

Documento divulgativo sobre aplicaciones de la tecnología blockchain en el sector de la construcción

G.T. BLOCKCHAIN

Entidades colaboradoras para la edición impresa de este informe:



Documento registrado en la Agencia del ISBN en España.

ISBN: 978-84-09-43914-0



Entidades coordinadoras de la redacción del documento:



Entidades participantes en la redacción del documento:



COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES
Y ARQUITECTOS TÉCNICOS DE MADRID



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA
E.T.S. DE ARQUITECTURA Y EDIFICACIÓN
Grupo de Investigación Ciencia y Tecnología Avanzada de la Construcción



MIEMBRO DE



EUROPEAN
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. Introducción	1
2. Glosario	2
3. Beneficios y bondades de la tecnología blockchain.....	5
4. Tecnología Blockchain en la industria de la construcción.....	6
5. Estrategias para facilitar la implantación	7
5. Ejemplos de otros sectores	8
5.1. Agricultura	9
5.2. Medicina	10
5.3. Energía	12
5.4. Transporte	12
5.5. Educación y formación.....	13
5.6. Ahorro de costes. Banca	14
5.7. Identidad Digital:	15
5.8. Las ciudades inteligentes y la economía colaborativa.....	16
5.9 Propiedad intelectual	17
5.10 Autogestión	18
6. Casos de éxito en el sector construcción en experiencias previas	18
6.1. Sostenibilidad y descarbonización del sector.....	19
6.2. Mantenimiento de edificios.....	20
6.3. Hogares inteligentes	21
6.4. Gestión de la cadena de suministro	22
6.5. Industrialización y automatización en la construcción.....	23
6.5.1. Estandarización de procesos constructivos. Diseño del revestimiento de fachada	23
6.5.2. Fabricación aditiva y su protección.....	25
6.6. Gestión de la seguridad y salud	27
6.7. Contratos inteligentes vinculados a rendimiento, prestaciones etc.	28
6.8. Gestión de la propiedad	30
6.9. Gestión de activos y de la construcción	31
6.10. Gestión de la energía	32
6.11. Gestión del carbono	33
6.12. Gestión de residuos	34
7. Propuestas de proyectos de I+D.....	37

7.1. Sostenibilidad y descarbonización del sector.....	37
7.2. Mantenimiento del edificio	38
7.3. Gestión de la cadena de suministro	38
7.4. Industrialización y automatización.....	39
8. Bibliografía asociada	41

1. ANTECEDENTES

El presente documento surge en el seno del Grupo de trabajo de Blockchain en el sector de la construcción de la Plataforma Tecnológica Española de la Construcción (PTEC).

El principal objetivo es mostrar las bondades y beneficios de la tecnología blockchain y sus aplicaciones, en otros sectores afines o no al sector de la construcción y en nuestro propio sector.

Se pretende dar visibilidad a casos de éxito asociados a la implementación de la tecnología blockchain y, que el documento pueda ser inspirador y alentador para el fomento de la aplicación de la tecnología blockchain en la industria de la construcción.

2. Introducción

La industria de la construcción, a nivel general, es uno de los sectores que más le cuesta adaptarse y utilizar las nuevas herramientas y tecnologías que otros sectores aplican desde hace años.

Esta rigidez, además de otros factores, contribuye a que temas como la productividad, seguridad, trazabilidad o confianza sigan siendo temas pendientes por mejorar en esta industria.

En este sentido, blockchain es una tecnología potencial para reducir esta “rigidez del sector”, abordando los problemas con una visión global y transversal que permitan realizar operaciones o procesos más eficientes, trazables, transparentes y responsables en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto a nivel global o incluso del desarrollo de un nuevo elemento o material, a nivel particular.

La industria de la construcción, por sus antecedentes, está caracterizada por ser lenta en adoptar tecnologías emergentes. Además, es un sector muy reacio a difundir y compartir la información de lo que funciona. Además, la fragmentación de la industria, su “tradicionalidad”, la competencia mal entendida o la falta de colaboración y transparencia entre los diferentes agentes, complican la implantación de tecnologías disruptivas como el blockchain.

En este sentido, la “Industria 4.0”, la digitalización del sector, aunque lenta, y el empuje de grandes organismos, están contribuyendo con el avance de la digitalización en la construcción, haciendo que esta industria sea cada vez más eficiente y confiable. Blockchain, como tecnología disruptiva y transversal en todos los sectores, puede ayudar a superar barreras de forma efectiva.

La tecnología, y sobre todo la aplicación, de blockchain en la construcción está en sus inicios a pesar conocerse en publicaciones desde 2015. Desde entonces, ha ido creciendo el interés de esta tecnología, reflejándose en el aumento de números de publicaciones. En este sentido, en la industria de la construcción, la aplicación de la tecnología Blockchain se puede agrupar en mejorar los procesos de trabajo actuales y otros en cómo se integra la tecnología blockchain con otras tecnologías digitales, como Building Information Modelling (BIM), Internet of Things (IoT), etc., para abordar problemas específicos o mejorar el proceso actual. En este caso, la tecnología blockchain se está convirtiendo en una capa intermedia para que otras tecnologías novedosas interoperen de manera eficiente, como la monitorización, IoT, Inteligencia Artificial, etc.

A priori, algunos de los procesos de negocio de la construcción a digitalizar donde se espera una más rápida utilización de la tecnología blockchain, pueden ser la gestión de contratos, el pago condicional automatizado, la gestión de la cadena de suministro, la seguridad y salud de los trabajadores, la trazabilidad de los materiales y su ciclo de vida, etc. En todos ellos, la tecnología Blockchain permite aumentar la confianza entre los usuarios,

En resumen, la tecnología Blockchain es muy versátil y útil en cualquier proceso o actividad donde existan varios actores o acciones a realizar y se desee dejar un rastro o trazabilidad inmutable de lo que se realiza, posibilitando verificar como se cumplen los parámetros pactados en un contrato inteligente previamente, por ejemplo. En la era de la digitalización de la construcción, que todo debe quedar guardado en un servidor de forma segura e inmutable, la tecnología Blockchain es muy apropiada.

2. Glosario

- **Blockchain:** sistema de información distribuido seguro que mantiene una lista dinámica de registros denominados bloques y que permite el intercambio de información entre pares a través de una red de nodos, como mínimo garantizando la integridad y el no repudio de la información almacenada.

Podemos encontrar otras definiciones que provienen del tejido industrial. Por ejemplo, desde la Hyperledger Foundation definen una blockchain como “una base de datos distribuida forjada por consenso, combinada con un sistema de “smart contracts” y otras tecnologías habilitadoras”. De forma similar, Ethereum define una blockchain como “una base de datos pública que se actualiza y comparte a través de muchos ordenadores en una red [...] los datos y el estado se almacenan en grupos consecutivos denominados bloques [...] cada bloque hace referencia criptográficamente a su bloque predecesor”. La plataforma Coinbase simplifica aún más esta definición, limitándola a “una lista de transacciones que cualquiera puede ver y verificar”.

- **Redes peer to peer (P2P):** sistemas informáticos que se conectan directamente entre sí a través de Internet, sin un servidor central. Los nodos aportan la potencia de computación y el almacenamiento que se requiere para el mantenimiento de la red. Se hicieron populares por primera vez con Napster y luego por BitTorrent.
- **Criptografía:** estudio de las técnicas utilizadas para permitir la comunicación segura entre diferentes partes y para garantizar la confidencialidad, la autenticidad e inmutabilidad de los datos que se comunican. Para las tecnologías blockchain, la criptografía se usa para demostrar que la persona o la aplicación correcta creó una transacción. También se usa para vincular transacciones en un bloque de manera a prueba de manipulaciones, así como para crear enlaces entre bloques, para formar una cadena de bloques.
- **Criptografía asimétrica:** Las transacciones entre pares en una blockchain se encriptan y desencriptan mediante un par de claves pública y privada. La clave pública es el identificador de los participantes en la transacción. La clave privada es la que permite acceder al valor transaccionado.
- **Hash:** también conocido como huella digital. Código alfanumérico característico de un archivo o una foto o un video. Cualquier modificación del archivo de origen modifica este hash indicando que se ha producido un cambio en el mismo. Asimismo, no es posible obtener el archivo, o foto o video de origen a partir del hash. Debido a las dificultades de almacenamiento de grandes cantidades de información en los bloques, es usual almacenar estos hashes en los bloques.
- **Algoritmo de consenso en la red:** proceso de lograr un acuerdo entre los participantes de la red en cuanto al estado correcto de los datos en el sistema. El consenso lleva a que todos los nodos compartan exactamente los mismos datos y evita que los actores maliciosos manipulen los datos. El algoritmo de consenso varía con diferentes implementaciones de blockchain.
- **Prueba de Trabajo (Proof of Work, PoW):** algoritmo de consenso que requiere que sus usuarios realicen algún tipo de trabajo para participar. El trabajo debe ser difícil para el nodo, pero fácil de verificar para el servidor o la red. En Bitcoin y Ethereum, PoW existe en forma de nodos mineros que compiten para "resolver un Bloque" que consiste en agrupar transacciones en orden cronológico y hacer que ese bloque sea aceptado en la blockchain global de ese sistema, a la vez que reciben su recompensa por realizar este trabajo en forma de nueva criptomoneda que emite el propio sistema.
- **Prueba de participación (Proof of Stake, PoS):** algoritmo de consenso en el que el creador de un nuevo bloque, llamado generalmente validador,

se elige de manera aleatorio, dependiendo de su riqueza, también definida como stake. Cuando más riqueza, mayor probabilidad de ser elegido validador. Esto reduce el coste computacional del sistema con respecto a PoW.

- **Smart Contract (contrato inteligente):** programa informático que facilita y hace cumplir los acuerdos entre dos o más partes y que reside y se ejecuta en una blockchain. Por tanto, no está controlado por ninguna de las partes interesadas o involucradas. Permite que las transacciones y los acuerdos confiables se lleven a cabo entre partes dispares y anónimas sin la necesidad de una autoridad central, un sistema legal o un mecanismo de aplicación externo. Hacen que las transacciones sean trazables transparentes e irreversibles.
- **Blockchain públicas (no permissionadas):** son aquellas en las que el acceso tanto para realizar transacciones como para ser un nodo completo (que dispone de todos los datos de la red) o para ser un nodo minero es completamente libre. Tienen su propia criptomoneda, su propio protocolo e implementan de forma completa, eficiente y auditable todas las funciones de una blockchain. Ejemplos: Bitcoin o Ethereum entre otras.
- **Blockchain permissionadas (en ocasiones llamadas empresariales):** son aquellas en las que la participación para realizar transacciones y disponer del libro mayor actualizado depende de que se de acceso a ese nodo por el creador de la red. Ejemplos: Hyperledger o Quorum.
- **Tokenización:** proceso de convertir cualquier activo (dinero digital como bitcoin, ether o fiat) o elemento físico o no físico en un bien digital para habilitar la transmisión efectiva de valor entre personas, empresas o instituciones. Es posible generar tokens o partes divisibles de las representaciones digitales de activos físicos (inmuebles, máquinas, obras de arte, ...). Esto también es posible hacerlo con elementos no físicos, intangibles, como puede ser un servicio, una patente, etc. La tecnología blockchain junto con los contratos inteligentes nos permite transmitir el valor de estos tokens cuando se cumplan un conjunto de restricciones pactadas entre los participantes en la red e incluidas en estos contratos.
- **Utility Tokens:** Son representaciones digitales divisibles que permiten beneficiarte de un servicio que provee un ecosistema o una plataforma. Un ejemplo claro de Utility Token, son las criptomonedas como el bitcoin o el ether. La forma en la que estos utilities permiten beneficiarse de un servicio se regula a través de smart contracts contenidos en las plataformas blockchain que proveen los servicios. Las reglas de intercambio de estos tokens se programan en los Smart Contracts, y se conocen como Tokenomics.

- **Security Tokens:** Se trata de representaciones digitales divisibles de activos económicos, como puede ser una parte de una empresa o una parte de una obra de arte o una parte del beneficio futuro de un negocio. De igual forma que los Utilities, estos tokens se pueden transmitir entre personas, empresas o instituciones a través de los Tokenomics incluidos en los Smart Contracts de las plataformas blockchain que los regulan. Una de las ventajas de este tipo de tokens es la posibilidad de generar liquidez para los propietarios de los activos económicos pudiendo vender partes divisibles del mismo a una cantidad amplia de compradores.
- **NFT (non-fungible token, token no fungible):** token criptográfico que representa algo único, no es intercambiable de forma idéntica, son indivisibles, transferibles y con la capacidad de demostrar su escasez.

3. Beneficios y bondades de la tecnología blockchain

Las redes comerciales *blockchain* disponen de un registro inmutable de todas y cada una de las transacciones realizadas por los copartícipes de la gestión o miembros de la red con las credenciales de acceso pertinentes. Igualmente, cada miembro puede determinar el nivel de acceso a su información para cada organización o miembro y qué acciones puede tomar cada uno. Además, cada interacción es trazada instantáneamente.

Más allá de las ventajas en el ámbito de seguridad o confiabilidad, la principal ventaja de las redes comerciales *blockchain* es su capacidad para reducir e incluso eliminar trámites inútiles y errores en los "intercambios" simplemente reduciendo o eliminando la necesidad de la intermediación para la verificar cada una de las transacciones.

A continuación de enumeran y describen brevemente los principales beneficios de las redes comerciales *blockchain*:

- **Seguridad:** La inmutabilidad del registro y el encriptado de principio a fin impide cualquier actividad no autorizada. Igualmente, la privacidad se mantiene simplemente anonimizando los datos personales y estableciendo las credenciales de acceso necesarias. Además, la información se almacena de manera distribuida en lugar de en un conjunto conocido de servidores, lo que dificulta enormemente el acceso no autorizado a los datos.
- **Transparencia:** El registro múltiple e idéntico de transacciones y datos posibilita que todos los participantes de la red *Blockchain* con acceso autorizado puedan acceder a la misma información de manera simultánea. Esto es, todas las transacciones se registran con fecha y hora

y se mantienen inmutables en el tiempo. Esto permite a los miembros de la red ver el historial completo de cada una de las transacciones y, en la práctica, evitarse de este modo cualquier posibilidad de falsificación.

- **Trazabilidad:** La red comercial *Blockchain* se registra cada la procedencia de cada transacción o dato, por tanto, los miembros de la red *blockchain* pueden fiscalizar la origen, ascendencia o fuente de cualquier dato registrado.
- **Eficiencia operativa:** Los procesos que requieren intermediación, en general, son propensos a demoras y errores humanos. Las redes comerciales *blockchain*, permiten que las transacciones se completen más rápida y eficientemente al posibilitar el registro de datos, documentación, etc. junto con las filaciones de la transacción.
- **Automatización:** Las redes comerciales *blockchain* posibilitan la automatización de las transacciones mediante la adición de "contratos inteligentes" (Smart contracts). Esto es, cuando se cumplen determinadas premisas expuestas en el "contrato asociado" se activan, automáticamente, el siguiente paso en la transacción o en el proceso preestablecido. En definitiva, se reduce la intervención humana y la dependencia de terceros para verificar que se han cumplido los términos, requisitos, cláusulas, etc. de un *Smart Contract*.

4. Tecnología Blockchain en la industria de la construcción

En la industria de la construcción, las redes comerciales *blockchain* posibilitan que la información del proceso constructivo se perpetúe a lo largo de todo su ciclo de vida y, además, se realice la *trazabilidad* de *quién*, *cuándo* y *cómo* se genera la información relativa a la infraestructura.

Por otro lado, cuando la gestión del activo construido se desarrolla sobre la base de su *gemelo digital*, solamente es posible asegurar su *integridad*, *seguridad* y *validez* a lo largo de todo su ciclo de vida si son *certificados* en redes *blockchain*.

Sin embargo, existen razones que suelen retrasar la introducción de nuevas tecnologías en este sector, como son la baja digitalización y/o industrialización del sector y las premisas erróneas como la de tener "miedo al cambio de lo que se cree que funciona".

Otra razón, y quizás la más importante para una rápida implantación de la tecnología Blockchain, es que se trata de una tecnología disruptiva, compleja, rígida de programar y gestionar, con un impacto marginal en construcción a "priori" y sin garantías de amortizaciones económicas de la inversión a corto plazo. Hay muchas otras razones que no ayudan a la implantación de esta tecnología, como la fuerte inercia de nuestra industria de la construcción con gran dificultad para llevar a cabo cambios importantes en el cómo se trabaja

y, muchos más, cuando los cambios no son palpables, aspecto muy relevante en la industria “tradicional” de la construcción. En muchos de los casos, estas limitaciones perjudican o retrasan al sector con respecto a otros debido a una más lenta profesionalidad del sector. Un ejemplo claro, es el paso del plano realizado a mano al diseño asistido por ordenador (CAD), luego al BIM y al Gemelo Digital. Después de más de 40 años, parece difícil ver un plano realizado a mano, pero no es tan fácil en más de 15 años ver implantado el BIM de forma global en todos los niveles. Por ello, manteniendo este paralelismo, la tecnología Blockchain en la construcción le queda un duro y medio-lago camino para un aprovechamiento global de sus beneficios, aunque la información y difusión de documentos como este ayudarán al mayor conocimiento e introducción de esta tecnología en el sector de la construcción.

Así, por ejemplo, en la *fase de diseño*, las redes comerciales *blockchain* posibilitan la automatización de la *cadena de aprobaciones* en cada avance en el diseño o, durante la construcción, acorde a los correspondientes *smart contracts*, se liberan automáticamente los pagos ligados a las certificaciones parciales de obra.

Igualmente, en la *fase de operación y mantenimiento* de lo construido se automatiza la certificación de las operaciones de mantenimiento, incluyendo el *programa de visitas* de los operarios o la consecución de las tareas de mantenimiento preventivo programadas.

Finalmente, hay que tener en cuenta que el proceso constructivo es cada vez más complejo, debido, principalmente, a la progresiva especialización, la fragmentación de profesiones y procesos y, sobre todo, el incesante incremento del volumen de información que ha de ser *intercambiada, verificada y certificada* durante todo el proceso.

Ahora más que nunca, se hace especialmente necesario, la disposición de una plataforma que posibilite tanto la *trazabilidad completa* de todas las transacciones realizadas, como la *verificación* de toda la información aportada por los distintos *actores*.

5. Estrategias para facilitar la implantación

Por regla general los trabajadores somos reacios al cambio, independientemente del tamaño de la compañía en la que desarrollemos nuestra función, todo cambio nos supone abandonar una rutina a la que ya estábamos habituados, pero si a esto le sumamos el desconocimiento de la tecnología que la compañía quiere implantar, pues ese escepticismo aumenta. Es muy importante que las compañías diseñen unas estrategias que faciliten la implantación de estos nuevos procedimientos de trabajo, se debe hacer ver al trabajador que todo cambio supone un esfuerzo, pero que este esfuerzo, redundara en la mejora de su trabajo.

A continuación, se procede a listar los puntos fundamentales de toda estrategia de implantación:

- **Información y comunicación** a todos los empleados implicados en el procedimiento. Se deben diseñar programas de información en los cuales se dé respuesta a las clásicas preguntas ¿por qué se implanta esta tecnología? ¿Cuándo comenzaremos a usarla? ¿Qué departamentos están implicados? ¿Quién es el responsable? ¿Cuáles serán los beneficios de la implantación? etc. Por muy paradójico que resulte, muchas veces estos aspectos son obviados y el caos comienza por el desconocimiento.
- **Formación** de los trabajadores implicados es otro aspecto a destacar, solo con una adecuada formación del personal conseguiremos que la implantación se haga con éxito, eso sí, sin olvidar la fase de acompañamiento necesaria hasta que la implantación sea completa. En muchos casos esta formación fracasa porque está mal planificada, es obvio que hay formaciones que se pueden hacer con “videotutoriales”, pero hay otras que requieren una presencialidad, una práctica y un feedback por parte del alumno/empleador a la hora de recibirla.
- **Fomento de la participación** de los trabajadores en la implantación del procedimiento, es un error imponer el uso de una tecnología sin antes haber involucrado a los trabajadores, los cuales aportarán su visión de “futuro usuario” y propondrán las mejoras para dichos procedimientos.

5. Ejemplos de otros sectores

A continuación, se muestra una clasificación integral de aplicaciones habilitadas para blockchain en diversos sectores como la cadena de suministro, los negocios, la atención médica, IoT, la privacidad y la gestión de datos [82]



5.1. Agricultura

→ Introducción

La industria alimentaria cada vez está más regulada, y requiere de la aplicación de tecnologías que le ayuden en su proceso de digitalización y trazabilidad alimentaria.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), una de cada diez personas (600 millones) contrae al año una enfermedad de transmisión alimentaria, llegando a causar 420.000 muertes, de las cuales un tercio son niños (140.000). El origen de más de la mitad de los casos está en los hogares. La mayor parte de las veces se producen como consecuencia de manipulaciones incorrectas y de modos de conservación erróneos.

→ **Necesidades**

Controlar y optimizar, la cadena de suministro en tiempo real, a la vez que tener un control riguroso del origen de los alimentos, su procesado y sus certificaciones de calidad y origen.

→ **Solución Blockchain**

Actualmente la tecnología blockchain te permite conectar a todos los actores de la cadena de suministro, desde el agricultor hasta el consumidor final.

Gracias a esta conexión, somos capaces de verificar la autenticidad del producto, el grado calidad del mismo, la denominación de origen, si son productos orgánicos y si cuenta con todas las certificaciones para su comercialización.

De esta manera, con la lectura de un código QR, el consumidor puede verificar toda la información y autenticidad del producto de forma ágil, segura y sencilla. Así como de ser informado en caso de intoxicación alimentaria.

→ **Información adicional:**

Caso Walmart: <https://cio.com.mx/walmart-empleara-blockchain-suministro-alimentos/>

Caso Carrefour: <https://financialfood.es/carrefour-implanta-la-tecnologia-blockchain-con-sus-productos-bio/>

5.2. Medicina

→ **Introducción**

La red blockchain en el sector salud tiene múltiples aplicaciones y su uso ya está generando un gran impacto, incrementado el nivel de confiabilidad y seguridad de la información. Trazabilidad de medicamentos, expedientes clínicos, investigación clínica, cadena de frío, entre otros.

→ **Necesidades**

Actualmente existe un riesgo en cuanto a la privacidad de la información de los pacientes, entre diferentes médicos y centros, sin previa autorización del paciente. Con la red blockchain los datos clínicos de pacientes y su historial se podrán compartir de forma segura, facilitando su acceso desde cualquier dispositivo, en cualquier lugar bajo previa autorización del paciente.

Otra de las principales preocupaciones de médicos y farmacéuticos se encuentra en la trazabilidad de los medicamentos, es decir, en conocer todos los pasos que ha seguido un medicamento o fármaco a través de la cadena de suministro, ya que se estima que al menos un 10% del comercio mundial de fármacos es falsificado.

→ **Solución Blockchain**

Con la red blockchain los datos clínicos de pacientes y su historial se podrán compartir de forma segura, facilitando su acceso desde cualquier dispositivo, en cualquier lugar y a cualquier hora, sin que su integridad o privacidad se vea comprometida. Para el uso de aplicaciones móviles eHealth e intercambio de datos entre dispositivos médicos.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de falsificaciones de medicamentos se cuelan en la propia cadena de suministro.

Por lo que esta tecnología permite conectar y controlar toda la cadena de suministro, de forma fiable en la trazabilidad de medicamentos, permitiendo que los laboratorios, farmacias, médicos y autoridades sanitarias puedan tener acceso al recorrido del medicamento de forma precisa y fiable.

→ **Referencias para ampliar información**

Trazabilidad de medicamentos:

<https://www.redaccionmedica.com/secciones/tecnologia/rastreo-de-medicamentos-en-tiempo-real-el-blockchain-llega-a-la-sanidad-9504>

Historias clínicas:

<https://es.cointelegraph.com/news/doctors-without-borders-is-now-using-blockchain-tech-for-medical-record-storage>

5.3. Energía

→ **Introducción:**

El blockchain ha llegado para revolucionar el mercado de la energía eléctrica. Esta tecnología permite asignar de manera ágil los activos de generación al punto de consumo e, incluso, establecer una jerarquía de prioridades en las fuentes de origen hasta los consumidores finales.

→ **Necesidades:**

Acreditar el origen de la energía, especialmente con el fin de impulsar y garantizar el crecimiento de las energías renovables y fomentar la contratación de esta energía por parte de las grandes empresas. Además se requiere de agilizar los procesos internos y los procesos compartidos con los participantes externos del mercado.

→ **Solución blockchain:**

La solución garantizar la transparencia y seguridad de la transacción, ya que esta queda registrada en la plataforma de manera inamovible, permitiendo a todas las partes auditar los resultados. Asimismo, esta tecnología hace posible trabajar bajo contratos inteligentes que se autoejecutan cuando las dos partes cumplen lo pactado, lo que elimina intermediarios y simplifica el proceso. Se reducen de este modo los costes y se incrementa la privacidad.

→ **Referencias para ampliar información:**

<https://www.iberdrola.com/innovacion/blockchain-energia>

<https://grupogaratu.com/casos-de-uso-blockchain-cadena-de-bloques-sector-energetico-energia/>

5.4. Transporte

→ **Introducción:**

La fiabilidad de la cadena de suministro y, por consiguiente, la calidad del servicio o producto ofertado, es un aspecto de gran relevancia que ha de considerarse en el intento de mejorar el desempeño logístico de una organización o de la cadena de suministro.

→ **Necesidades:**

Dada la complejidad de las cadenas de suministro, y la cantidad de actores que intervienen en ellas, es necesario generar un sistema donde todos estos puedan interactuar de forma rápida, segura y transparente.

→ **Solución blockchain:**

El blockchain permite que varios intermediarios de la cadena logística puedan operar e intercambiar información fácilmente, y manteniendo un histórico inalterable, al mismo tiempo que puede operar de una forma global, permanente y sin organismos centrales, lo cual permite que la información de la cadena logística funcione con mayor eficiencia.

→ **Referencias para ampliar información:**

<https://piernext.portdebarcelona.cat/tecnologia/tradelens-la-plataforma-blockchain-de-la-logistica-maritima-2/>

<https://www.iebschool.com/blog/blockchain-logistica/>

5.5. Educación y formación

→ **Introducción:**

Es de vital importancia para empresas y empleadores poder validar de una forma rápida y eficiente la información sobre la formación académica de un candidato, mejorando su proceso de reclutamiento y validación, a la vez que se reducen los costes asociados.

→ **Necesidades:**

Actualmente, dicho proceso de validación implica la compulsión de documentos, con el asociado coste en tiempo y recursos. Es necesario crear una capa adicional de confianza y transparencia entre los candidatos, las universidades y los centros de educación y formación y el mercado laboral.

→ **Solución blockchain:**

Un servicio oficial de verificación de títulos académicos basado en el uso de blockchain. De esta forma, los títulos académicos pasan a ser más portátiles y

confiables para estudiantes, universidades, centros educativos y empleadores (o cualquier persona que necesite verificar un título). Blockchain es una tecnología fácil, económica y segura que hace posible que cualquier persona en todo el mundo verifique su formación educativa de manera segura, independientemente de dónde se encuentre, del idioma o de cualquier otra barrera que podamos imaginar.

→ **Referencias para ampliar información:**

Caso Crypto Degrees: <https://www.crypto.upct.es>

https://www.cope.es/emisoras/region-de-murcia/murcia-provincia/murcia/informativos-en-murcia/noticias/region-murcia-sera-primera-del-mundo-aplicar-blokchain-todas-sus-universidades-20200121_599138

<https://www.eleconomista.es/ecoaula/noticias/10312471/01/20/Las-universidades-de-Murcia-implantarán-este-2020-la-tecnología-Blockchain-para-expedición-de-títulos.html>

<https://www.laverdad.es/murcia/cartagena/upct-primera-universidad-20200306134932-nt.html>

5.6. Ahorro de costes. Banca

→ **Introducción:**

Las transferencias internacionales son operaciones costosas para los bancos, pues involucran a varias entidades y requieren de infraestructuras tecnológicas muy complejas para garantizar que el dinero deja de estar en la entidad emisora y se transfiere a la receptora. Asegurar esta operación conlleva tiempo.

→ **Necesidades:**

Poder transferir datos y capitales de una manera completamente segura, rápida, económica y sin intermediarios que encarezcan las operaciones.

→ **Solución blockchain:**

Actualmente existen muchas plataformas que permiten el intercambio de criptativos y activos financieros mediante la tecnología blockchain.

El blockchain permite acelerar estas operaciones ganando seguridad, debido al registro de la trazabilidad de estas operaciones de forma segura e inalterable,

a la vez que se generan automatismos o pagos inteligentes gracias a la aplicación de smartcontracs.

→ **Referencias para ampliar información:**

<https://blogempresas.yoigo.com/bancos-blockchain-adoptando-entidades-bancarias-tecnologia/>

<https://forbes.es/listas/136987/lista-forbes-blockchain-50-2022/>

5.7. Identidad Digital:

→ **Introducción:**

Desde el lanzamiento de la tecnología blockchain, no existe una regulación que permita generar transacciones en la red de blockchain con pleno respaldo legal.

Actualmente, la Unión Europea está trabajando en la nueva regulación denominada Eidas 2, donde está desarrollando una Identidad digital basada en tecnología blockchain, que permita a los ciudadanos europeos a poder operar con terceros de forma segura con entidades privadas y públicas, teniendo pleno control de sus datos personales.

→ **Necesidades:**

Generar una identidad blockchain con respaldo legal que permita firmar ficheros o interactuar en diversas transacciones en la red de blockchain, con pleno respaldo legal.

→ **Soluciones blockchain:**

- Qid:

Q_ID es la fusión de la Identidad Digital en Blockchain y la Firma Electrónica, lo que supone la unión entre la trazabilidad e inmutabilidad del Blockchain y el reconocimiento legal de la firma electrónica.

El Qid es una identidad que se compone de un certificado digital cualificado y una identidad digital blockchain unidas criptográficamente. Lo que nos permite firmar y vincular cualquier tipo de archivo en la red de blockchain, con estas identidades con pleno respaldo legal.

- Wallet EU:

Identidad esté descentralizada supone un gran cambio del modelo actual, en el que el usuario tenía muy poco control sobre su propia identidad. En el nuevo concepto, el ciudadano es soberano de su identidad y decide sobre qué información quiere compartir y con quién, pudiendo asociar infinidad de atributos que podrán consumir diferentes organizaciones públicas y privadas. Blockchain está diseñada para favorecer este tipo de entornos y hoy en día su utilización es imprescindible.

- Referencias para ampliar información:

<https://www.signeblock.com/herramientas-signeblock-para-la-digitalizacion-del-sector-legal/>

<https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/EBSI/Home>

5.8. Las ciudades inteligentes y la economía colaborativa

→ Introducción:

Uno de los componentes básicos de la modernización de las ciudades es la tecnología IoT (Internet of Things). Estos sistemas requieren de una base de datos para almacenar y analizar la información que producen. Sobre la base de estos datos, se toman otras acciones, que también deben registrarse y almacenarse en algún lugar.

→ Necesidades:

Las ciudades de hoy operan en un entorno donde los residentes tienen poca confianza en el gobierno, pero al mismo tiempo tienen cada vez las expectativas más altas. Blockchain puede ayudar a cumplir con estas expectativas, al tiempo que ofrece a las comunidades un mayor nivel de autonomía y control.

→ Solución blockchain:

Para que una Smart city sea digna de tal nombre, debe ser capaz de conectar millones de dispositivos entre sí. De ahí que el Internet de las Cosas (IoT) vaya a ser uno de sus pilares. Pero hace falta algo más que interconexión: es preciso que los dispositivos, tales como los contadores eléctricos, los vehículos autónomos o las estaciones de carga puedan verificarse dentro del sistema, que existan protocolos seguros y que sean compatibles en toda la red.

→ **Referencias para ampliar información:**

<https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/smart-city>

<https://directivosygerentes.es/innovacion/noticias-innovacion/recorrido-dubai-la-smart-city-la-felicidad>

5.9 Propiedad intelectual

→ **Introducción:**

La Ley de Propiedad Intelectual configura el Registro de la Propiedad Intelectual, cuya labor es meramente declarativa, pero nos permite obtener una prueba cualificada de la obra y de los derechos, autoría y titularidad, así como sus sucesivas modificaciones y licencias. Tradicionalmente también se viene utilizando para este fin el depósito notarial. Lo cual generaba la problemática de que muchos derechos no se encontraban bien gestionados, y las posteriores versiones de las obras debidamente identificadas, ante la dificultad de acudir al registro o de realizar depósitos notariales ante sucesivas adaptaciones o de grandes volúmenes de información.

→ **Necesidades:**

Generar un sistema seguro que permita recopilar las evidencias electrónicas con el peso legal y la trazabilidad necesaria para poder identificar y registrar la auditoría y la titularidad, así como sus versiones sin intermediarios y notarios.

→ **Solución blockchain:**

Herramienta que combina el blockchain con la firma digital avanzada y los sellos de tiempo que marca la normativa vigente de administración electrónica local. A través de esta tecnología, es posible combinar la seguridad.

→ **Referencias para ampliar información:**

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/10/22/legal/1603352123_578530.html

5.10 Autogestión

→ Introducción:

Actualmente, la mayoría de los modelos de gestión conllevan la necesidad de muchos actores y procesos con intervención humana, aunque la digitalización ha permitido reducir esta intervención mejorando la calidad de los procesos con la integración de la cadena de bloques se abre un nuevo escenario en el cual serán los propios procesos mediante un innovador modelo de gestión el que autogestione los propios procesos.

→ Necesidades:

Desvincular de un entorno cloud la gestión del mantenimiento de los espacios verdes haciendo que sean autogestionados.

→ Solución blockchain:

Utilidad software/hardware que permite prototipar el concepto DAO (Organización Autónoma Descentralizada) sobre una red inalámbrica de sensórica controlada por algoritmos y smart contracts (contratos inteligentes) para la gestión de ciertas tareas de mantenimiento en espacios verdes.

→ Referencias para ampliar información:

https://es.wikipedia.org/wiki/Organizaci%C3%B3n_aut%C3%B3noma_descentralizada

6. Casos de éxito en el sector construcción en experiencias previas

A continuación, se muestran algunos ejemplos "puntuales" de caso, en el sector de la construcción, donde se utiliza la tecnología Blockchain. Como conclusión de todo ello, se puede adelantar que dicha tecnología es muy interesante y prometedora para la nueva forma deslocalizadas y colaborativa de trabajar y realizar operaciones. Cualquier operación donde participen más de 2 personas y que pueda ser fragmentada por paso verificables e inmutables, la tecnología Blockchain puede ser una herramienta útil. Esta tecnología tiene un enorme potencial para agilizar y modernizar procesos complejos hasta ahora. Otra cosa es hacerla rentable a corto plazo, motivo principal de las dificultades que está teniendo la tecnología para implantarse.

La información se mostrará a nivel esquemático, pudiendo acudir a la información de los enlaces bibliográficos indicado para ampliarla.

6.1. Sostenibilidad y descarbonización del sector

→ Introducción

La sostenibilidad en los edificios ha sido ampliamente discutida en la literatura desde diferentes perspectivas. La industria de la construcción es responsable de impactos ambientales significativos dada su alta tasa de consumo de recursos naturales a nivel mundial.

→ Necesidades

Se deben crear herramientas objetivas para garantizar la sostenibilidad del sector, propiciando el reciclaje, reciclabilidad y descarbonización del sector en general y construcciones y materiales en particular.

Se debe garantizar que la evaluación de sostenibilidad de un edificio no sea manipulada por ninguna de las partes involucradas en un proyecto de construcción.

→ Solución Blockchain

La tecnología blockchain permite apoyar el monitoreo del entorno de construcción en el sitio.

Los datos de contaminantes pueden ser recopilados por los sensores de IoT y/o los datos de inspección. Todo ello se registra y se vincula con un contrato inteligentes para monitorear las emisiones contaminantes de la construcción y evaluar el impacto ambiental

En un caso real, se desarrolló un prototipo de blockchain basado en la arquitectura Hyperledger Fabric para probar la viabilidad del marco propuesto. Los resultados muestran que blockchain puede mitigar disputas y conflictos al proporcionar datos confiables de contaminantes de construcción y mejorar la eficiencia y confiabilidad del monitoreo ambiental mediante la implementación de contratos inteligentes.

→ Referencias para ampliar información

[Principales barreras para el intercambio de información en la logística inversa de residuos de construcción y demolición - ScienceDirect](#)

[Evaluación de la usabilidad de blockchain para la sostenibilidad: Extendiendo temas clave a la industria de la construcción - ScienceDirect](#)

[Economía circular en la industria de la construcción: una revisión de las herramientas de apoyo a la toma de decisiones basadas en las tecnologías de la información y la comunicación - ScienceDirect](#)

[Un marco basado en blockchain para el monitoreo ambiental de la construcción en el sitio: prueba de concepto - ScienceDirect](#)

[A-cost-benefit-analysis-of-retrofitting-public-policies-on-Atlanta-residential-housing.pdf \(researchgate.net\)](#)

6.2. Mantenimiento de edificios

→ Introducción

La tecnología blockchain tiene mucho que decir en el mantenimiento de los edificios y ciudades inteligentes durante su fase operativa y de mantenimiento, donde la seguridad y trazabilidad de la información, junto con el mantenimiento preventivo y la satisfacción de los ocupantes juegan un papel importante.

Un sistema automatizado habilitado para blockchain tiene la capacidad de ayudar a monitorear los procedimientos de mantenimiento de un edificio. Es decir, todas las gestiones y/u operaciones que se crean continuamente en un edificio inteligente se deben reflejar en un contrato inteligente. Esto permite a cualquier personal autorizado a identificar tareas defectuosas o no eficientes y quién las ejecuto o incluso quien instaló un componente específico.

→ Necesidades

Tener informados de forma transparente a todos los usuarios implicados del proceso de mantenimiento y/o reparación desde el principio hasta la finalización.

→ Solución Blockchain

Lo más atractivo de la tecnología de Blockchain es que proporciona transparencia en la gestión de los datos, trazabilidad de todas las transacciones y facilidad de colaboración entre todas las partes calificadas. Por lo tanto, dado que la gestión de instalaciones implica la emisión de contratos y acuerdos, se pueden implementar contratos inteligentes (Smart Contracts) en la red Blockchain que, además de automatizar el proceso, proporcionen nitidez y eficiencia en las transacciones.

Así, por ejemplo, empieza a ser habitual el uso de esta tecnología en la gestión de las garantías de sistemas y equipos. La monitorización del rendimiento de los equipos en una red Blockchain es el modo más sencillo de establecer una

relación de confianza entre el propietario y el proveedor de los equipos que, además, posibilita la reparación o reemplazo automático ágil de los activos, en el caso de fallo o no operar acorde al nivel de calidad pactado.

→ **Referencias para ampliar información**

[Gemelos de construcción digital y blockchain para contratos basados en el rendimiento \(inteligentes\) - ScienceDirect](#)

[Contrato inteligente integrado BIM para la administración de pagos de progreso de proyectos de construcción - ScienceDirect](#)

[Asociación en la contratación de rendimiento energético de edificios: Investigación e información de edificios: Vol 32, No 3 \(tandfonline.com\)](#)

6.3. Hogares inteligentes

→ **Introducción**

La seguridad y la privacidad de Internet de las cosas (IoT) siguen siendo un desafío importante, principalmente debido a la escala masiva y la naturaleza distribuida de las redes de IoT. Los enfoques basados en blockchain proporcionan seguridad y privacidad descentralizadas,

→ **Necesidades**

Controlar y optimizar, entre otras cosas, el consumo de energía y garantizando privacidad y seguridad en el hogar.

→ **Solución Blockchain**

La tecnología Blockchain, entre otras cosas, permite controlar y optimizar el consumo de energía y garantizando privacidad y seguridad en el hogar. En este sentido, las firmas digitales de los usuarios o dispositivos permiten identificar actividades sospechosas.

Además, el hogar inteligente puede aprender lo que es un comportamiento normal para que luego salte una alarma cuando se detecta un comportamiento no normal.

→ **Referencias para ampliar información**

[Blockchain en el entorno construido y la industria de la construcción: una revisión sistemática, modelos conceptuales y casos de uso prácticos - ScienceDirect](#)

[Distrito inteligente a través de IoT y Blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)

[Blockchain para la seguridad y privacidad de IoT: el estudio de caso de un hogar inteligente | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)

6.4. Gestión de la cadena de suministro

→ Introducción

La industria de la construcción puede suponer aproximadamente el 13% del producto interno bruto mundial por lo que tiene un impacto significativo en la economía mundial.

La industria de la construcción produce objetos complejos y más grandes. Tiene cadenas de suministro grandes y complejas, produciendo cada vez objetos más complejos y grandes. Todo ello se puede ver acentuado con en avance de la industrialización en este sector.

Todo ello, hace a la industria de la construcción especial, con un gran número de proveedores internos y externos, lo que dificulta implantar soluciones que en otras industrias están consolidadas.

A todo ello hay que sumar, las incertidumbres, cambios de opinión de última hora y la baja transparencia de muchas operaciones del sector, reducen nivel de confianza y seguridad de las transacciones y de los pagos. En este sentido, las aplicaciones de tecnología o nuevos desarrollos pueden mejorar el flujo de información, pero no pueden eliminar por completo la incertidumbre que se ocasionan por las singularidades comentadas.

→ Necesidades

La gestión del proceso debe basarse en el ciclo de vida del proyecto y tener en cuenta al personal involucrado. Por otro lado, la gestión de la cadena de suministro debe separarse de la gestión del sitio de construcción.

→ Solución Blockchain

La gestión de la cadena de suministro basada en blockchain puede suponer un cambio significativo y transparente en toda la cadena de suministros, garantizando la autenticidad y cumplimiento de calidad de los productos y de su garantía. Cada gestión o artículo de un proyecto de construcción podría rastrearse desde la etapa 0 de su fabricación hasta que se incorpora en un edificio. Toda la información quedaría almacenada en un registro inmutable durante todo el ciclo de vida del proyecto, incluido años después para cubrir los periodos de garantías o seguros de responsabilidad.

Además, una cadena de suministro basada en blockchain proporciona una mayor seguridad y eficiencia de pago, reduce el costo de las finanzas, mejora la confianza entre proveedores y clientes y genera transparencia, lo que puede simplificar las auditorías.

→ Referencias para ampliar información

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción? - ScienceDirect](#)

[Estudio sobre políticas de asignación de materiales de construcción: un método de optimización de simulación - ScienceDirect](#)

[BIM+Blockchain: A Solution to the Trust Problem in Collaboration? \(archive.org\)](#)

[La perspectiva de la tecnología blockchain para la gestión de la ingeniería de la construcción | Western Sydney University ResearchDirect](#)

[Stakeholders-Perspective-on-Blockchain-and-Smart-Contracts-Solutions-for-Construction-Supply-Chains.pdf \(researchgate.net\)](#)

[Medición del impacto de blockchain y los contratos inteligentes en la visibilidad de la cadena de suministro de la construcción - ScienceDirect](#)

6.5. Industrialización y automatización en la construcción

[6.5.1. Estandarización de procesos constructivos. Diseño del revestimiento de fachada](#)

→ Introducción

La construcción industrializada y/o prefabricada se enfrenta a desafíos continuos en la cadena de suministro como puede ser la fragmentación, los retrasos, la mala trazabilidad y la baja información en tiempo real.

La gestión de información basado en blockchain puede contribuir a una mejor cadena de suministros, lo que puede mejorar sus costes y su implantación.

La construcción no in situ en muchas de las ocasiones se ve muy limitada cuando no se garantiza una adecuada gestión de la cadena de suministro. A diferencia de la construcción in situ, en la cadena de suministro hay que controlar, además de la fabricación, el almacenamiento, el transporte y el ensamblaje en el sitio. Además, la falta de transparencia, la fragmentación y la discontinuidad entre las diferentes tareas son desafíos que se pueden abordar con la tecnología blockchain.

→ **Necesidades**

La industrialización de la construcción debe ser un eje prioritario en el sector de la construcción para evolucionar como sector, permitiendo mejorar, entre otras, la productividad; reducir las operaciones in situ sin valor añadido; reducir la contaminación ambiental; y ahorrar energía y recursos.

→ **Solución Blockchain**

La tecnología Blockchain permite mejorar la estandarización de los procesos constructivos, además de mejorar la entrega a tiempo de los componentes prefabricados y sobre todo rastrea posibles deficiencias y/o disputas.

El proceso de diseño de revestimiento de una vivienda, como muchos otros, se puede estandarizar, lo que sumado al uso de un sistema privado de blockchain permite obtener mejores rendimientos, calidades y transparencia.

A continuación, se muestra un resumen de algunos pasos en un ejemplo de estandarización con un sistema privado de blockchain del proceso de diseño del revestimiento externo de un apartamento a gran escala en Australia:

- *El arquitecto entrega la especificación del diseño del concepto a diferentes proveedores para seleccionar un producto adecuado para el proyecto.*
- *Se verifica el cumplimiento del producto con el Código de Construcción*
- *Verificar la adaptabilidad del sistema de revestimiento seleccionado con los requisitos de enmarcado.*
- *Compartir la especificación del material de revestimiento y los resultados de la prueba de revestimiento.*
- *Aprobación del cliente en relación con el color, el mantenimiento y el reemplazo, etc.*
- *Aprobación de Aparejador o equivalente.*
- *Aprobación de Urbanismo y requisitos del ayuntamiento y las características del vecindario.*
- *Finalmente, los diseños se finalizan con la verificación del cliente.*

→ Referencias para ampliar información

[Marco basado en blockchain para mejorar la trazabilidad de la cadena de suministro y el intercambio de información en la construcción de prefabricados - ScienceDirect](#)

[Blockchain público y privado en procesos de negocio de construcción e integración de información - ScienceDirect](#)

[Potenciales de la tecnología Blockchain para la gestión de la construcción - ScienceDirect](#)

[Microsoft Word - 163_A4_EC3 PAPER FINAL_camera-ready.docx \(ec-3.org\)](#)

[Chatbot para empresas de construcción que utilizan una red blockchain escalable - ScienceDirect](#)

[Construcción integrada modular inteligente ciberfísica habilitada para blockchain - ScienceDirect](#)

[Blockchain en la industria AECO: estado actual, temas clave y agenda de investigación futura - ScienceDirect](#)

[Modelo de supervisión adaptativa basada en blockchain de dos capas para la producción de viviendas modulares fuera del sitio - ScienceDirect](#)

[Automatización del proceso de construcción modular: una revisión de las tecnologías digitales y las direcciones futuras con la tecnología blockchain - ScienceDirect](#)

[6.5.2. Fabricación aditiva y su protección](#)

→ Introducción

La tecnología de impresión 3D se caracteriza por ser una de las innovaciones disruptivas de los últimos años, permitiendo que las cadenas de suministro convencionales, en algunos sectores, puedan ser reemplazadas por redes de fabricación aditiva, por ejemplo. Es decir, en vez de pedir piezas complejas al suministrador a miles de km, se fabrican en puntos más cercanos o incluso en la propia industria que lo demanda. Esto es un cambio de modelo significativo, con la entrega rápida de piezas de repuesto, creando un nuevo desafío en el tema de la propiedad intelectual. Por ello, se hace necesaria la protección de la información sensible y la diferenciación entre "pieza original", "copia" o "falsificación". Por ello, en la fabricación aditiva de elementos especiales, se hace necesario proteger los sistemas tanto físicos como ciberfísicos.

En general, las impresoras 3D han bajado mucho sus costes de adquisición, lo que sumado a la digitalización de los diseños facilita el plagio. Por ello, muchas empresas solo se plantean la fabricación descentralizada de objetos mediante

impresión 3D si existen los mecanismos de seguridad adecuados con los que se gestión las licencias digitales y pueda controlar quién está fabricando los objeto 3D .

Estos nuevos modelos de negocio de la Industria 4.0, también aplicada a otras industrias, precisan de una mayor protección no solo en lo físico, sino también en lo digital, por lo que se precisan de soluciones mixtas como pueden ser vincular una huella en el producto con tecnología Blockchain. Hay muchos métodos para dejar la huella en un producto, como pueden ser:

- *Etiquetado "visibles" solo por máquinas.*
- *Pigmentos de seguridad especiales,*
- *Huellas dactilares ópticas*
- *Perfiles espectrales*
- *Escanear áreas de superficie predefinidas*
- *Combinación de partículas marcadoras*
- *Firmas químicas*
- *La emisión de fluorescencia visible*

Además, con un código QR impreso con una mezcla personalizada, se pueden proporcionar además una referencia de búsqueda. Con la firma química con la que se imprime el código QR permite verificar la autenticidad de los productos de forma no destructiva. Estas firmas deben almacenarse como entradas de blockchain y referenciadas con el propio código QR.

La tecnología Blockchain permite llevar el registro licencias digitales (guardar, modificar, actualizar y administrar, etc).

→ **Necesidades**

Crear una cadena de confianza para garantizar el respeto por la propiedad industrial y patentes.

→ Solución Blockchain

Se puede crear un sistema antifalsificación en fabricación Aditiva, compuesto de una firma digital en el producto vinculada a una entrada del libro mayor de blockchain. Esto puede permitir que los costos de falsificación sean más elevados y que las cadenas de suministro legales y oficiales sean más confiables.

Por todo ello, con la tecnología blockchain se puede crear una cadena de confianza y demostrar que una persona que imprime un objeto lo hizo con una licencia. En este sentido, hay algunas experiencias como " Secure Additive Manufacturing Platform" (SAMPL), donde la impresora antes de comenzar a trabajar verificaría en una base de datos las licencias que precisa.

→ Referencias para ampliar información

Medidas mejoradas contra la falsificación para la fabricación aditiva: acoplamiento de firmas químicas de nanomateriales de lantánidos con tecnología blockchain - Journal of Materials Chemistry C (RSC Publishing)

Seguridad de la fabricación aditiva: taxonomía y encuesta de ataques - ScienceDirect

Protección de la propiedad intelectual de la cadena de suministro de impresión 3D con tecnología Blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore

Integración de blockchains y contratos inteligentes en los flujos de información de construcción: prueba de concepto - ScienceDirect

Estrategia de precios y rendimiento del sistema en un sistema de fabricación basado en la nube basado en la tecnología blockchain | SpringerLink

6.6. Gestión de la seguridad y salud

→ Introducción

La seguridad de los trabajadores y de los equipos de construcción es un componente crítico de las obras. Por otro lado, la autenticidad e integridad de la información relacionada con ello no se puede garantizar en los sistemas actuales. En este sentido, la tecnología de cadena de bloques puede proporcionar el almacenamiento de datos descentralizado, manteniendo los datos auténticos y protegiendo los datos de la manipulación.

→ Necesidades

Desarrolla un sistema que pueda mejorar la eficiencia de la supervisión de los equipos, los datos, la toma de decisiones y el seguimiento de accidentes en la gestión de la seguridad de las obras.

En paralelo, con la vinculación de un contrato inteligente, con tareas de seguridad en la obra, se pueden activar compensaciones o pagos previamente pactados por ello.

Con el desarrollo de la Tecnología, los responsables de la Seguridad y Salud, los gerentes o incluso las autoridades pueden rastrear de forma segura e inalterable las posibles responsabilidades de los operarios en el accidente.

→ Solución Blockchain

La combinación del gemelo digital, la geolocalización de maquinaria y personal, el uso los contratos inteligentes de blockchain permite controlar, supervisar las acciones que se realizan y vincular su efectividad a los pagos al cumplimiento de los parámetros acordados.

Además, es necesario desarrollar metodologías para mejorar la capacidad de los trabajadores para identificar los peligros junto con otras técnicas y monitorización. Se deben explorar sinergias entre las medidas de la seguridad y herramientas inteligentes. Por otro lado, se debe trabajar en la reducción de la variabilidad de las obras, dado que es un medio eficaz de control y mejora de la seguridad.

→ Referencias para ampliar información

[Inspección de seguridad in situ de grúas torre: un marco conceptual habilitado para blockchain - ScienceDirect](#)

[Blockchain y tecnologías de aprendizaje profundo para la gestión de la información de seguridad de equipos de construcción - ScienceDirect](#)

6.7. Contratos inteligentes vinculados a rendimiento, prestaciones etc.

→ Introducción

Una de las aplicaciones interesantes para los contratos inteligentes es su vinculación con el gemelo digital de edificios. El gemelo digital es cada vez más una realidad para diferentes usos, especialmente para todo lo relacionado con el mantenimiento, rendimiento, consumos, etc. La gran cantidad de información, su seguridad, trazabilidad y la posibilidad de hacer transacciones

hacen necesario utilizar además otras tecnologías como el blockchain y los contratos inteligentes.

→ **Necesidades**

Crear contratos inteligentes vinculados al rendimiento de una manera confiable y escalarlos, permitiendo crear nuevos modelos de negocio y vincularlos al rendimiento energético, al ciclo de vida o cualquier otro parámetro que se considere interesante para el edificio o para la sociedad, lo que abre la puerta a nuevos actores entorno a los servicios del entorno construido.

→ **Solución Blockchain**

La combinación del gemelo digital y el uso de los contratos inteligentes de blockchain permite vincular los pagos al cumplimiento de los parámetros acordados. Un ejemplo de ello es el edificio "Technology Center 2" ubicado en Seestadt, Viena.

El estado del edificio se monitorea y controla a través de su gemelo digital utilizando la plataforma gemela de construcción de Siemens. [35]

Otra aplicación concreta para el uso de blockchain y los contratos inteligentes es la Mejora de la experiencia del cliente y reducción de los costes operativos en las incidencias y reclamaciones del usuario.

Con esta tecnología se pueden mejorar y agilizar la tramitación de las reclamaciones, reduciendo los costos y errores. Estos contratos inteligentes pueden codificar los protocolos de devoluciones y transferencia del reembolso. Un contrato un poco más complejo, sería vincular los reintegros a otros parámetros que pueden ser monitorizados, como la meteorología, sismos etc. Con ello, un contrato inteligente podría activar un pago en caso de mal tiempo, tormentas, u otros fenómenos naturales.

→ **Referencias para ampliar información**

[Gemelos de construcción digital y blockchain para contratos basados en el rendimiento \(inteligentes\) - ScienceDirect](#)

[Contrato inteligente integrado BIM para la administración de pagos de progreso de proyectos de construcción - ScienceDirect](#)

[Blockchain en la industria AECO: estado actual, temas clave y agenda de investigación futura - ScienceDirect](#)

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción? - ScienceDirect](#)

[¿Necesitas una cadena de bloques en la construcción? Categorías de casos de uso y marco de decisión para las opciones de diseño de DLT - ScienceDirect](#)

[Construction-Payment-Automation-through-Smart-Contract-based-Blockchain-Framework.pdf \(researchgate.net\)](#)

[Asegurar los pagos intermedios en proyectos de construcción a través de un marco basado en blockchain - ScienceDirect](#)

6.8. Gestión de la propiedad

→ Introducción

La tecnología Blockchain, en el sector inmobiliario, puede representar un nicho de oportunidades en cuanto a la Gestión de la propiedad, generando un impacto económico global.

Blockchain se puede utilizar como un libro mayor distribuido inmutable donde las transacciones se registran en un bloque, lo que permite el seguimiento de activos, la certificación de transferencia de propiedad y mantiene registros históricos precisos e inmutables.

El uso de blockchain en el registro de propiedad se ha implementado con éxito en diferentes países donde la gestión de la tierra ha sido mal manejada ya sea por causas sociales o políticas, consiguiendo resultados positivos para la sociedad y el mismo gobierno a un coste reducido basado en un sistema fiable y descentralizado.

→ Necesidades:

El registro de la propiedad y todo lo relacionado con la compraventa de parcelas, viviendas, etc precisan de trazabilidad e inmutabilidad en todas las operaciones, y no en todos los países se pueden garantizar.

→ Solución Blockchain:

La tecnología Blockchain ya se utiliza en muchos países para gestionar y registrar las transacciones de la propiedad en el sector inmobiliario, permitiendo el seguimiento de activos, la certificación de transferencia de propiedad y manteniendo un registro del historial precisos e inmutables. Se puede utilizar como un libro mayor distribuido inmutable, En este sentido hay numerosas iniciativas a nivel mundial sobre el uso de Blockchain para el registro de parcelas o fincas. Algunos ejemplos pueden ser Bitland, Bitcoin, BitFury, el gobierno georgiano, Telangana y Andhra (dos estados de la India), etc.

→ **Referencias para ampliar información:**

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción?](#)
- ScienceDirect

[Blockchain en países en desarrollo | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)

[República de Georgia desarrollará el registro de tierras blockchain - CoinDesk](#)

6.9. Gestión de activos y de la construcción

→ **Introducción**

La gestión adecuada de los datos de activos de un organismo o empresa se puede convertir en una tarea compleja y ardua, dada la gran cantidad de documentación e información asociada y en muchos casos sin conexiones entre ellas.

Por otro lado, las autoridades de cualquier país son responsable de la gestión adecuada de sus edificios, instalaciones e infraestructura públicas.

→ **Necesidades**

Crear un registro centralizado con todos los datos de los usuarios que se precisen y durante todo el ciclo de vida de un activo, permitiendo gestionar su mantenimiento y cualquier otra actividad sistemática para su gestión de una forma óptima y sostenible.

Por otro lado, la digitalización de la construcción, el BIM y el trabajo colaborativo y deslocalizado precisan de herramientas de trabajo cada vez más complejas que aporten confianza, además de garantizar la inmutabilidad, la precisión, la seguridad y la transparencia. Además, los proyectos de construcción cada vez son más complejos y precisan de colaboración y supervisión por diferentes actores.

→ **Solución Blockchain**

La tecnología inmutable Blockchain permite tener un registro centralizado con todos los datos de los usuarios que se precisen y durante todo el ciclo de vida, permitiendo gestionar el mantenimiento de los activos y cualquier otra actividad sistemática para gestionar el activo de una forma óptima y sostenible.

→ Referencias para ampliar información

[Integración de blockchains y contratos inteligentes en los flujos de información de construcción: prueba de concepto - ScienceDirect](#)

[Sistema IoT basado en blockchain para control personalizado de la temperatura interior - ScienceDirect](#)

[Evaluación de la usabilidad de blockchain para la sostenibilidad: Extendiendo temas clave a la industria de la construcción - ScienceDirect](#)

6.10. Gestión de la energía

→ Introducción

La tecnología blockchain se puede aplicar de diferentes formas en el campo de las energías y sobre todo en la forma de su gestión, especialmente cuando intervienen muchas variables. Por ejemplo, la contabilidad distribuida se puede utilizar para intercambiar energía a nivel de red local, entre productores individuales y consumidores. Por otro lado, con el uso de paneles solares y otras fuentes de energía verde, blockchain permite a los productores y consumidores de energía agruparse e intercambiar energía en una cadena de bloques para dar transparencia, trazabilidad y otros beneficios.

La tecnología blockchain además de permitir monitorear las transacciones de energía entre los participantes, permite el comercio entre diferentes actores.

Por otro lado, blockchain se puede utilizar para crear una red inteligente, donde la generación de energía se considere inteligente y energéticamente eficiente tanto en la generación como en la distribución de electricidad.

→ Necesidades

Crear una red entre productores y consumidores de energía verde que permita agruparse e intercambiarla con transparencia y trazabilidad la información.

→ Solución Blockchain

La tecnología blockchain puede permitir a los productores y consumidores de energía verde agruparse e intercambiarla con transparencia y trazabilidad, además, esta tecnología, permite obtener otros beneficios como crear plataformas y redes inteligentes para la generación de energía inteligente y eficiente en la generación y distribución de electricidad. La tecnología blockchain permite monitorear las transacciones y comercio de energía entre los participantes.

En este sentido, una de las compañías líderes que llevan a cabo negocios de energía renovable en Tailandia, está llevando a cabo la primera prueba de comercio de energía renovable peer-to-peer del mundo en Bangkok.

→ Referencias para ampliar información

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción? - ScienceDirect](#)

[Blockchain para empresas: visión general, oportunidades y desafíos - HAL Open Archive \(archives-ouvertes.fr\)](#)

[Proyectos de Energía Powerledger](#)

[La plataforma P2P power ledger cruza el medidor con BCPG en el recinto T77, Bangkok | por Powerledger | | Powerledger Medio \(medium.com\)](#)

6.11. Gestión del carbono

→ Introducción

En la actualidad hay varias técnicas de estimación de carbono incorporado, cada una de ellas con sus características propias y su precisión. Por otro lado, la poca transparencia en la propia cadena de suministro hace complicado rastrear todos los materiales desde su origen hasta su colocación en obra, que luego serán los que determinen el impacto ambiental del producto o lo sostenibles que son.

→ Necesidades

Estimar el carbono incorporado en los edificios de forma transparente, verdad y descentralizada. Esto puede permitir unificar criterios y garantizar la veracidad de los datos medioambientales que se reflejan en muchos de los productos que se utilizan en la construcción, permitiendo, además, tener una mayor rigurosidad a la hora de recibir sellos o certificados medioambientales o “verdes” de productos o incluso de edificios terminados.

→ Solución Blockchain

La utilización de Blockchain para estimar el carbono incorporado en los edificios puede ser de gran importancia debido a sus características de transparencia, veracidad, descentralización. Esto puede permitir unificar criterios y garantizar la veracidad de los datos medioambientales que se reflejan en muchos de los

productos que se utilizan en la construcción, permitiendo, además, tener una mayor rigurosidad a la hora de recibir sellos o certificados medioambientales o "verdes" de productos o incluso de edificios terminados.

Por otro lado, esta tecnología puede permitir transacciones y/o compensaciones justas entre diferentes procesos y/o productos como pueden ser emisiones de CO₂, etc.

En la misma línea, la tecnología Blockchain, permite calcular y llevar registros más seguros de la huella hídrica de los productos, reduciendo incertidumbres e intermediarios permitiendo crear plataformas de gestión transparente y fiables. Todo puede conducir a utilizar contratos inteligentes donde se valore de forma real y eficiente el buen uso y gestión del agua en la industria de la construcción.

→ Referencias para ampliar información

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción?](#)
- ScienceDirect

[A-cost-benefit-analysis-of-retrofitting-public-policies-on-Atlanta-residential-housing.pdf \(researchgate.net\)](#)

[Embodied-Carbon-Mitigation-Strategies-in-the-Construction-Industry.pdf \(researchgate.net\)](#)

6. 12. Gestión de residuos

→ Introducción

Los residuos generados por la industria de la construcción tienen un impacto adverso y directo en el medio ambiente considerándose un problema mundial a la vez que particular de cada obra, por lo que precisa de herramientas complejas que a la vez simplifiquen la gestión y trazabilidad de los residuos.

En la mayoría de los casos, los residuos de construcción y demolición se convierten en un problema y coste para deshacerse de ellos para las empresas, y no se ven como una oportunidad de obtener un subproducto del proceso de construcción que puede mejorar el impacto medioambiente de la obra, además del económico si se consigue una valorización óptima que permita reciclar y comercializar dichos residuos o subproductos. La implementación de un sistema de gestión de residuos exitosa precisa herramientas complejas para la gestión adecuada de los residuos

→ **Necesidades**

Desarrollar e implementar sistemas de gestión de residuos exitosa para la gestión adecuada de los residuos

→ **Solución Blockchain**

La tecnología blockchain puede proporcionar soluciones para la gestión de residuos de construcción de forma transparente en toda su cadena. El seguimiento y trazabilidad desde el minuto 0 de los residuos, su valorización, transporte y uso pueden mejorar los cálculos e impactos medioambientales, garantizando y optimizando la sostenibilidad en los proyectos de construcción. En este sentido, la tecnología blockchain puede permitir llevar una contabilidad de forma transparente e inmutable de parámetros medioambientales vinculados con sellos de verdes y/o de calidad.

→ **Referencias para ampliar información**

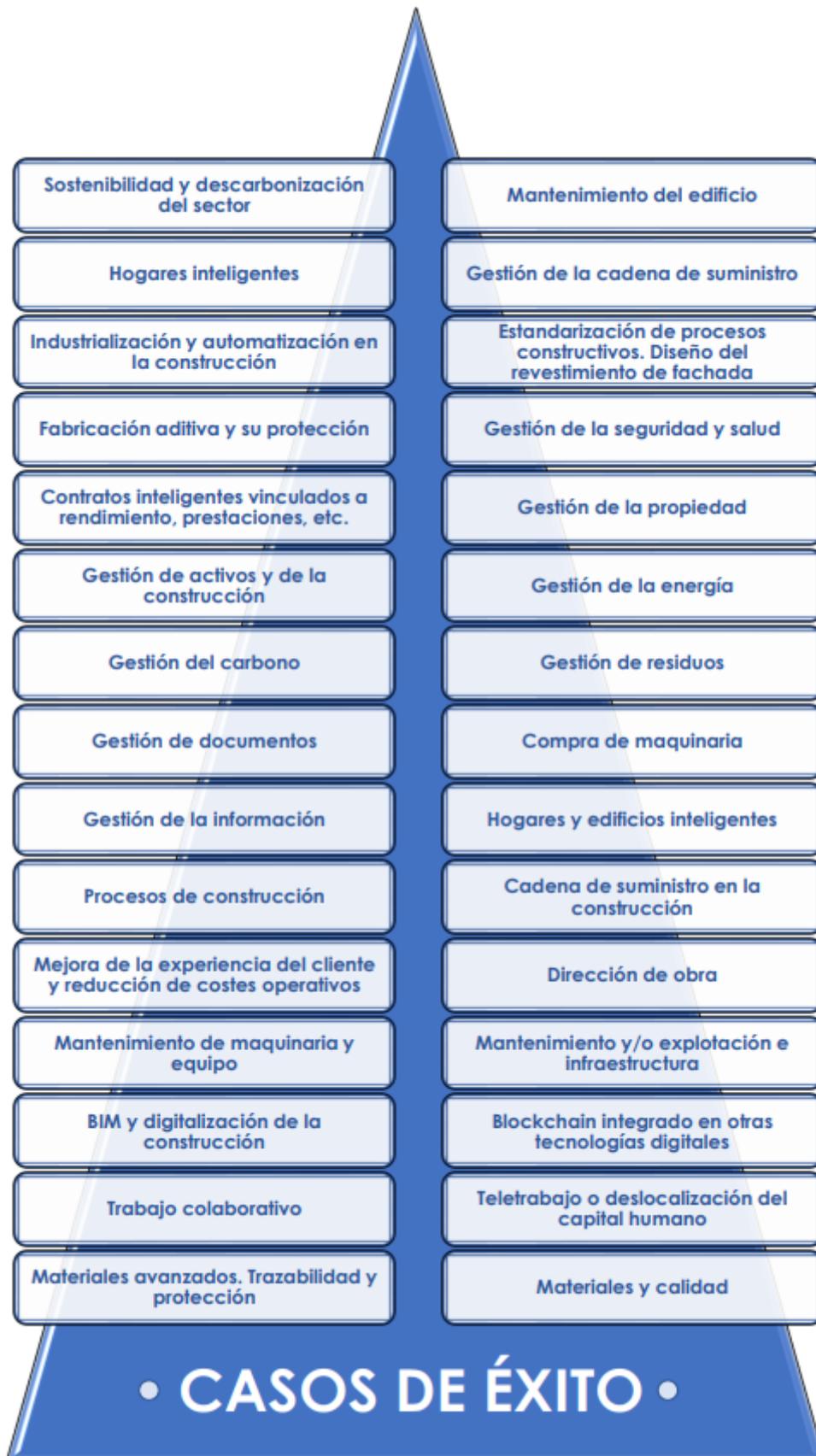
[Identificación de oportunidades potenciales de modelado de información de construcción para la gestión y minimización de residuos de construcción y demolición - ScienceDirect](#)

[Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción? - ScienceDirect](#)

[Evaluación del ciclo de vida de los residuos de demolición de edificios basada en modelos de información de edificios - ScienceDirect](#)

[Una revisión bibliométrica de estudios sobre la gestión de residuos de construcción y demolición mediante el uso de CiteSpace - ScienceDirect](#)

En la siguiente figura, se presenta un listado de casos de éxito de la tecnología en el sector de la construcción:



Como conclusión a este apartado, y tal y como se puede observar en todo su desarrollo, la tecnología Blockchain es muy versátil y útil en cualquier proceso o actividad donde existan varios actores o acciones a realizar y se desee dejar un rastro o trazabilidad inmutable de lo que se realiza, posibilitando verificar como se cumplen los parámetros pactados en un contrato inteligente previamente, por ejemplo. En la era de la digitalización de la construcción, que todo debe quedar guardado en un servidor de forma segura e inmutable, la tecnología Blockchain es muy apropiada.

7. Propuestas de proyectos de I+D

En base a todo lo indicado en apartados anteriores, a continuación, se muestran muestra esquemático posibles líneas de trabajo y posibles pilotos de aplicación de Blockchain en el marco de procesos vinculados al sector de la construcción y que todas ellos permiten y contribuyen a la evolución del sector de la construcción, sin olvidar que muchas de ellas permitirán digitalizar mucho más el sector de la construcción y abrir nuevos nichos de mercado para empresas que se especialicen en ello.

7.1. Sostenibilidad y descarbonización del sector

→ Resumen y necesidades de la propuesta de proyecto I+D+i a desarrollar

Reducir o eliminar la subjetividad de los cálculos y como se aplican las metodologías o herramientas actuales para garantizar índices de sostenibilidad y/o huella de carbono más acordes con la realidad del sector en general y de cada obra en particular. Además, se debe garantizar que la evaluación de sostenibilidad de un edificio no sea manipulada o inflada por interés comerciales o cualquier otro por ninguna de las partes involucradas en un proyecto de construcción.

La tecnología blockchain permitirá apoyar el monitoreo del entorno de construcción en el sitio, recopilando información de sensores de IoT, kilómetros de desplazamiento de las materias primas y otros datos de inspección. Todo ello se registra y se vincula con un contrato inteligentes para monitorear la carga de vehículos, recepción en obra, etc, permitiendo un control más objetivo de las emisiones contaminantes de la construcción y evaluar el impacto ambiental

→ **Posibles actores o roles en el consorcio:**

1. Constructora edificación y/o obra civil

2. Generador de residuos
3. Gestor de residuos
4. Valorizador de residuos
5. Fabricante de nuevos materiales con residuos
6. Grupo de investigación

7.2. Mantenimiento del edificio

- Resumen y necesidades de la propuesta de proyecto I+D+i a desarrollar

Se pretende desarrollar un sistema automatizado habilitado para blockchain con capacidad de ayudar a monitorear los procedimientos de mantenimiento de un edificio. Es decir, todas las gestiones y/u operaciones que se crean continuamente en un edificio inteligente se reflejarán en un contrato inteligente, permitiendo a cualquier personal autorizado identificar tareas defectuosas o no eficientes e indicándose quién las ejecuto o incluso quien instaló un componente específico.

La tecnología blockchain mejorará el proceso de mantenimiento de los edificios y ciudades inteligentes durante su fase operativa y de mantenimiento, donde la seguridad y trazabilidad de la información, junto con el mantenimiento preventivo y la satisfacción de los ocupantes juegan un papel importante.

Es decir, todos los usuarios implicados del proceso de mantenimiento y/o reparación desde el principio hasta la finalización de una obra o de su vida útil estarán informados de forma transparente y podrá estar vinculado con un contrato inteligente que automatizará los pagos cuando se cumplan las tareas propuestas y verificadas.

- Posibles actores o roles en el consorcio:
 - Constructora edificación y/o obra civil
 - Gestores de viviendas/ comunidades de vecinos
 - Empresas de mantenimiento y/o reparación
 - Grupo de investigación

7.3. Gestión de la cadena de suministro

- Resumen y necesidades de la propuesta de proyecto I+D+i a desarrollar

Se pretende desarrollar un sistema automatizado que permita la gestión del proceso de construcción desde una visión global del proyecto y tener en cuenta al personal involucrado.

La gestión de la cadena de suministro basada en blockchain supondrá un cambio significativo y transparente, garantizando la autenticidad y cumplimiento de calidad de los productos y de su garantía. Cada gestión o artículo de un proyecto de construcción podrá rastrearse desde la etapa 0 de su fabricación hasta que se incorpora en un edificio. Esto puede estar, o no, vinculado con los cálculos de la Huella de Carbono. Toda la información quedaría almacenada en un registro inmutable durante todo el ciclo de vida del proyecto, incluido años después para cubrir los periodos de garantías o seguros de responsabilidad.

Este sistema automatizado basado en blockchain proporciona una mayor seguridad y eficiencia de pago, reduciendo el costo de las finanzas, mejora la confianza entre proveedores y clientes y genera transparencia, lo que puede simplificar las auditorías.

- Posibles actores o roles en el consorcio:

1. Constructora edificación y/o obra civil
2. Gestores de viviendas/ comunidades de vecinos
3. Empresas de mantenimiento y/o reparación
4. Fabricantes de materiales
5. Instaladores de infraestructuras, suministros, etc
6. Grupo de investigación

7.4. Industrialización y automatización en la construcción

- Resumen y necesidades de la propuesta de proyecto I+D+i a desarrollar

Se pretende desarrollar un sistema automatizado para la estandarización de procesos constructivos, prefabricación y/o industrialización. Todo ello vinculado con Smart-Contract que permita realizar los pagos de forma automática cuando se cumplan lo establecido en dicho contrato.

Con ello, se pretende reducir los desafíos continuos en la cadena de suministro que se enfrentan la construcción en general y la industrializada y/o prefabricada en particular, enfrentándose a la fragmentación, retrasos, la mala trazabilidad y la baja información en tiempo real, que a diferencias de la construcción in situ, en la cadena de suministro hay que controlar, además de la fabricación, el almacenamiento, el transporte y el ensamblaje en el sitio. Además, la falta de transparencia, la fragmentación y la discontinuidad entre las diferentes tareas son desafíos que se pueden abordar con la tecnología blockchain.

- Posibles actores o roles en el consorcio:

1. Constructora edificación y/o obra civil
2. Empresas de prefabricados y/o industrialización
3. Fabricantes de materiales
4. Instaladores
5. Grupo de investigación

8. Bibliografía asociada

Ver las nuevas referencias del apartado 6 24-6

- ... [\(Entornos | | gratuita de texto completo Blockchain: el siguiente paso evolutivo para la e-agricultura de las TIC \(mdpi.com\)\)](#)
- ... [\[1803.07877\] Un estudio de caso para el seguimiento de la garantía de calidad de granos basado en una red comercial de blockchain \(arxiv.org\)](#)
- ... [\[2104.00547\] Blockchain y BIM \(Building Information Modeling\): Progreso en la academia y la industria \(arxiv.org\)](#)
- ... [| de control de acceso basado en blockchain SpringerLink](#)
- ... [| de sostenibilidad | gratuita de texto completo Blockchain mejoró el marco de comercio de emisiones en la industria de fabricación de prendas de vestir de moda \(mdpi.com\)](#)
- ... [| de sostenibilidad | gratuita de texto completo Blockchain y Building Information Management \(BIM\) para el desarrollo sostenible de edificios en el contexto de las ciudades inteligentes \(mdpi.com\)](#)
- ... [| de sostenibilidad | gratuita de texto completo Prácticas, potenciales y perspectivas de Blockchain en la ecologización de las cadenas de suministro \(mdpi.com\)](#)
- ... [| futuras de Internet | gratuita de texto completo Blockchain y contratos inteligentes para seguros: ¿es la tecnología lo suficientemente madura? \(mdpi.com\)](#)
- ... [¿Necesitas una cadena de bloques en la construcción? Categorías de casos de uso y marco de decisión para las opciones de diseño de DLT - ScienceDirect](#)
- ... [¿Tiene confianza en cómo se ha mantenido su material rodante? Una plataforma de intercambio de conocimientos liderada por blockchain para generar confianza entre las partes interesadas - ScienceDirect](#)
- ... [1 Roles de Blockchain en el cumplimiento de los objetivos clave de gestión de la cadena de suministro - ScienceDirect](#)
- ... [Agricultura en la cadena de bloques: soluciones sostenibles para alimentos, agricultores y financiamiento por Henry M. Kim, Marek Laskowski :: SSRN](#)
- ... [Aplicación de la tecnología blockchain para promover el desarrollo de la energía fotovoltaica distribuida en China - Hou - 2018 - International Journal of Energy Research - Wiley Online Library](#)
- ... [Aplicación de tecnologías integradas de modelado de información de construcción, IoT y Blockchain en el diseño de sistemas de un edificio inteligente - ScienceDirect](#)

- ... [Asegurar las ciudades inteligentes utilizando la tecnología Blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Barreras de adopción de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro agrícola india: un enfoque integrado - ScienceDirect](#)
- ... [BIM+Blockchain: A Solution to the Trust Problem in Collaboration? \(archive.org\)](#)
- ... [Blockchain en el entorno construido y la industria de la construcción: una revisión sistemática, modelos conceptuales y casos de uso prácticos - ScienceDirect](#)
- ... [Blockchain para gemelos digitales: avances recientes y desafíos de investigación futuros | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)
- ... [Blockchain para la resiliencia de la red inteligente: intercambio de energía distribuida a velocidad, escala y seguridad | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Blockchain público y privado en procesos de negocio de construcción e integración de información - ScienceDirect](#)
- ... [Blockchain y el entorno construido: potenciales y limitaciones - ScienceDirect](#)
- ... [Blockchain y sistemas de valor en la economía colaborativa: el caso ilustrativo de Backfeed - ScienceDirect](#)
- ... [Blockchain-The-Next-Stage-of-Digital-Procurement-in-Construction.pdf \(researchgate.net\)](#)
- ... [Caterpillar: A Blockchain-Based Business Process Management System bpm2017caterpillar-demo.pdf \(ut.ee\)](#)
- ... [Cómo la identidad digital en blockchain puede contribuir en un entorno de ciudad inteligente | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Cómo la identidad digital en blockchain puede contribuir en un entorno de ciudad inteligente | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Construcción integrada modular inteligente ciberfísica habilitada para blockchain - ScienceDirect](#)
- ... [Edificios | | gratuita de texto completo Blockchain y Building Information Modeling \(BIM\): Revisión y aplicaciones en la recuperación posterior a un desastre \(mdpi.com\)](#)
- ... [El arte digital como "gráficos monetizados": hacer cumplir la propiedad intelectual en la cadena de bloques | SpringerLink](#)
- ... [El papel de las tecnologías Blockchain en la gestión de proyectos de ingeniería de construcción | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)

- ... [Entorno de datos común distribuido utilizando blockchain y Interplanetary File System para un diseño colaborativo seguro basado en BIM - ScienceDirect](#)
- ... [Entorno de datos común distribuido utilizando blockchain y Interplanetary File System para un diseño colaborativo seguro basado en BIM - ScienceDirect](#)
- ... [Explorando los potenciales de la aplicación de blockchain en la industria de la construcción: una revisión sistemática: International Journal of Construction Management: Vol 0, No 0 \(tandfonline.com\)](#)
- ... [Gemelos de construcción digital y blockchain para contratos basados en el rendimiento \(inteligentes\) - ScienceDirect](#)
- ... [Gemelos digitales basados en blockchain: tendencias de investigación, problemas y desafíos futuros | Encuestas informáticas de ACM](#)
- ... [Habilitación del comercio de electricidad localizado peer-to-peer entre vehículos eléctricos híbridos enchufables utilizando cadenas de bloques de consorcio | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)
- ... [Hacia sistemas de transporte inteligentes basados en blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Incorporación del sistema basado en la reputación del vendedor / comprador en la aplicación de comercio de emisiones habilitada para blockchain - ScienceDirect](#)
- ... [Información sobre la implementación de Blockchain en la construcción: modelos para la gestión de la cadena de suministro | Revista de Gestión en Ingeniería | Vol 37, No 4 \(ascelibrary.org\)](#)
- ... [Integración de blockchains y contratos inteligentes en los flujos de información de construcción: prueba de concepto - ScienceDirect](#)
- ... [Internet de las cosas inteligentes - loST: Uso de Blockchain y CLIPS para hacer que las cosas sean autónomas | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Investigación sobre la ruta de desarrollo de Blockchain en la industria naviera | Actas de la Conferencia Asia-Pacífico sobre Medicina Inteligente 2018 y conferencia internacional sobre Ingeniería de Transporte y Tráfico 2018 \(acm.org\)](#)
- ... [Lee: Sistema de gestión de análisis de uñas utilizando... - Google Académico](#)
- ... [Los potenciales e impactos de la tecnología Blockchain en la industria de la construcción: una revisión de la literatura - IOPscience](#)
- ... [Marco basado en blockchain para mejorar la trazabilidad de la cadena de suministro y el intercambio de información en la construcción de prefabricados - ScienceDirect](#)

- ... [Mecanismo de acoplamiento del ecosistema de innovación de la industria de la construcción ecológica basado en la ciudad inteligente blockchain - ScienceDirect](#)
- ... [Medidas mejoradas contra la falsificación para la fabricación aditiva: acoplamiento de firmas químicas de nanomateriales de lantánidos con tecnología blockchain - Journal of Materials Chemistry C \(RSC Publishing\)](#)
- ... [Microsoft Word - belle-2017 The AEC industry and blockchain technology \(researchgate.net\)](#)
- ... [Modelo basado en la percepción para analizar el impacto de la adopción de blockchain empresarial en SCM en la industria de servicios de la India - ScienceDirect](#)
- ... [Modelo de supervisión adaptativa basada en blockchain de dos capas para la producción de viviendas modulares fuera del sitio - ScienceDirect](#)
- ... [Motivar el ciclismo urbano a través de un sistema de incentivos financieros basado en blockchain | Actas de la Conferencia Conjunta Internacional ACM 2017 sobre Computación Generalizada y Ubicua y Actas del Simposio Internacional ACM 2017 sobre Computadoras Portátiles](#)
- ... [Potenciales de la tecnología Blockchain para la gestión de la construcción - ScienceDirect](#)
- ... [Preparación de cadenas de suministro de construcción para la tecnología blockchain: una investigación de su potencial y direcciones futuras | SpringerLink](#)
- ... [Proceso de construcción de carreteras mejorado con aprendizaje automático y tecnología Blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Protección de la propiedad intelectual de la cadena de suministro de impresión 3D con tecnología Blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Registros de intercambio de información asistidos por blockchain para el control de responsabilidad de diseño y la seguridad mejorada - ScienceDirect](#)
- ... [Residencia electrónica y blockchain - ScienceDirect](#)
- ... [Revisión sistemática de la literatura, investigación sobre la tecnología Blockchain como soporte al modelo de confianza propuesto aplicado a lugares inteligentes | SpringerLink](#)
- ... [Seguridad de la fabricación aditiva: taxonomía y encuesta de ataques - ScienceDirect](#)
- ... [Sensores | | gratuita de texto completo Gestión descentralizada basada en blockchain de programas de respuesta a la demanda en redes de energía inteligentes \(mdpi.com\)](#)

- ... [Sikorski: Tecnología Blockchain en la industria química:... - Google Académico](#)
- ... [Sistema de gestión de análisis de uñas utilizando sensor de microscopía y tecnología blockchain - Shih Hsiung Lee, Chu Sing Yang, 2018 \(sagepub.com\)](#)
- ... [Tecnología Blockchain en la industria química: mercado eléctrico de máquina a máquina - ScienceDirect](#)
- ... [Tecnología Blockchain para la gestión de investigaciones en ciencias de la alimentación - ScienceDirect](#)
- ... [Tecnología Blockchain y capacidades operativas empresariales: una prueba empírica - ScienceDirect](#)
- ... [Tecnología Blockchain: ¿Es exagerada o real en la industria de la construcción? - ScienceDirect](#)
- ... [Transformación digital utilizando la tecnología blockchain en la industria de la construcción: Journal of Information Technology Case and Application Research: Vol 22, No 4 \(tandfonline.com\)](#)
- ... [Un caso de uso de blockchain en la distribución de alimentos: ¿Sabes dónde ha estado tu comida? - ScienceDirect](#)
- ... [Un caso de uso de blockchain en la distribución de alimentos: ¿Sabes dónde ha estado tu comida? - ScienceDirect](#)
- ... [Un enfoque basado en blockchain para la definición de sistemas de control de acceso auditables - ScienceDirect](#)
- ... [Un enfoque de transacción diferencial semántica para minimizar la redundancia de la información para la integración BIM y blockchain - ScienceDirect](#)
- ... [Un estudio sobre la aplicación de la tecnología Blockchain en la industria de la construcción | SpringerLink](#)
- ... [Un marco para la agricultura segura inteligente de invernadero basada en blockchain | SpringerLink](#)
- ... [Un nuevo modelo de red multicapa segura basado en blockchain para Internet de las cosas | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Un sistema de contratos inteligentes para la seguridad del pago de los contratos de construcción - ScienceDirect](#)
- ... [Un sistema de contratos inteligentes para la seguridad del pago de los contratos de construcción - ScienceDirect](#)
- ... [Un sistema inteligente basado en blockchain para el suministro y la supervisión seguros de vacunas - ScienceDirect](#)
- ... [Un tutorial e investigación futura para construir un esquema de comunicación segura basado en blockchain para Internet de las cosas inteligentes | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore](#)

- ... [Una integración integral de la identidad nacional con la tecnología blockchain | | de publicación de la conferencia IEEE IEEE Xplore](#)
- ... [Una red inteligente basada en blockchain: hacia mercados de energía locales sostenibles | SpringerLink](#)
- ... [Una revisión sistemática de la literatura de aplicaciones basadas en blockchain: estado actual, clasificación y temas abiertos - ScienceDirect](#)