script src="js/globe.gl.js"></script>
<script>
  const world = Globe()
    .globeImageUrl('images/Moon/Moon_Satellite.jpg')
    .backgroundColor('#00ff0000')
    .width(500)
    .height(500)
    (document.getElementById('globeViz'))

  world.controls().autoRotate = true;
  world.controls().autoRotateSpeed = 0.2;
  world.controls().enabled = false;

</script>

```

Imagen 46 - Implementación de la librería *Globe.gl*

El botón que se encuentra en esta sección será el que una vez presionado, conectará la cartera *blockchain* del usuario a la red, y procederá a realizar la compra de un activo *NFT*. Se le ha añadido una animación para mejorar la estética y presentación de la web.

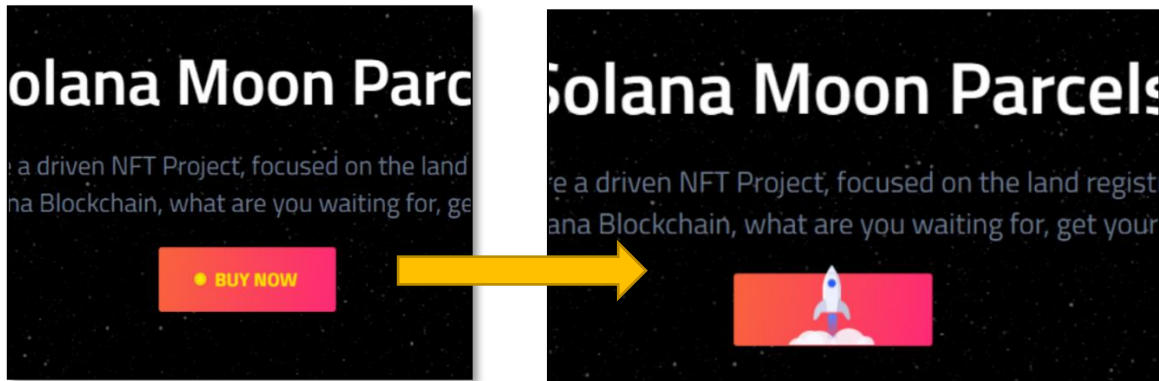


Imagen 47 - Animación de botón de miteo

- about

En esta sección de la web, se explica a en grandes rasgos una pequeña introducción del proyecto y de la colección de parcelas como *NFTs*.

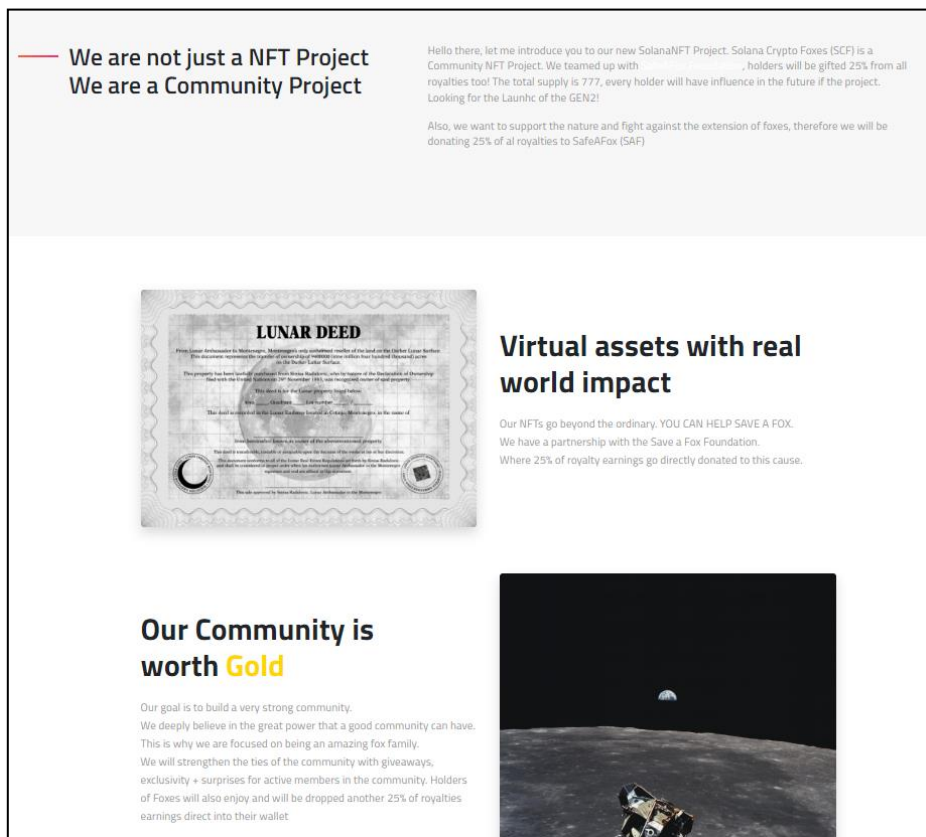


Imagen 48 - Sección informativa del proyecto en la web

– **roadmap**

Los pasos que el proyecto tiene intención de cumplir se describen brevemente en este apartado. En este se anuncian ciertos pasos que luego con los “*Smart contracts*” se deben cumplir, así como donaciones si se llegan a ciertos porcentajes de venta, sorteos o votaciones sobre la colección y/o el proyecto, ya que la posesión de un activo, convierte al usuario en un “*nodo de autoridad*” dentro de la colección.

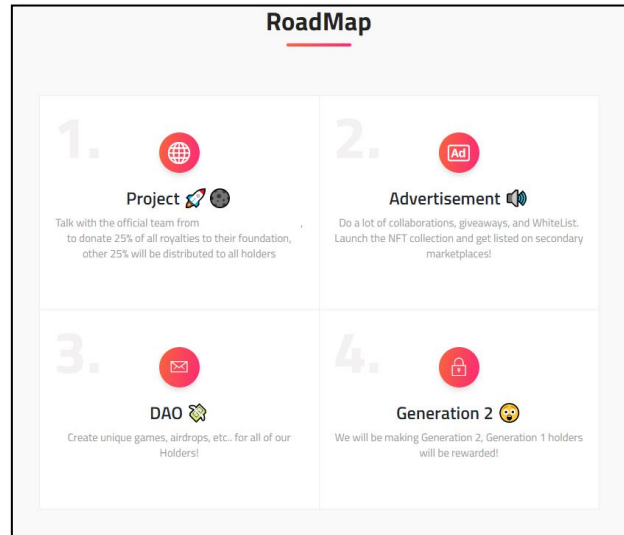


Imagen 49- Roadmap del proyecto a seguir

– **team**

En esta sección de la web, se muestran los componentes del equipo que han desarrollado esta colección y son responsables de la misma.

– **Blog**

Este apartado sirve para para informar de ideas un poco más elaboradas ya sea propias, como el *geoportal web*, o enlaces a distintas webs de interés, así como la dirección del mercado *NFT* secundario (*Solsea, SolanArt, Magic Eden...etc.*) donde se pueda realizar la compra-venta de NFTs generados y *minteados*.

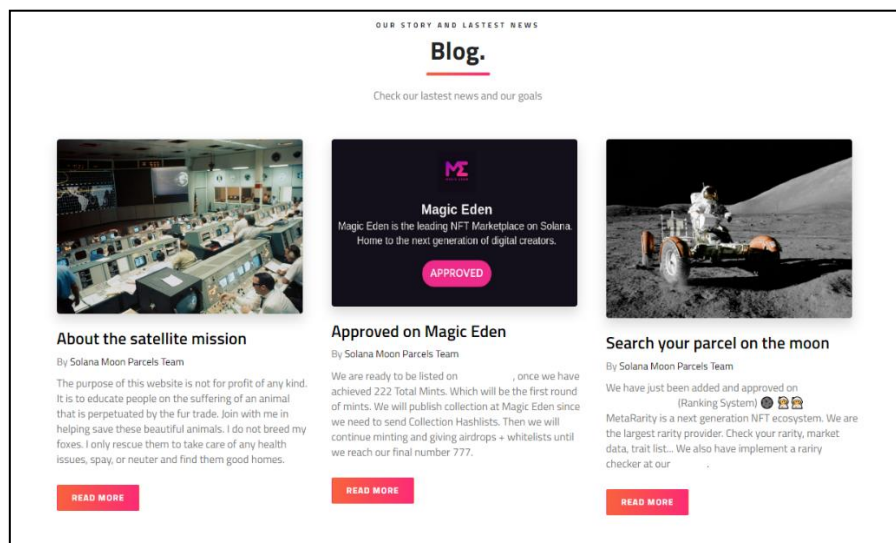


Imagen 50- Blog con información adicional

– *footer*

El *footer* vendría a ser lo que un pie de página es en un texto, donde introducimos ciertos enlaces de contacto y publicidad del proyecto, ya sean *Twitter* o *Instagram*, o incluso un correo de incidencias.

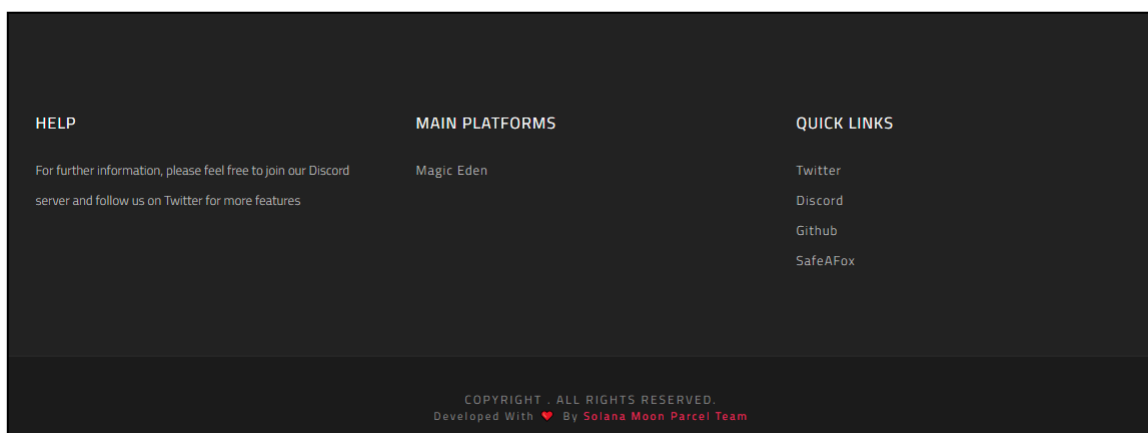


Imagen 51-pie de página de la web

8. Diseño y funcionamiento del Geoportal web

A continuación, se explicará el diseño y funcionamiento del *geoportal web*, así como la integración de la librería *Three.js* en el *geoportal web* y el buscador de parcelas haciendo uso del componente de *JavaScript Globe.gl*.

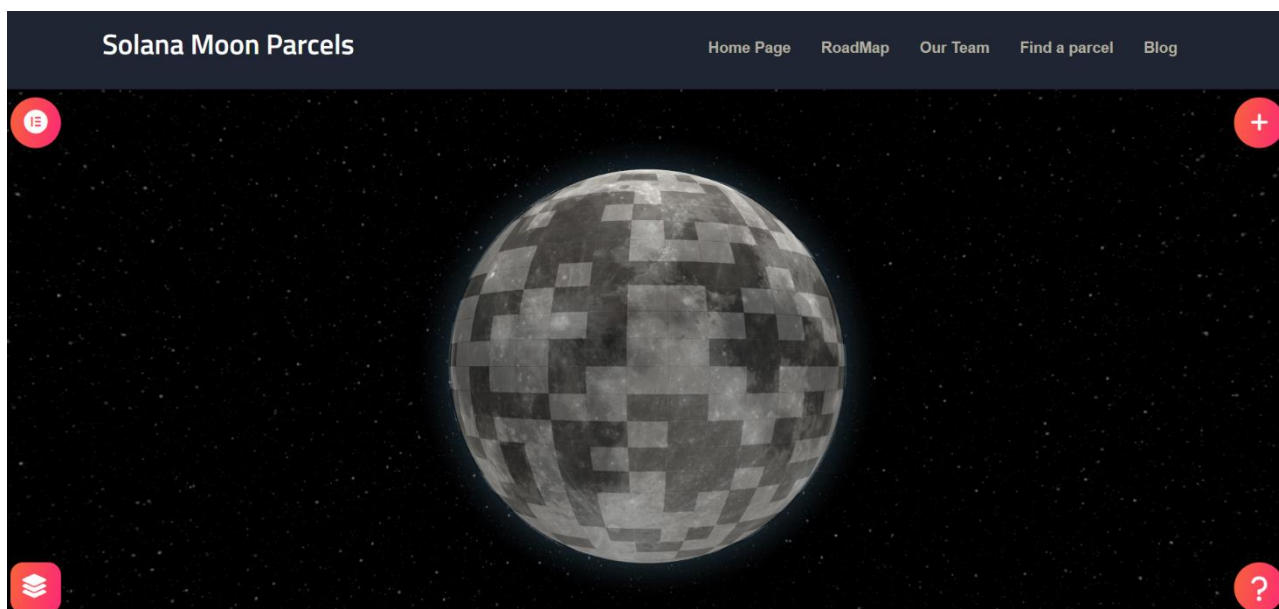


Imagen 52- Aspecto inicial del geoportal web

El *geoportal web* resulta ser un globo tridimensional interactivo, al que le aplicamos de representación gráfica de la superficie lunar obtenida a partir de la imagen satélite anteriormente descrita. Este globo interactivo permite mover a voluntad el objeto para visualizar cualquier punto del mismo.

Sobre este globo se ha creado una capa de celdas simulando a las parcelas que se han generado, dado que sabemos la posición y tamaño de cada una podemos crear un breve código que las represente. Se le añaden funciones a esta capa como mostrar cierta información (Id y coordenadas latitud y longitud de la celda) al pasar el ratón por encima. La representación de la parcela varía en función de su color, una parcela oscura será una parcela vendida, una parcela clara, será una venta, por lo tanto.

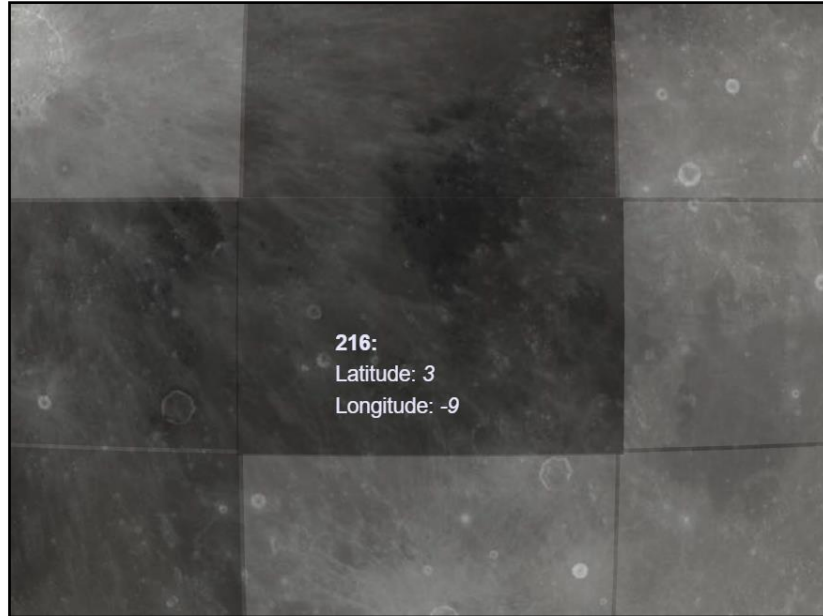


Imagen 53 - Zoom a una parcela mostrando su información básica

El geoportal permite zoom hasta ciertos límites de distancia y es completamente interactivo, se puede visualizar cualquier punto de la esfera a conveniencia del usuario.

El *geoportal web* consta de 5 elementos además de la esfera interactiva, el menú de navegación con el que podemos volver a la página web inicial, su funcionamiento es similar al explicado con anterioridad, consta de botones como enlaces a otras direcciones.

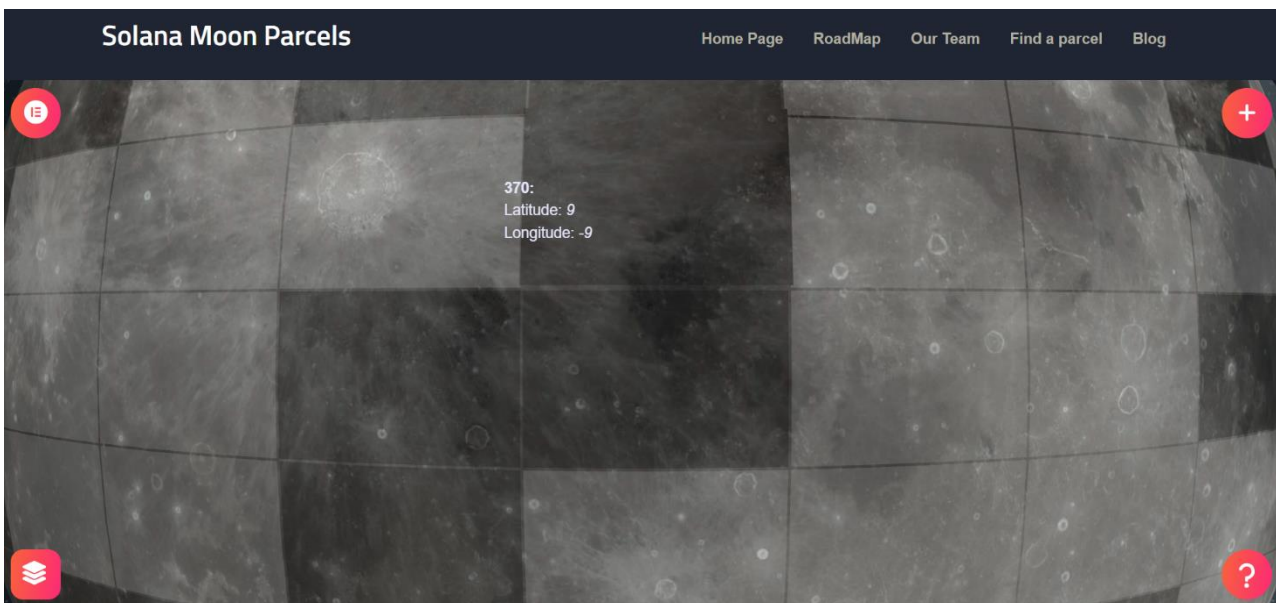


Imagen 54 - Disposición de los elementos en el geoportal web

El resto de elementos son 4 botones distribuidos por las esquinas, el botón de la posición esquina inferior derecha es el botón de *Help*, el cual mediante imágenes y explicaciones breves muestra el funcionamiento completo del geoportal para ayudar al usuario con su experiencia.



Imagen 55 - Acción del botón help

El botón de la esquina superior derecha es el elemento que realiza la acción de búsqueda, al seleccionarlo se desplegará un cuadro de texto en el cual se introducirá un número identificativo de parcela (*Id*) y al presionar *Enter* o el botón adjunto al panel de texto, el elemento 3D realizará una búsqueda de la zona deseada por el usuario, de no encontrar ningún *Id* equivalente al texto introducido (o de estar vacío) mostrara un mensaje de error, de encontrar similitud con un *Id* de las parcelas, realizara un zoom en el elemento 3D y para mayor visibilidad, pintara de rojo la parcela seleccionada, dado a que la funcionalidad del geoportal solo permite hacer zoom a una parcela a la vez, y por lo tanto seleccionar una parcela a la vez, habrá que deseleccionarla apretando el botón que se encuentra en el mismo lugar que se encontraba el de búsqueda, ahora sustituido por el boto de deseleccionar, una vez se deselecciona, el aspecto del botón de búsqueda vuelve a su estilo original, pudiendo repetir así el proceso de búsqueda nuevamente.

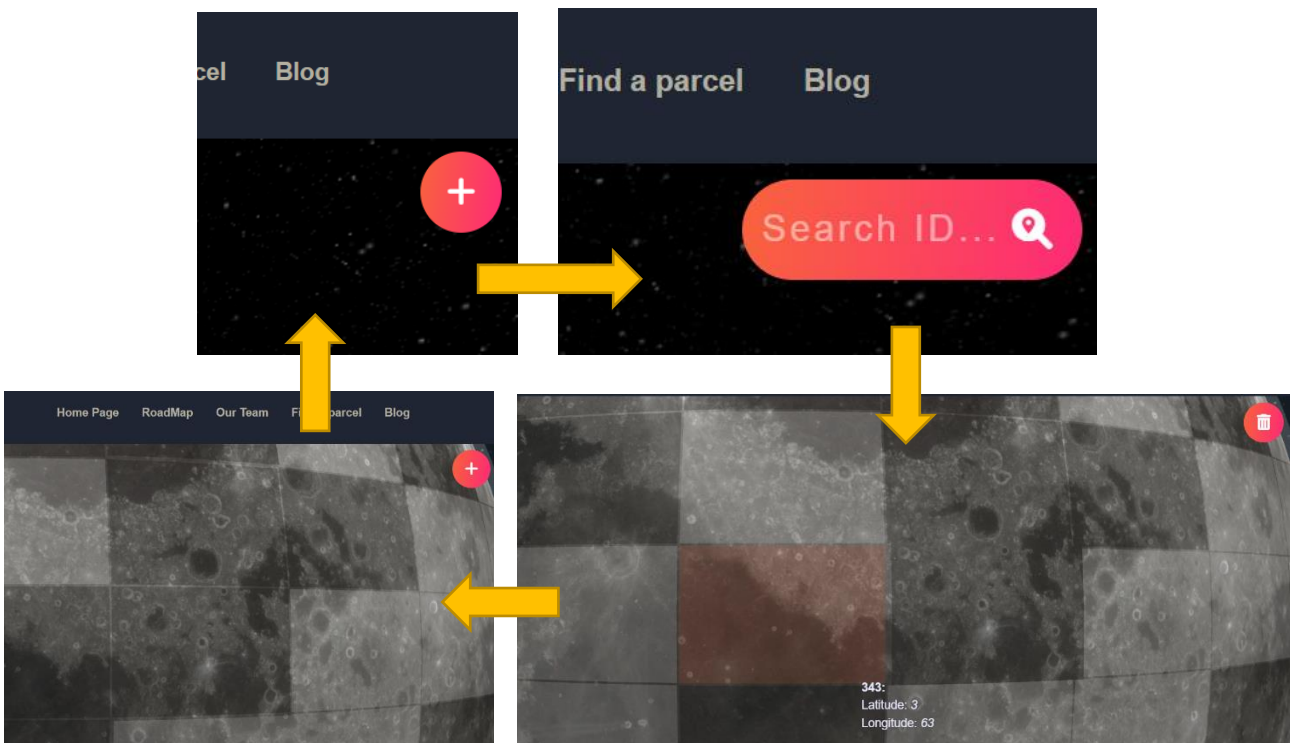


Imagen 56 - Función completa de la acción de búsqueda

El siguiente botón es el situado en la esquina inferior izquierda, este botón realizaría la acción de cambio de capa de representación de la esfera lunar (“*Layer display*”).

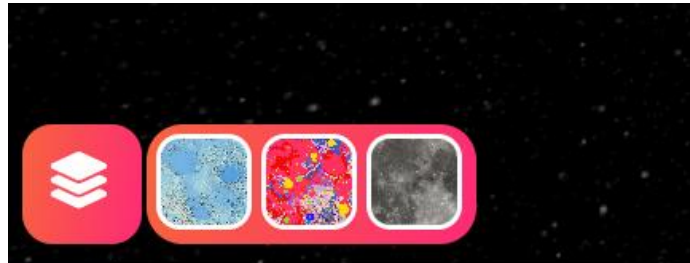


Imagen 57 - Desplegable de distintas capas

Así como *Google Maps* tiene el modo *terreno*, el modo *satélite* y el modo *relieve*, este *geoportal web* también dispone de distintas visualizaciones, se podrá visualizar 3 elementos distintos, la imagen satélite, una imagen de relieve lunar, y una representación de la información geológica de la superficie lunar, pudiendo así el usuario decidir qué información desea visualizar en el globo 3D.

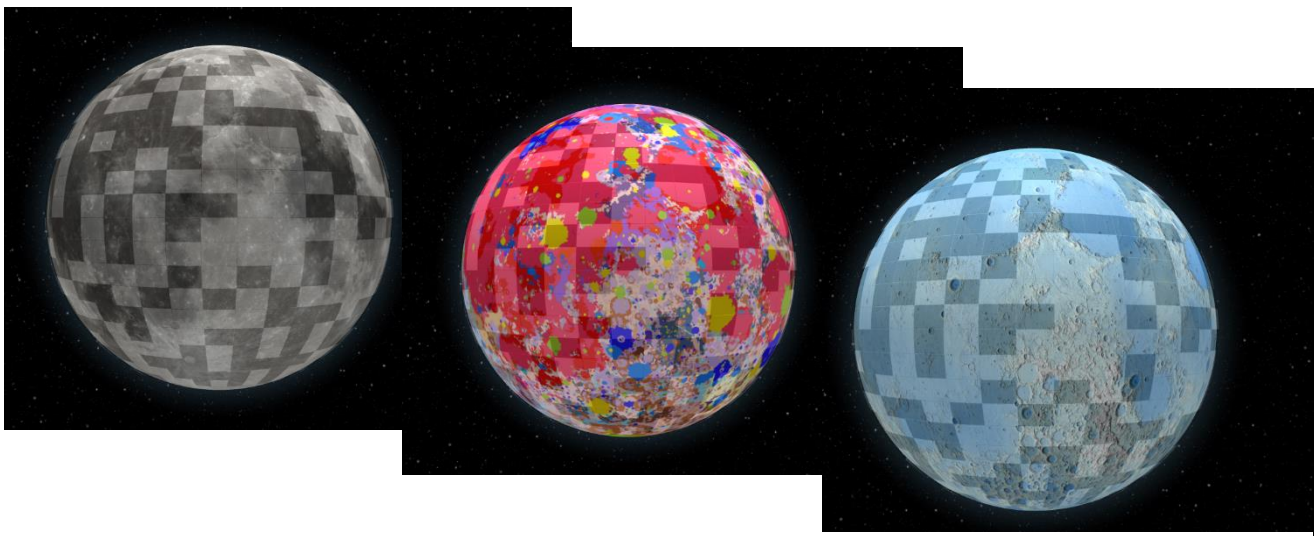


Imagen 58- Distintas representaciones de las capas en el objeto 3D

Para no alterar la armonía de los elementos se ha decidido poner la leyenda de las capas de la información gráfica lunar en el desplegable que aparece con el botón de *help*.

El último botón será el que se encuentra en la posición esquina superior derecha, se tratará del botón “*Layer editor*” el cual permite la edición de la representación de la capa de parcelas, al presionar este botón se abrirá un desplegable con 3 opciones, parcelas vendidas (*Available*), parcelas en venta (*Not Available*) y aterrizajes lunares (*Moon landings*), a la derecha de cada texto habrá un elemento *switcher*, el cual al presionarlo mostrará u ocultará la capa deseada por el usuario.

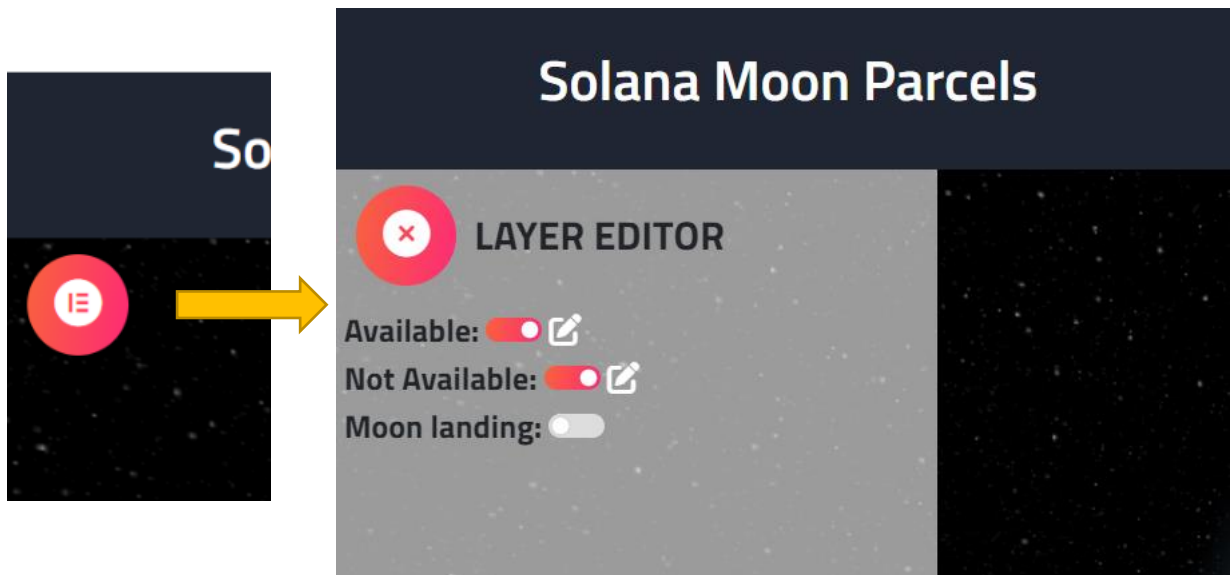


Imagen 59 - Menú de edición de capas

Adicionalmente, solo en el caso de que el elemento *switch* se encuentre activado podrá seleccionarse un botón complementario, el cual desplegará un menú de edición de capa en el que se podrá cambiar el color de la capa seleccionada a gusto del usuario, permitiendo así una interacción mayor entre el usuario y el geoportal.

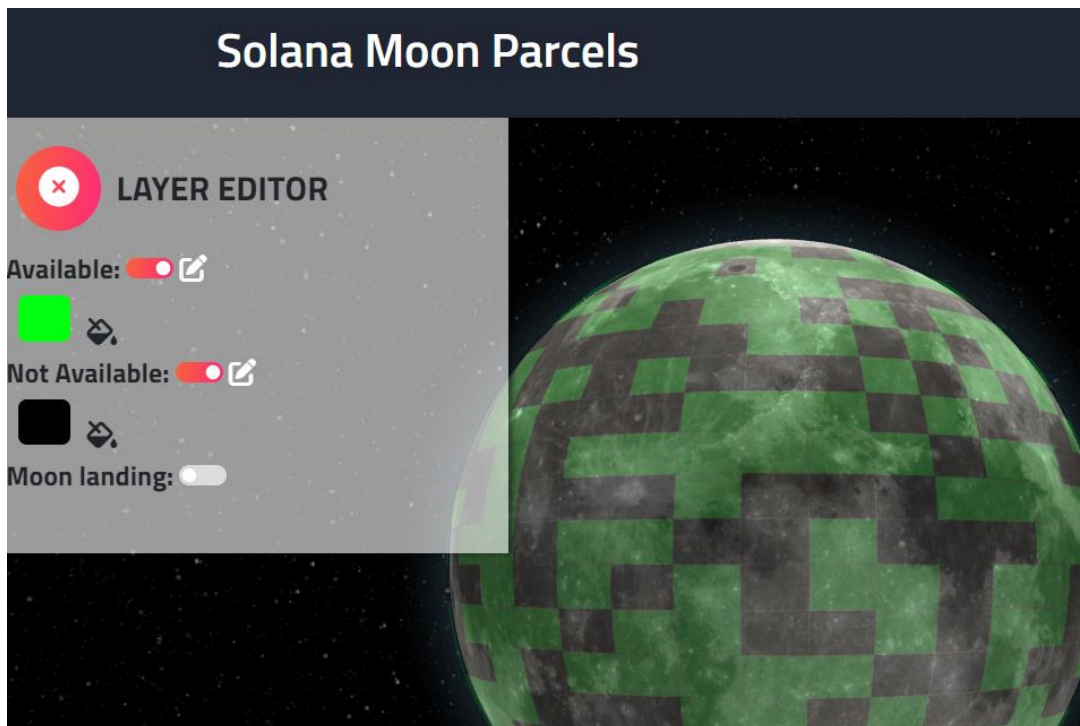


Imagen 60- Primera edición de capas

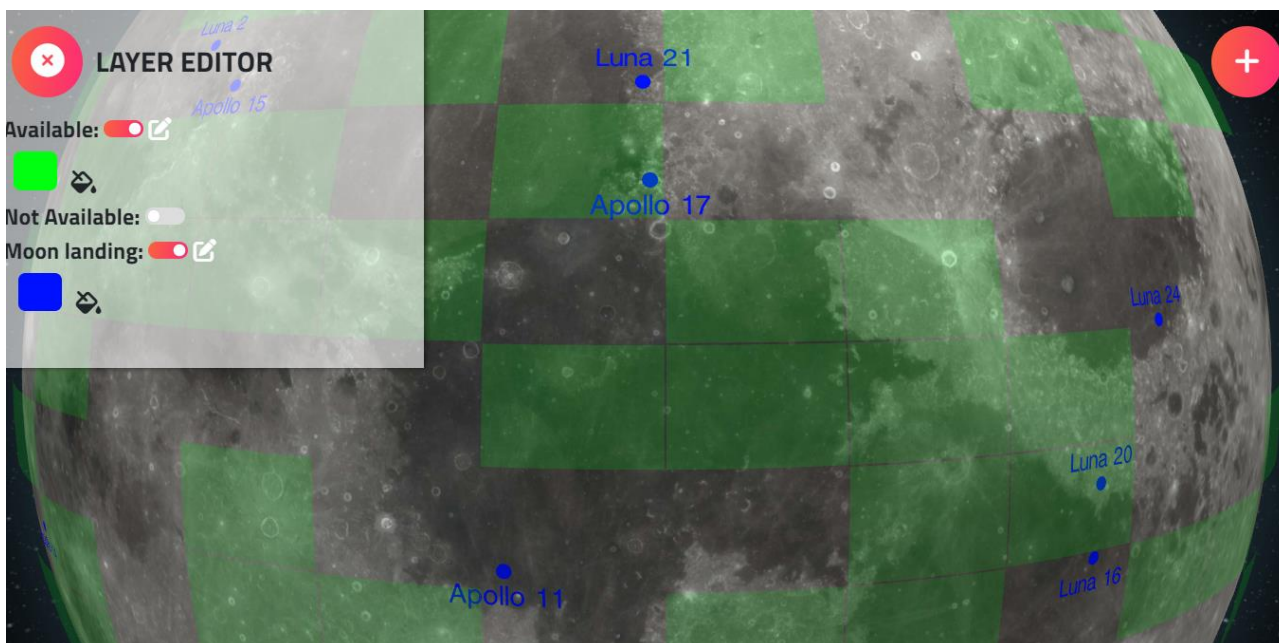


Imagen 61 - Segunda edición de capas

Dado que no ha existido una carga de datos real en el geoportal, ya que las parcelas se han dibujado en función del conocimiento de su posición y tamaño, se ha cargado en el mismo un *json* sobre la ubicación de los aterrizajes lunares, este *json* contiene información de la fecha de su aterrizaje su nombre, ubicación y enlace web al artículo de *Wikipedia* del mismo, pudiendo así acceder a esta información presionando en el punto representado en el globo lunar.

La última funcionalidad del *geoportal web* sería la visualización de la parcela 3D seleccionada además de toda su información adicional, para llegar a este modal, se debe seleccionar una parcela de las representadas en la esfera lunar, una vez seleccionada aparecerá un modal en medio de la pantalla mostrando las características descritas dentro del *json* generado de esa parcela, estado de venta, coordenadas y alguna breve descripción de la misma.

```

landingSitesCheck.addEventListener('change', () => {
  console.log('landingSites --> change')
  if(landingSitesCheck.checked === true){
    console.log('landingSites --> true')
    world.labelText('label')
    .labelSize(1)
    .labelDotRadius(0.4)
    .labelDotOrientation(d => labelsTopOrientation.has(d.label) ? 'top' : 'bottom')
    .labelColor(d => 'red')
    .labelLabel(d => `
      <div><b>${d.label}</b></div>
      <div>${d.agency} - ${d.program} Program</div>
      <div>Landing on <i>${new Date(d.date).toLocaleDateString()}</i></div>
    `)
    .onLabelClick(d => window.open(d.url, '_blank'));
  }
  fetch('C:/Users/Public/Documents/globe.gl-master/example/moon-landing-sites/moon_landings.json').then(r => r.json)
  world.labelsData(landingSites);
  console.log(landingSites);
});

```

Imagen 62 - Carga de datos JSON en el elemento 3D

Adicionalmente, este modal presentará una pequeña ventana donde se mostrará el modelo 3D de la parcela generado anteriormente en la codificación de los *NFTs*, este será completamente interactivo, pudiendo así visualizar tridimensionalmente la parcela seleccionada en su totalidad, con ciertos límites de zoom.

Tanto el *geoportal web* como la web descriptiva del proyecto son webs completamente sensibles al tamaño de la pantalla (*responsive*), es decir están diseñadas para poder visualizarse correctamente tanto en dispositivos web, como en dispositivos móviles.

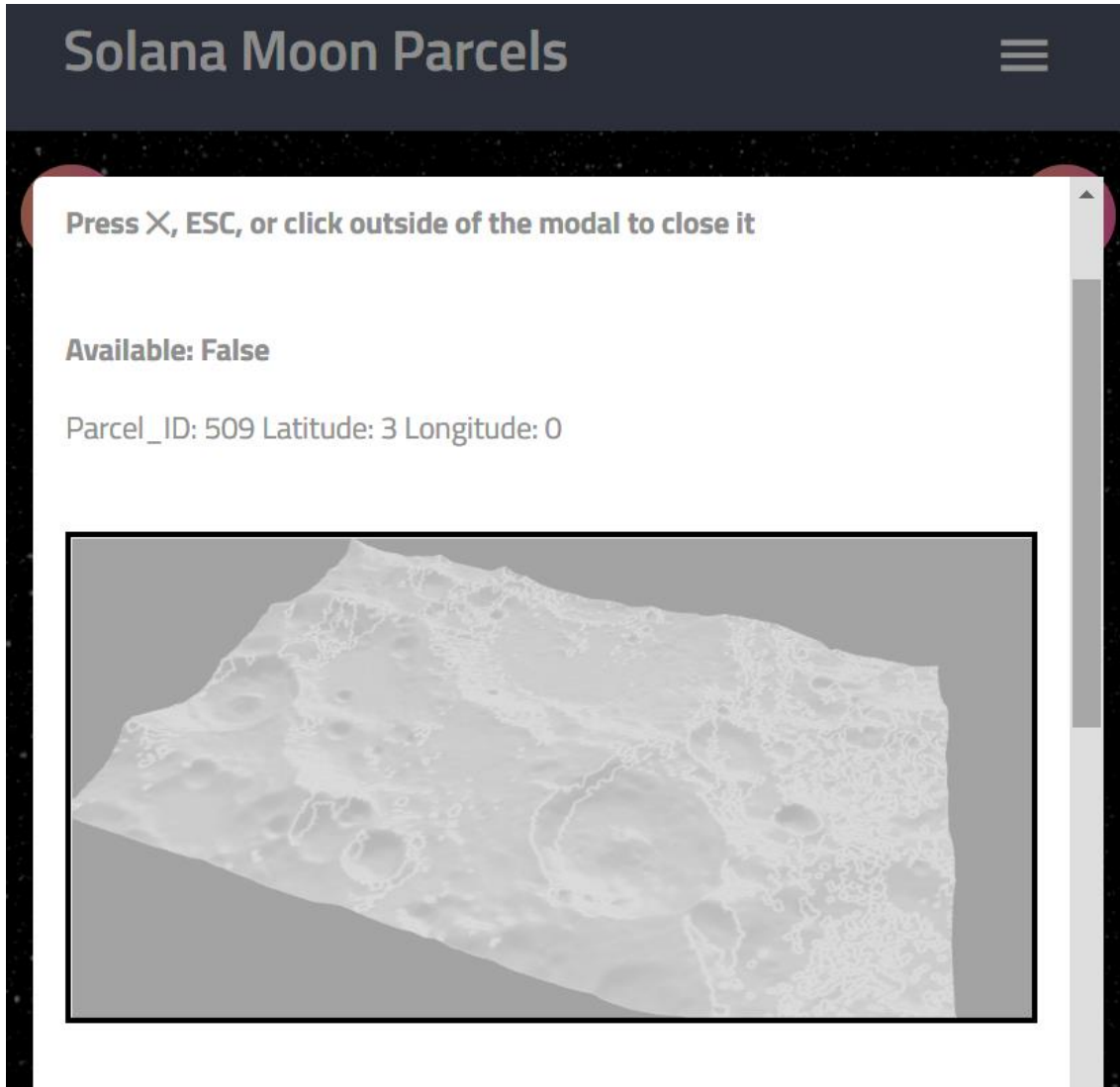


Imagen 63 - Visualización de la parcela seleccionada en 3D dentro del modal

9. Smart contract y acción Mint.

El primer paso una vez tenemos todas las imágenes, deberemos crear para cada una de ellas un archivo json asociado a modo de metadatos, donde se almacenará toda la información relevante de esa imagen.

```

{
  "title": "Asset Metadata",
  "type": "object",
  "properties": {
    "name": {
      "type": "string",
      "description": "Identifies the asset to which this NFT represents"
    },
    "description": {
      "type": "string",
      "description": "Describes the asset to which this NFT represents"
    },
    "image": {
      "type": "string",
      "description": "A URI pointing to a resource with mime type image/* representing the asset to which this"
    }
  }
}

```

Imagen 64 - archivo JSON tipo, descriptivo de metadatos de los NFT

Mint es el término por el que se denomina el proceso de crear un registro nuevo, un token, en la *blockchain* (*Ethereum*, *Solana*, *Cardano*...etc.). Aplicado a los *NFTs*, *tokens* que no se pueden dividir en fracciones del mismo, es el proceso de crear el registro de este *NFT* y sus correspondientes datos en la *blockchain*.

Para poder crear un *token* que tenga asociado un documento, es necesario almacenar este documento en alguna parte, y apuntar con un link al mismo. No existe un único método para realizar esto. Puede almacenarse con un servidor tradicional, en algún servicio de almacenamiento en la nube, o utilizar el estándar *IPFS* (*InterPlanetary File System*).



Imagen 65 - IPFS. Fuente (<https://www.onlinegdb.com/>)

IPFS es un proyecto de código abierto de una red de almacenamiento de archivos y media en un método *peer-to-peer* de archivos distribuidos, casi igual al funcionamiento de una *blockchain*. Este sistema de archivos descentralizado busca conectar todos los dispositivos informáticos con el mismo sistema de archivos, como si de un repositorio en *Git* se tratara. Se puede acceder a este sistema de almacenamiento de archivos en red de multitud de formas, una de ellas, realizando una conexión *HTTP* con el mismo.

Muy bien, ya se tiene el token creado y almacenado su contenido de forma descentralizada en la red. Ahora es el momento de distribuirlos en la criptomoneda deseada: para ello se hace uso de *Candy Machine*.



Imagen 66 - Solana Candy Machine. Fuente (Solana.com)

Ya que la mayoría de los *NFTs* adquieren valor en el mercado secundario, normalmente según su demanda y la rareza del mismo, se suele buscar que todos los usuarios tengan la misma oportunidad de obtener un *NFT* valioso. Al igual que con el almacenamiento, no existe una única forma de llevarlo a cabo, pero la más utilizada es el “*Fair Launch*” mediante Candy Machine. “*Fair Launch*” se hace referencia al hecho, de que ningún usuario tendrá ventaja para adquirir estos tokens, todos podrán hacerlo al mismo momento, en la fecha predispuesta, a su vez, la máquina de Caramelos, o *candy machine*, hace referencia a la forma de distribuir estos tokens. Cada vez que un usuario haga *click* en el botón de “*Mint*” o “*BUY NOW*” como es el caso, la máquina de caramelos, aleatoriamente seleccionará un documento junto a sus metadatos, y creará su registro permanente en la blockchain a la vez que lo manda una vez generado al usuario que realizó este mint (o compra).

¿Como se rigen estos tokens?

En la blockchain (o al menos las que tienen capacidad de crear tokens) todos los tokens se rigen mediante el *Smart contract*, esto es un programa de ordenador, inmutable, publico y auditable. Dependiendo del tipo de *Smart contract*, puede ser que el creador o personal (*wallets*) autorizado, pueda modificar o editar el *Smart contract*.



Imagen 67 - Smart Contracts. Fuente (MediaPyme.com)

En el caso de los *NFTs*, lo habitual que aparece en el *Smart Contract* es el número máximo de tokens que se van a producir, los “*Royalties*” del mercado secundario, esto es el porcentaje del precio de venta de segunda mano, que van a percibir a los creadores del token a modo “*derechos de marca*”.

10. Creación de servidor *AWS* y compra de dominio.

Para la publicación de ambas páginas web, se hará uso de los productos y servicios de *hosting* y dominios que proporciona *Amazon Web Service (AWS)*, dado su bajo coste y sus planes flexibles suponen una alternativa barata para mantener en un servidor publicada la página web y el *geoportall web*. De todos los servicios que puede proporcionar *AWS*, nos centraremos en explicar dos, *Amazon S3* y *Amazon Route 53*, a continuación, se describirán brevemente sus utilidades.

10.1. Amazon S3

En este producto de *AWS*, podremos comprar un *bucket* o espacio de almacenamiento en el servidor que consideremos, donde podremos elegir el servidor de almacenamiento (EEUU, Europa...etc.), en este *bucket*, procederemos a almacenar todos los archivos anteriormente generados para ambas webs, tanto los archivos de codificación web (*HTML*, *CSS* y *JS*) como todas las carpetas y archivos de los que estos se nutran (imágenes, archivos complementarios...etc.).

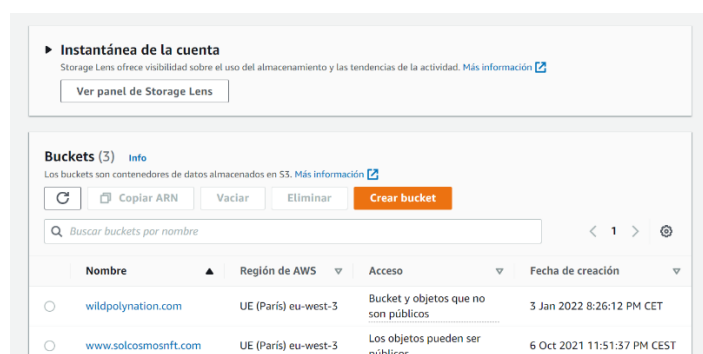


Imagen 68 - Almacenamiento en buckets *AWS*

Para poder publicar esta web habrá que permitir el acceso público al *bucket*, pero manteniendo apagados los permisos de escritura al público general, esto funciona como un almacenamiento web de archivos, para posteriormente poder darle al dominio que se compre permisos de lectura de todos ellos, así reproducir ambas webs en los dominios comprados.

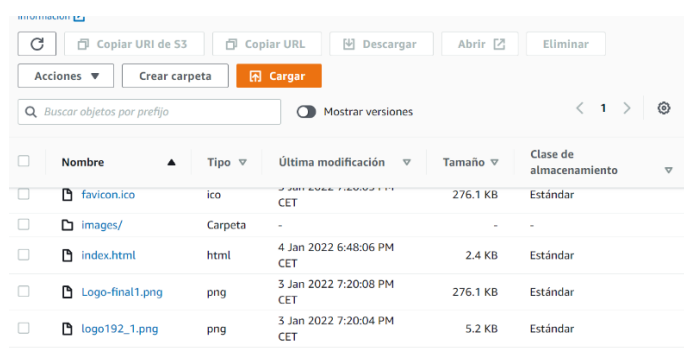


Imagen 69- Aspecto de un bucket

10.2. Amazon Route 53

Este producto de *AWS* nos sirve para dos cosas muy importantes, la primera es comprar los dominios que deseemos para nuestra web, y la segunda y también importante es para poder otorgarle a la web un protocolo de seguridad *https*.



Imagen 70 - Compra de dominios en AWS

11. Conclusiones.

La tecnología *blockchain* es el futuro, como se ha podido ver a lo largo del proyecto, el implementar un sistema de este tipo trae consigo muchos avances y soluciona multitud de inconvenientes que afrontamos en la actualidad, concretamente en el ámbito del registro de tierras, sí que es cierto que supone un gran reto informático e intelectual llevarlo a cabo, pero la recompensa de tener un sistema globalmente accesible y seguro es premisa suficiente para intentarlo.

Sin duda uno de los retos a los que se enfrenta el registro de la propiedad en esta circunstancia es mantener un formato en los datos sin perder calidad en ellos, ya que la informatización de ciertos datos de registro antiguos puede resultar insuficientes para las normativas actuales, sin embargo, dada la nueva ley de “*Coordinación de Registro-Catastro*” puede resultar la implementación de un sistema *blockchain* el nuevo horizonte de la certificación catastral.

En cuanto al caso práctico, la selección de la *blockchain Solana* para este proyecto ha sido por la rapidez y bajo coste de sus transacciones, cabe la posibilidad de que para un sistema gubernamental de registro parcelario se desee la implementación de otra que sea más específica, como es el caso de Georgia con el uso de *Bitcoin*, sin embargo al ser una tecnología en continuo desarrollo, siempre cabe la posibilidad de la futura existencia de una *blockchain* cuya funcionalidad se remita únicamente a la certificación y validación de registros de tierras y por lo tanto, sea idónea para esta tarea.

Hacer un proyecto basado en parcelas en la superficie lunar tiene sus inconvenientes, ya que no existen imágenes de alta resolución de la Luna ni tanta información como si la existe de la Tierra, de ahí que las parcelas sean tan grandes y ocupen tanta área, primaba mantener una calidad de representación aceptable en los modelos 3D. Un punto de mejora del proyecto sería usar parcelas reales de algún municipio o región, ya que la información real referida a parcelas tiene mucha mejor calidad tanto gráfica como alfanumérica.

A pesar de necesitar ciertos conocimientos elevados de programación para poder entender y aplicar la tecnología *blockchain*, este tipo de herramientas no están ligadas enteramente al mundo de la

informática, artistas y empresas de todo el mundo ya están aprovechando estas técnicas en su favor, esto puede permitir abrir una gran oportunidad de mercado que aprovechar al mundo de la topografía, la geomática y la geodesia que aún está por desarrollar.

12. Referencias

CoreLedger. (Jan 22, 2020). *Land Registry on Blockchain*.

< <https://medium.com/coreledger/land-registry-on-blockchain-a0da4dd25ea6> >

Chukwuma C. Nwuba; Siddique R. Nuhu, (2018). *Challenges to Land Registration in Kaduna State, Nigeria*.

<https://www.researchgate.net/publication/326010732_Challenges_to_Land_Registration_in_Kaduna_State_Nigeria >

Stanislaus Adiaba; Felix Hammond; David Proverbs; Jessica Lamond; Colin Booth; Robin Bloch,, CT. (2010). *Land Registration and Information Asymmetry Problem in Sub-Saharan Africa Urban Real Estate Markets* .

< <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB20132.pdf> >

Krishnapriya S; Greeshma Sarath. (2020). *Securing Land Registration using Blockchain*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920311649?ref=pdf_download&fr=R-R-2&rr=745e7f7459b1866c >

Muhammad Irfan Khalid; Jawaid Iqbal; Ahmad Alturki; Saddam Hussain; Amerah Alabrah; Syed Sajid Ullah. (2022). *Blockchain-Based Land Registration System: A Conceptual Framework*.

< <https://downloads.hindawi.com/journals/abb/2022/3859629.pdf> >

Qiuyun Shang; Allison Price. (2015). *A blockchainbased land titling project in the republic of georgia*.

<<https://tokens-economy.gitbook.io/consensus/>>

Ministerio de hacienda y función pública. (2017). *Preguntas y Respuestas acerca de la Coordinación Catastro - Registro*.

< <http://www.catastro.minhap.gob.es/documentos/FAQ%20catastro%20registro.pdf> >

Deen Newman; Sergio De Simone. (2021). *Blockchain Node Providers and How They Work*.

< <https://www.infoq.com/articles/blockchain-as-a-service-get-block/> >

Erwan Mazarico; D. D. Rowlands; G. A. Neumann; D. E. Smith; M. H. Torrence; F. G. Lemoine; M. T. Zuber. (2011). *Orbit determination of the Lunar Reconnaissance Orbiter*.

< http://www-geodyn.mit.edu/mazarico_LROPOD_jgeod11.pdf >

<https://solana.com/es>

<https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-solana/>

<https://cointelegraph.com/>

<https://www.coinbase.com/es/learn/crypto-basics/what-is-a-token>

<https://101blockchains.com/>

<https://www.miethereum.com/blockchain>

<https://tokens-economy.gitbook.io/consensus/>

<https://exonum.com/story-georgia>

<http://www.hashcash.org/>

<https://www.ledger.com/academy/blockchain/what-is-solana>

<https://2501babe.github.io/posts/solana101.html>

<https://docs.solana.com/running-validator/validator-reqs>

<https://www.leewayhertz.com/proof-of-work-vs-proof-of-stake/>

<https://www.registradores.org/>

<http://www.catastro.minhap.gob.es/esp/procedimientos/>

<http://www.catastro.minhap.gob.es/esp/faqs.asp>

<https://lunar.gsfc.nasa.gov/lola/>

https://astrogeology.usgs.gov/search/map/Moon/LRO/LOLA/Lunar_LRO_LOLAKaguya_DEMmerge_60N60S_512ppd

<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=2007-039A>

https://www.kaguya.jaxa.jp/index_e.htm