

# Modelado de contratos inteligentes dirigido por casos de uso

*Oscar Carlos Medina, Rubén Aníbal Romero, María Soledad Romero, Marcelo Martín Marciszack, Axel Wismer, Diego Morardo, Mateo Bossio*  
*Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Cruz Roja Argentina y*  
*Maestro López s/n, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina*  
*{omedina, rromero, msromero, marciszack}@frc.utn.edu.ar {axelwismer, diegomorardo, mateofbossio}@gmail.com*

## Resumen

*Un patrón de negocio permite modelar procesos de negocios que dan soporte a un software, por ejemplo, a un Contrato Inteligente que se ejecuta en una red Blockchain. Este artículo presenta un modelo de análisis que posibilite la incorporación de patrones de negocio asociados a casos de uso de Blockchain para iniciar el Modelado Conceptual de Contratos Inteligentes. Este modelado dirigido por casos de uso permite emplear de forma sistematizada los patrones de negocio para reutilizar el conocimiento y la experiencia de soluciones anteriores basadas en contratos inteligentes. La propuesta facilita la reusabilidad de modelos de negocio de aplicaciones Blockchain que tratan el mismo dominio de problema en la actividad de especificación de requerimientos.*

## Introducción

El presente trabajo desarrolla un modelo de análisis que posibilita la incorporación de patrones de negocio asociados a casos de uso de Blockchain para guiar el modelado conceptual de contratos inteligentes. Este proceso sistematizado y ágil permite mediante los patrones de negocio reutilizar el conocimiento y la experiencia de soluciones anteriores descritas con patrones de negocio para los mismos casos de uso.

Los casos de uso de contratos inteligentes son escenarios hipotéticos que describen cómo la tecnología Blockchain puede ser utilizada para resolver un problema o satisfacer una necesidad específica de los usuarios. El modelado dirigido por casos de uso facilita la reusabilidad de modelos de negocio de contratos inteligentes que tratan el mismo dominio de problema en la actividad de especificación de requerimientos.

El resto del artículo está estructurado de la siguiente manera. En las primeras secciones se caracterizan los conceptos principales Contratos inteligentes, casos de uso y patrones de negocio aplicados al modelado de software. Luego se describe el modelo de análisis propuesto en esta

investigación y los resultados obtenidos hasta el momento. Para finalizar, en la última sección se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

## Contratos inteligentes y casos de uso

Contrato inteligente es un conjunto de algoritmos u operaciones informáticas que tienen como principal atractivo la eliminación de intermediarios para simplificar procesos, pero también para verificar su verdadero cumplimiento en una red Blockchain [1]. Al estar montado sobre Blockchain, se convierte en un acuerdo transparente, auditable e inalterable, que además conlleva un ahorro de tiempo y dinero.

Blockchain es una tecnología de bases de datos descentralizada en la cual los registros allí almacenados no están sujetos a una autoridad central que pueda decidir sobre la eliminación o modificación de ningún registro. Blockchain nace como una tecnología de libros de registro digitalizado y descentralizado, introducida por Satoshi Nakamoto en un documento publicado en 2008 llamado "Bitcoin: un sistema de efectivo electrónico de igual a igual" [2].

En 2014 Vitalik Buterin publicó una nueva plataforma denominada Ethereum [3] que permitió crear contratos inteligentes sobre una red Blockchain, ya sea pública o privada. Los contratos inteligentes pueden ser utilizados en una amplia variedad de casos de uso en diferentes sectores, como finanzas, seguros, bienes raíces, energía, entre otros, para automatizar procesos y reducir costos.

Algunos de los casos de uso más comunes de los contratos inteligentes incluyen:

- **Transferencia de activos:** Los contratos inteligentes pueden utilizarse para la transferencia de activos digitales, como criptomonedas, "tokens", archivos digitales y otros bienes digitales. Esto se hace al establecer las condiciones necesarias para la transferencia de los activos, como la identidad de las partes, la cantidad de activos que se transfieren y el momento en que se realizará la transacción.

- **Gestión de identidades:** Los contratos inteligentes pueden ser utilizados para la gestión de identidades y la autenticación de usuarios, lo que puede ayudar a mejorar la seguridad y la privacidad de los usuarios. Por ejemplo, pueden utilizarse para verificar la identidad de un usuario y autorizar el acceso a una aplicación o servicio.
- **Votación y gobernanza:** Los contratos inteligentes también pueden ser utilizados para la votación y la gobernanza en organizaciones descentralizadas y comunidades autónomas. Esto permite a los miembros votar sobre decisiones importantes y asegurarse de que las decisiones sean tomadas de manera justa y transparente.
- **Seguros:** Los contratos inteligentes pueden ser utilizados para automatizar el proceso de reclamación y liquidación en el mercado de seguros. Por ejemplo, pueden utilizarse para detectar automáticamente cuando se cumple una condición específica (como una catástrofe natural) y para pagar automáticamente a los afectados.

Por ende, podemos decir que un caso de uso de contratos inteligentes es un campo de aplicación, o dominio de problema, de las tecnologías Blockchain donde los contratos inteligentes brindan una solución de negocio.

## **Incorporación de patrones de negocio al modelado de software**

Existe un modelo en la Ingeniería de Software que posibilita la descripción genérica de un proceso de manera simple, precisa y estandarizada que permite aprovechar el conocimiento acumulado previamente y se llama patrón.

Eriksson y Penker [4] distinguen tres tipos de patrones en relación a los problemas que abordan:

- **Patrones de Negocio:** abordan problemas del dominio organizacional, cómo definir y relacionar procesos y reglas de negocios, visiones y objetivos corporativos
- **Patrones de Arquitectura:** se ocupan de problemas del diseño arquitectónico de los sistemas de información.
- **Patrones de Diseño:** se utilizan para situaciones en las que el análisis ya está descrito, y se enfocan en producir soluciones técnicas flexibles y adaptables.

Los Patrones de Negocio poseen el mayor nivel de abstracción permitiendo trabajar con procesos de negocio y se clasifican en tres categorías:

- Patrones de Metas u Objetivos.
- Patrones de Procesos.
- Patrones de Recursos y Reglas.

Por otro lado, el Modelado Conceptual de un sistema tiene como objetivo identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema, identificando los atributos y las asociaciones existentes entre ellos. Se plantea incorporar en la actividad de Modelado Conceptual, esquemas predeterminados de análisis y diseño, para optimizar la definición inicial de un nuevo sistema, formalizando dicha definición, facilitando la validación de los requerimientos funcionales y reutilizando el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores “encapsulado” en soluciones de análisis y diseño concretas denominadas patrones.

Los Patrones de Negocio de la presente investigación se aplican al Modelo Conceptual simultáneamente con otros patrones que cubren distintas facetas del modelado como por ejemplo los Patrones de Análisis, Patrones de Diseño y Patrones de Escenario. Existen publicaciones anteriores de los investigadores del presente proyecto que desarrollan un modelo de análisis para la definición de patrones en el Modelo Conceptual de sistemas de información [5-9].

En esta investigación se plantea como objeto de estudio el caso particular de los sistemas de información de Contratos Inteligentes. Realizando un mapeo de la bibliografía científica publicada a la fecha, se encuentran trabajos que proponen la aplicación de Patrones de Diseño al modelado de sistemas de Contratos Inteligentes. La razón por la cual se propone usar Patrones de Negocio en vez de Patrones de Diseño, se debe a que los Patrones de Diseño nacieron en el paradigma de la programación orientada a objetos, y se utilizan en la etapa de construcción del sistema. A diferencia de los Patrones de Negocio, que se formularon a posteriori basándose en los Patrones de Diseño, pero se orientan al modelado de procesos de negocio. La lógica de todo Contrato Inteligente es un proceso de negocio, para lo cual su representación es más específica con Patrones de Negocio. Por lo que se prevé que será más eficiente la reusabilidad de Patrones de Negocio en Contratos Inteligentes porque se pueden aplicar en el Modelo Conceptual, optimizando esta dimensión de calidad de software en una fase más temprana que la de desarrollo.

## **Modelo de análisis de contratos inteligentes dirigido por casos de uso**

Realizando un mapeo preliminar de la bibliografía científica publicada, se encontraron trabajos que proponen la aplicación de Patrones de Diseño al modelado de sistemas de Contratos Inteligentes.

Un ejemplo es el de Bartoletti y Pompianu [10] donde, tras analizar y definir una taxonomía de Contratos Inteligentes en base a un estudio de 811 proyectos, proponen patrones de diseño para Contratos Inteligentes, a los cuales luego correlaciona con el dominio de aplicación, dando soporte de esta forma a la elección del diseño más apropiado.



1. Definir el proceso. Se consigna el nombre y la descripción general del proceso de negocio en forma narrativa que da soporte al contrato inteligente. También se incorporan representaciones gráficas y diagramas de flujo que faciliten la comprensión del proceso. Se pueden emplear herramientas de elicitación de requerimientos y construcción del Modelo Conceptual de sistemas de información [6]. Y se selecciona de la taxonomía **(1) Prestación de servicios**.

2. Definir el caso de uso Blockchain al que aplica el proceso. Se selecciona de la taxonomía **(2) Incentivo**. Luego se define más específicamente el caso de uso Blockchain, se sugiere tomar como referencia la clasificación del catálogo “Use Cases - Global Blockchain Business Council” [14] y emplear en lo referente a términos de la tecnología Blockchain la ontología Ethon más la extensión para aplicaciones descentralizadas detalla por Besancon et al. [15]. Es relevante tener en cuenta recomendaciones de redacción propuestas por Treiblmaier [16]. Desde la práctica académica, se comprobó que al dividir el proceso en tantos subprocesos como sean necesarios para identificar un solo caso de uso por cada uno de ellos, es un nivel de granularidad que facilita y simplifica su modelado, por lo que se sugiere este desglose en el análisis. Además, en esta instancia se propone un método de selección de patrones de negocio asistido de modo informático, que permita la reutilización de modelos de contratos inteligentes encapsulados en patrones de acuerdo al caso de uso que se aplique [8]. Para ello se construyó un prototipo denominado “PatCat” (Pattern Catalogue). A modo de ejemplo, se presenta en la **Figura 1** una pantalla de ejemplo de “PatCat”:



Figura 1. Pantalla de “PatCat”.

“PatCat” funge como catálogo estandarizado de patrones, y como herramienta en la actividad de selección de patrones de negocio incorporados en el modelado de contratos inteligentes. A partir de esta actividad, si se encuentra exitosamente un patrón de negocios satisfactorio, se cuenta con un modelo conceptual de línea base para continuar trabajando con el modelado del contrato inteligente.

3. Definir los cambios de estado del proceso. Se identifican, nominan y grafican los principales estados del proceso y sus respectivos cambios. Para ello se puede utilizar herramientas de representación gráfica de procesos. Se recomiendan el Diagrama de Transición de Estados (DTE), o el patrón de eventos, o ambas.

4. Definir creación de valor y flujo de ingresos. Se seleccionan de la taxonomía las siguientes opciones relacionadas con el valor e ingresos que genera Blockchain al incorporarse al proceso: **(8) Socio clave, (11) Afiliación de DAO, (18) Cargos al cliente, (19) Aceptación de monedas, (20) Sistema de token**. Esta actividad es de importancia crítica porque de acuerdo al modelo de negocios y su implementación en Blockchain surgen los probables flujos de ingresos y costos asociados. Es el momento de analizar si es conveniente utilizar Blockchain como lo sugieren Bradley et al. [13].

5. Seleccionar red Blockchain. Se define el tipo de red Blockchain en cuanto a su anonimato, suministro y posición en la cadena de valor. Se seleccionan dichas opciones de la taxonomía: **(12) Posición en la cadena de valor, (13) Suministro de Blockchain y (14) Tipo de Blockchain**.

6. Seleccionar lenguaje de desarrollo y características técnicas. Luego de elegir el tipo de red, se seleccionan de la taxonomía las siguientes opciones relacionadas con las especificaciones técnicas de implementación: **(9) Canal clave, (10) Personalización, (15) Criptoactivos, (16) Mecanismo de consenso, (17) Tecnología adicional, (21) Costo de suministro y (22) Suministro de red**.

7. Modelar activos. Se caracterizan él o los activos representados por el contrato inteligente. Se sugiere que un contrato inteligente represente a un solo activo, ya que el mismo puede ser un activo físico o lógico y posea información que pertenezca a otros activos relacionados. Se debe seleccionar de la taxonomía **(7) Activo principal**.

8. Modelar participantes. Se caracterizan los participantes del contrato inteligente, que no solo pueden ser personas físicas u organizaciones, y se distingue a usuarios de clientes. Se seleccionan de la taxonomía las siguientes opciones relacionadas con los participantes: **(3) Cliente, (4) Usuario, (5) Intermediación y (6) Diversificación de usuario**.

9. Modelar la estructura de los contratos inteligentes. Se especifican los atributos de los contratos inteligentes y si hiciera falta, los oráculos para obtener la información almacenada en repositorios externos a Blockchain. Para representar las relaciones entre contratos inteligentes entre

sí, y entre éstos y los oráculos, se sugiere emplear como herramienta el diagrama de clases.

10. Modelar transacciones. Las transacciones son las operaciones que instancian a los contratos inteligentes. Se deben especificar como métodos con parámetros de entrada y salida y algoritmo, que contemplen la ejecución de reglas de negocio predeterminadas, agnósticas y de manera declarativa. Se debe prever su disponibilidad 7 por 24 horas, concurrencia, descentralización y carácter distribuido. Se ejecutan por medio de eventos y en esta propuesta se sugiere que por cada cambio de estado de un contrato inteligente esté al menos una transacción asociada. Pero también es posible que haya transacciones que tengan otra funcionalidad y no realicen cambios de estado del contrato inteligente.

11. Elaborar el diagrama de modelo integrado. Este diagrama es la representación gráfica resumida del modelado de un contrato inteligente. Combina en su centro el diagrama de transición de estados con las transacciones que generan los cambios de estado y los participantes, pudiendo ubicarlos en el trayecto del proceso con el que interactúan. Se sugiere representar a las transacciones con círculos que asocian mediante una flecha la transacción con un cambio de estado del diagrama. Y representar a los participantes con rectángulos cuya longitud abarque el o los tramos del proceso en los que interactúan con el contrato inteligente.

12. Consideraciones generales. Con respecto a la taxonomía, se enuncian tres reglas básicas para garantizar su consistencia con las actividades anteriormente mencionadas:

- No todas las actividades deben tener una opción de taxonomía asociada.
- Todas las opciones de taxonomía deben estar asociadas en al menos una actividad.
- Una actividad puede tener más de una opción de taxonomía asociada.

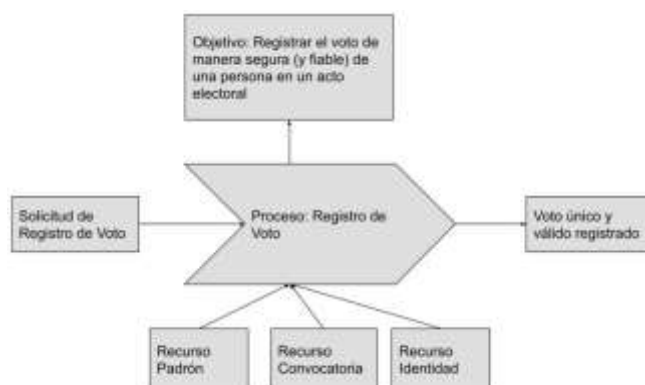
## Resultados obtenidos

La presente propuesta fue transferida en distintos cursos de capacitación como actividad de trabajo práctico grupal a 1016 estudiantes a la fecha de trayectos formativos en tecnologías Blockchain. También se aplicó en el modelado de los contratos inteligentes del sistema Kratia [17], que tiene por objetivo la gestión de votos electrónicos asegurada con tecnologías Blockchain.

Para ejemplificar el modelado dirigido por casos de uso vamos a exponer a continuación el modelo conceptual del contrato inteligente del voto, que brinda soporte al proceso Registro de voto de Kratia.

1. Proceso. Registrar el voto de un votante para una elección o asamblea, indicando candidato o ley según corresponda. Se seleccionan valores de la taxonomía. **(1) Prestación de servicios:** Autenticación. Se aplicaron los

patrones de Problema – Objetivo, de eventos y el de estructura básica de proceso como se puede apreciar en la **Figura 2:**



**Figura 2. Patrón de estructura básica del proceso Registro de voto.**

2. Caso de uso Blockchain al que aplica el proceso. Voto electrónico. Se seleccionan valores de la taxonomía **(2) Incentivo:** Intermediación mejorada / Trazabilidad y verificación de datos / Seguridad mejorada. No se encontraron patrones en “PatCat” que se puedan reutilizar para este caso de uso.

3. Cambios de estado del proceso. Se define para el proceso Registro de voto los siguientes estados:

- Validado
- Registrado
- Contado
- Auditado
- Creado

En la **Figura 3** se muestra el correspondiente diagrama de transición de estado del proceso:



**Figura 3. Diagrama de transición de estado del proceso Registro de voto.**

4. Creación de valor y flujo de ingresos. Se seleccionan valores de la taxonomía **(8) Socio clave:** Socio tecnológico: DAML, **(11) Afiliación de DAO:** Sin afiliación de DAO, **(18) Cargos al cliente:** Suscripción + Costo por transacción. Se cobra un monto fijo por el servicio de elección más el costo variable por votante registrado en el padrón, **(19) Aceptación de monedas:** Cargos al cliente, si la Blockchain es externa, y **(20) Sistema de token:** Sin token.

5. Red Blockchain. Se seleccionan valores de la taxonomía **(12) Posición en la cadena de valor:** Usuario Blockchain, **(13) Suministro de Blockchain:** Externo/Propia porque cada cliente puede optar por crear su propia red o unirse a una infraestructura establecida para votaciones/asambleas similares, y **(14) Tipo de Blockchain:** Permissionada porque se pueden agregar a listas/partidos o entes reguladores de confianza para que participen en el proceso de consenso según se requiera.

6. Lenguaje de desarrollo y características técnicas. Se seleccionan valores de la taxonomía **(9) Canal clave:** Sitio web/Aplicación móvil, **(10) Personalización:** Ambas tanto integración de desarrollo interno y/o externo del cliente, **(15) Criptoactivos:** Otro porque está orientado a redes permissionadas como LacChain, Ripple entre otros son candidatos, **(16) Mecanismo de consenso:** Existente porque la prueba de autoridad en el que las partes autorizadas son las encargadas de agregar bloques a la cadena, **(17) Tecnología adicional:** Nube porque puede aplicar la distribución de una infraestructura “serverless” a través de internet, **(21) Costo de suministro:** Suministro de software y, si la Blockchain es externa, suministro de plataforma también, y **(22) Suministro de red:** Uso de Blockchain externa o red propia de minado.

7. Activos Se seleccionan valores de la taxonomía **(7) Activo principal:** voto (activo lógico).

8. Participantes. Son los votantes y el órgano electoral. Se seleccionan valores de la taxonomía **(3) Cliente:** persona legal porque es la organización que realiza el proceso electoral, **(4) Usuario:** persona natural porque es el votante, **(5) Intermediación:** intergrupos, y **(6) Diversificación de usuario:** sin diversificación.

9. Estructura de los contratos inteligentes. Se especifican los siguientes atributos: Convocatoria, Votante identificado por tipo y número de documento, en caso de ser voto anónimo se reemplaza con un alias al registrar el voto; y Candidato/Ley-Hash que es un código único que valida la integridad del voto.

10. Transacciones. En caso de ser voto nominal se registra el voto en una sola transacción. En caso de ser voto privado se registra el voto y el votante por separado, además de hacerlo con un registro de lotes buscando aleatoriedad en el orden de votos para evitar la trazabilidad del votante y resguardar su anonimato. Los eventos que instancian estas transacciones son: crear voto, validar voto, registrar voto, contar voto y anular voto.

11. Diagrama de modelo integrado. En la **Figura 4** se muestra el correspondiente diagrama de modelo integrado que unifica los cambios de estados del proceso, los participantes y los eventos que instancian las transacciones del contrato inteligente.

De esta manera queda conformado un modelo de análisis dirigido por casos de uso de un contrato inteligente de voto electrónico que es plausible de ser catalogado a partir de los patrones de negocio empleados. Esta actividad permitirá en una próxima instancia, si se presenta el problema en un mismo escenario de caso de uso, que este modelo conceptual pueda ser reutilizado.

## Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se presentó una propuesta de modelado de contratos inteligentes dirigido por casos de uso y aplicando patrones de negocio que permitan su reusabilidad. Los patrones de negocio que se aplican al modelado conceptual cumplen la función de reutilizar el conocimiento y experiencia de sistemas anteriores.

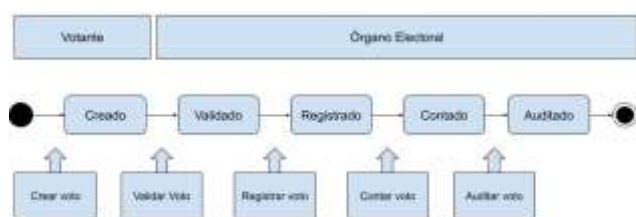
En los trabajos prácticos grupales realizados por estudiantes de trayectos formativos en tecnologías Blockchain, se observó que la aplicación de patrones de negocio permitió esclarecer los principales requerimientos del sistema basado en contratos inteligentes, plantear problemáticas, encontrar soluciones y similitudes entre los escenarios para simplificar el modelado. La representación de patrones a través de gráficos permite tener una mejor visión del negocio. Posibilita identificar fácilmente el proceso y sus actividades, y validar la reutilización del patrón.

También se comprobó que el uso de la taxonomía de modelos de negocio Blockchain facilita anticipar algunas de las situaciones problema-solución en el circuito del proceso y gestionirlas en el mismo lenguaje del usuario del sistema. Además, conduce a emplear un vocabulario preciso y común entre el responsable de un proceso y su analista, para eliminar ambigüedades y conducir a una elicitación de requerimientos más asertiva a posteriori.

Como próximo trabajo se prevé el diseño, planificación y ejecución de una evaluación experimental de este modelo de análisis para comprobar su efectividad y eficiencia para reutilizar el modelo conceptual para nuevos contratos inteligentes que posean la misma problemática de caso de uso.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a U.T.N., por medio del Centro CIDS y a CYTED, por medio de la Red RIBCi, por el apoyo financiero que hizo posible la realización de este proyecto de investigación y la vinculación internacional de su equipo de investigadores respectivamente.



**Figura 4. Diagrama de transición de estado del proceso Registro de voto.**

## Referencias

- [1] Endeavor, "Endeavor: Insight blockchain. Blockchain, ¿la promesa de una revolución?", Ed. Endeavor México. N° 3, 2018.
- [2] Nakamoto, S., "Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System", accedido desde <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [3] Ethereum, accedido desde <https://ethereum.org/en/>.
- [4] Eriksson, H.-E. & Penker, M., "Business Modeling with UML: Business Patterns at Work", OMG Press, 2000.
- [5] Marciszack, M.M., Moreno, J.C., Sánchez, C.E., Medina, O.C., Delgado, A.F., Castro, C.S., "Patrones en la construcción del Modelo Conceptual para sistemas de información", Editorial edUTecNe, U.T.N., 2018.
- [6] Medina, O.C., Marciszack, M.M., Groppo, M.A., "Una aproximación a la incorporación de Patrones de Negocio en el modelado de aplicaciones de Contratos Inteligentes", publicado en actas de Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021 de U.T.N. – F.R.S.F., art. 871, Editorial edUTecNe, U.T.N., 2021.
- [7] Medina, O.C., Pérez Cota, M., Damiano, L.E., Della Mea, K., Marciszack, M.M., "Systematic Mapping of Literature on Applicable Patterns in Conceptual Modelling of Information Systems", publicado en "New perspectives in Software Engineering (CIMPS 2021)", págs. 41-54, Editorial Springer, 2021.
- [8] Medina, O.C., Pérez Cota, M., Meloni, B.E., Marciszack, M.M., "Business Patterns Catalogue and selection proposal for the Conceptual Model of a software product", publicado en J.UCS Journal 27(2), págs. 135-151, Editorial J.UCS Consortium, 2021.
- [9] Meloni, B.E., Pérez Cota, M., Medina, O.C., Marciszack, M.M., "Objectives Patterns Applied to the Business Model of a Public Education System", Editorial Springer (2019).10. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M., Regnell, B.: Experimentation in software engineering, Ed. Springer, 2012.
- [10] Bartoletti, M. and Pompianu, L., "An Empirical Analysis of Smart Contracts: Platforms, Applications, and Design Patterns", publicado en actas de International Conference on Financial Cryptography and Data Security 2017, págs. 494-509, Ed. Springer, 2017.
- [11] Boogaard, K., "A Model-Driven Approach to Smart Contract Development", Utrecht University Master Thesis Business Informatics, 2018.
- [12] Weking, J., Mandalenakis, M., Hein, A., Hermes, S., Böhm, M., Kremer, H., "The impact of blockchain technology on business models – a taxonomy and archetypal patterns", Electronic Markets (2020) 30, págs. 285–305, Ed. Springer, 2019.
- [13] Bradley, M., Gorman, D., Lucas, M., Golby-Kirk, M., "Getting Started with Enterprise Blockchain - A Guide to Design and Development", Ed. O'Reilly, 2019.
- [14] Global Blockchain Business Council, "Use Cases - Global Blockchain Business Council", accedido desde <https://gbbccouncil.org/>.
- [15] Besancon, L., Ferreira Da Silva, C., Ghodous, P., Gelas, J.-P., "A Blockchain Ontology for DApps Development", IEE Access, 2017.
- [16] Treiblmaier, H: Toward More Rigorous Blockchain Reserach, "Recomendations for Writing Blockchain Case Studies, Frontiers in Blockchain", 2019.
- [17] Kratia, accedido desde <https://kratia.org/>.