Contenido

[CAPÍTULO XX 3](#_Toc117692240)

[CONTRATOS 3](#_Toc117692241)

[1. Introducción 3](#_Toc117692242)

[2. Automatización de contratos y terminología 6](#_Toc117692243)

[**2.1.** **Contratos no automáticos y terminología legal** 8](#_Toc117692244)

[**2.1.1. El Common Law y el Derecho Civil** 10](#_Toc117692245)

[**2.1.2. Las tres fases del ciclo de vida del contrato en el Derecho Civil** 13](#_Toc117692246)

[2**.2. Contratos automáticos (digitales) y terminología de los ingenieros informáticos** 18](#_Toc117692247)

[2.2.1. Derechos, obligaciones, prohibiciones y operaciones 21](#_Toc117692248)

[2.2.2. Ejecución del contrato 22](#_Toc117692249)

[2.2.3. Seguimiento o monitoreo de contratos 22](#_Toc117692250)

[2.2.4. Cumplimiento del contrato 23](#_Toc117692251)

[2.3. Grados de automatización 24](#_Toc117692252)

[2.4. Comparación de la terminología de capas e ingenieros de software 25](#_Toc117692253)

[3. Firmas y contratos 29](#_Toc117692254)

[**3.1. Contratos firmados manualmente y firmados electrónicamente** 29](#_Toc117692255)

[4. Contratos no automáticos 30](#_Toc117692256)

[4.1. Contratos firmados manualmente 30](#_Toc117692257)

[**4.1.1. Formato y firma del contrato** 30](#_Toc117692258)

[**4.1.2. Ejecución del contrato** 30](#_Toc117692259)

[4.2. Contratos firmados electrónicamente 31](#_Toc117692260)

[**4.2.1. Formato y firma del contrato** 31](#_Toc117692261)

[**4.2.2. Ejecución del contrato** 31](#_Toc117692262)

[5. Contratos automáticos 32](#_Toc117692263)

[**5.1. contrato de lenguaje natural** 32](#_Toc117692264)

[**5.1.2. Codificación de contratos** 33](#_Toc117692265)

[5.1.3. Ejecución del contrato 34](#_Toc117692266)

[5.2. Contrato registrado únicamente en còdigo 34](#_Toc117692267)

[**5.2.1. Formato y firma del contrato** 35](#_Toc117692268)

[5.2.2. Codificación de contratos 35](#_Toc117692269)

[**5.2.3. Ejecución del contrato** 36](#_Toc117692270)

[5.3. Contrato registrado en papel y en código 36](#_Toc117692271)

[**5.3.1. Formato y firma del contrato** 36](#_Toc117692272)

[**5.3.2. Codificación de contratos** 36](#_Toc117692273)

[**5.3.3. Ejecución del contrato** 37](#_Toc117692274)

[5.4. Contratos híbridos 37](#_Toc117692275)

[**5.4.1. Formato y firma del contrato** 38](#_Toc117692276)

[**5.4.2. Codificación de contratos** 39](#_Toc117692277)

[**5.4.3. Ejecución del contrato** 40](#_Toc117692278)

[5.5. Contratos multimedia 41](#_Toc117692279)

[**5.5.1. Formato y firma del contrato** 42](#_Toc117692280)

[**5.5.2. Codificación de contratos** 42](#_Toc117692281)

[**5.5.3. Ejecución del contrato** 43](#_Toc117692282)

[6. Categorización adicional de contratos 43](#_Toc117692283)

[**6.1. Despliegue centralizado y descentralizado de contratos** 43](#_Toc117692284)

[6.2. Contratos bilaterales y multilaterales 44](#_Toc117692285)

[7. Trabajo futuro y discusión 45](#_Toc117692286)

[7.1. ¿Por qué los llamamos contratos digitales? 45](#_Toc117692287)

[7.2. Legalidad de los contratos digitales 45](#_Toc117692288)

[**7.2.1. Ejecución automática de acuerdos** 45](#_Toc117692289)

[**7.2.2. Resumen** 46](#_Toc117692290)

[**7.3. Ley Computacional** 47](#_Toc117692291)

[8. Trabajo relacionado 48](#_Toc117692292)

[9. Conclusiones 50](#_Toc117692293)

# CAPÍTULO XX

# CONTRATOS

## Introducción

Intuitivamente, un contrato es un acuerdo voluntario celebrado entre dos partes con el objeto de obtener un beneficio mutuo. Los contratos han sido utilizados para estipular las reglas de las interacciones comerciales desde tiempos antiguos. Los contratos celebrados y llevados a cabo sin la asistencia de computadoras han sido ampliamente documentados y comprendidos, al menos por la comunidad jurídica. Por ejemplo, se pueden rastrear hasta el Libro 11 de Las Leyes de Platón[[1]](#footnote-1) y el versículo 282 del Corán[[2]](#footnote-2). Sin embargo, la reciente adopción de la tecnología informática en la creación de contratos automatizados exige una seria revisión de lo que hasta ahora entendemos por contratos. Usamos el término tecnología informática para referirnos a dispositivos de hardware (por ejemplo, computadoras portátiles, teléfonos móviles, impresoras y cajas Wifi), software (por ejemplo, Windows, aplicaciones de telefonía móvil y lenguajes de programación) y comunicación de Redes como Internet. Como escritura abreviada, utilizaremos el término tecnología. Dado que actualmente esta tecnología es principalmente digital, algunos autores prefieren emplear el término tecnología digital. Además, debido a que la mayoría de las personas utiliza computadoras y tecnologías de la comunicación para enviar y recibir información (por ejemplo, notificaciones de Facebook y mensajes por WhatsApp) algunos autores prefieren el término Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En este trabajo, tomamos los términos tecnología informática, tecnología digital y TIC como sinónimo. Asimismo, bajo el término Internet englobamos páginas web y plataformas como Facebook, Twitter y Bitcoin. Algunos autores se refieren a Internet como la web.

La tecnología informática se puede utilizar para automatizar diferentes etapas del contrato. Sin embargo, el enfoque de este documento es la automatización de la ejecución real del contrato por medio del código de computadora. No discutimos los sistemas de bases de datos que se utilizan para automatizar el almacenamiento y la recuperación de documentos, utilizados para redactar contratos que se ejecutan manualmente[[3]](#footnote-3). La investigación académica dirigida a la automatización de contratos puede remontarse al menos a mediados de la década de 1980[[4]](#footnote-4). Desde entonces, varias ideas fueron sugeridas por la comunidad de Ciencias de la Computación. A este respecto, los contratos automatizados fueron conocidos como contratos electrónicos, contratos ejecutables, contratos digitales, contratos programables y otros nombres. En 1997, Nick Szabo[[5]](#footnote-5) los llamó contratos inteligentes (*smart contracts)*, un término desafortunado que se hizo popular en 2008 cuando la plataforma Bitcoin demostró su potencial en la implementación de sistemas descentralizados[[6]](#footnote-6). Decimos lamentable porque, a nuestro juicio, el término genera una confusión innecesaria fuera del ámbito informático.

En primer lugar, no hay nada inteligente en los contratos implementados en las plataformas blockchains como Bitcoin[[7]](#footnote-7), Ethereum[[8]](#footnote-8) e Hyperledger[[9]](#footnote-9) o en sus predecesores[[10]](#footnote-10). Todos ellos se realizan como código de computadora convencional escrito por los programadores para ejecutar algunas acciones (por ejemplo, transferir N dólares de Alice a Bob) cuando se cumplen determinadas condiciones (por ejemplo, el vencimiento del plazo de pago).

En segundo lugar, hay argumentos planteados por abogados que sostienen que la palabra contrato es inadecuada: un examen completo de los usos de estos fragmentos de código revela que algunos de ellos no son contratos tal como los conciben los profesionales del Derecho[[11]](#footnote-11). En realidad, algunos autores observan (ver por ejemplo[[12]](#footnote-12)) que existe un desajuste entre la terminología utilizada por abogados y el utilizado por los informáticos. Por cierto, en lenguaje legal ejecutar un contrato significa firmar o suscribir un contrato mientras que en lenguaje técnico significa ejecutar el código informático que implementa el contrato. En este estudio, utilizaremos el término **contrato digital**.

Para arrojar un poco de luz a la confusión sobre los contratos automáticos, y con la intención de ayudar tanto a la comunidad del derecho como a la informática, proporcionamos una categorización de los contratos existentes de acuerdo con el grado de automatización que utilicen en la etapa de cumplimiento.

Además del grado de automatización, los contratos se pueden clasificar desde otras perspectivas. En consecuencia, se han desarrollado una serie de vectores para categorizarlos. Mencionamos brevemente algunas que están directamente relacionados con el tema de la automatización. Existen contratos bilaterales y multilaterales; además, un contrato puede desarrollarse de manera centralizada (tercero de confianza) o totalmente descentralizado (en una cadena de bloques); también podemos clasificar el contrato de acuerdo con el tipo de firmas que utilizan (manuscritas o electrónicas) y con el grado de intrusión (seguimiento o exigibilidad/ cumplimiento). Creemos que esta discusión adicional coloca a este trabajo en un contexto global.

Una característica destacada de este estudio es que explicamos nuestras definiciones y los argumentos con la asistencia de ejemplos y diagramas de flujo que muestran gráficamente el ciclo de vida de los contratos. Creemos que los mismos ayudarán a los lectores que no están familiarizados con la tecnología informática a apreciar la tecnología que sustenta los contratos automatizados y evaluar sus implicaciones legales, por ejemplo, para determinar de manera informativa si un determinado contrato automatizado cumple con los requisitos para ser declarado un contrato legal.

En pos de este objetivo, en el apartado 2 se describe la terminología contractual utilizada por la comunidad legal e informática y la relación de cada término.. En la Sección... En la Sección 8 discutimos el trabajo que ha motivado e influenciado el nuestro. Usamos la sección 7 para abrir cuestiones que, en nuestra opinión, requieren mayor atención. Se presentan comentarios de conclusión en la Sección 9.

## Automatización de contratos y terminología

Las ventajas de realizar negocios en línea y los avances recientes en la tecnología informática han motivado a los ingenieros informáticos a implementar contratos que en mayor o menor medida son exigibles automáticamente. Como resultado, actualmente tenemos una gran variedad de contratos con diferentes características. Estos contratos se pueden dividir en dos grandes categorías según el grado de automatización: contratos no automáticos y contratos automáticos. Dentro de la categoría de contratos no automáticos, agrupamos a los contratos tradicionales normalmente registrados en papel, en un idioma natural (por ejemplo, en inglés). Son redactados por abogados y realizados y ejecutados sin signos de automatización. Dentro de la categoría de contratos automáticos, agrupamos a los contratos que se ejecutan parcial o totalmente de forma automática; esto significa que algunas o todas sus operaciones son ejecutadas por medio de código de computadora. Los contratos automáticos están escritos por programadores informáticos (también llamados ingenieros de software) en lenguajes de programación (por ejemplo, Solidity) y son el resultado de la reciente convergencia del derecho y la informática, como explicamos en el capítulo XX. Al tratarse de una tecnología emergente aún no se comprende bien y, además, están deficientemente documentados. En la Sección XX mencionamos que los contratos automáticos se conocen bajo diferentes nombres; en este artículo utilizaremos el término “contratos digitales” para referirnos a ellos. Justificaremos nuestra elección en la Sección X. Las categorías de contratos automáticos y no automáticos a su vez, se pueden dividir en subcategorías. Para hacerse una idea, podría ser útil observar la Fig. 1, que muestra una descripción general de la categorización de los contratos.

* + **contratos no automáticos**
* Contratos firmados de forma manual
* contratos firmados en línea

**contratos**

* **Contratos automáticos (contratos digitales)**
  + Contratos en lenguaje natural
  + contractos escrito en sólo en código ejecutable
  + contractos escritos en código y en lenguaje natural
  + contractos híbridos
  + contractos multimedi

**Figura 1**. Categorías de contratos desde la perspectiva de la automatización

Discutiremos cada categoría en profundidad, en secciones posteriores; siendo por el momento suficiente entender que los contratos no automáticos son redactados por abogados y exigibles legalmente mientras que, los contratos automáticos son implementados por ingenieros informáticos y aplicados por un código informático. Sin perjuicio de algunas diferencias en la forma de concebir los contratos, el trabajo de los abogados y de los ingenieros informáticos se complementa e idealmente, debe realizarse en estrecha colaboración. Desafortunadamente esta tarea no es tan sencilla. Los abogados consideran que la automatización de contratos es difícil de entender, mientras que los ingenieros informáticos luchan por comprender qué es un contrato legal. Una de las principales dificultades es el desajuste entre los lenguajes especializados que utilizan los abogados y los ingenieros informáticos, como se explica más adelante. Para mencionar un ejemplo, el término contrato y la terminología relacionada que se utiliza para describir el ciclo de vida de un contrato tiene un significado diferente para los abogados e ingenieros informáticos. Para arrojar algo de luz sobre la confusión, discutiremos el ciclo de vida de los contratos no automáticos y luego la que corresponde a los contratos automáticos. También compararemos y relacionaremos entre sí la terminología utilizada por abogados e ingenieros informáticos. Creemos que la comparación puede ayudar a los abogados a colocar los contratos utilizados en Internet en un marco jurídico. Por ejemplo, les ayudará a determinar categóricamente qué contratos utilizados en Internet cumplen con todos los requisitos para ser considerados contratos legales y cuáles no.

### **Contratos no automáticos y terminología legal**

En el contexto legal, un **contrato** es un acuerdo formal entre dos partes. Por formal, nos referimos a que el acuerdo cumple con todos los elementos que el ordenamiento jurídico del lugar de formación del contrato requiere para que dicho acuerdo sea exigible legalmente. Dado que estos contratos involucran solo a dos partes, se denominan **contratos bilaterales**. Hay contratos celebrados entre más de dos partes (llamados **contratos multipartes**). En este documento no tratamos estos últimos porque su automatización es mucho más compleja que los contratos bilaterales. Las partes que celebran un contrato y se obligan legalmente se denominan **firmantes**. Para facilitar la explicación en los ejemplos de contrato que mostramos en este trabajo, a los firmantes los llamamos Alice y Bob. Representan a dos seres humanos que se comprometen con esos contratos, ya sea a título personal o como representantes de sus respectivas empresas.

Contrato entre Alice y Bob.

Este es un contrato entre AliceWonder (la vendedora) y Bob Good (the Buyer).

Lugar de celebraciòn:

Florence

Fecha de celebración:

04 Nov 2021

Infromación personal de Alice:

Nombre completo: Alice Wonder Direcciòn: calle Arte nº 2

Información personal de Bob:

Nombre completo: Bob Good

Dirección: Calle Rich nº 5

**Clausula 1:** Bob pagará a Alice 100 euros el 30 de diciembre de 2020en concepto de un cuadro pintado con una flor blanca.

**Clausula 2:** Alice gastará el 50 % en la compra del material de pintura y le enviará las facturas a Bob dentro de los 5 días de recibir el dinero

Firma de Alice: AliceWonder

Firma de Bob: BobGood

**Figura 2**. Contrato escrito en inglés y firmado manualmente por Alice y Bob

Se debe tener en cuenta que alguna doctrina utiliza los términos contratos y acuerdos indistintamente. Sin embargo, hablando estrictamente, en contextos legales no son equivalentes. Los acuerdos se consideran como arreglos informales que no son exigibles legalmente [20].

Los contratos juegan un papel central en las interacciones humanas, ya que son el instrumento legal más comúnmente utilizado para regular las relaciones comerciales de las personas. Sin embargo, para ser considerado legal, un contrato debe satisfacer algunos requisitos que dependen de la jurisdicción bajo la cual se forman. Actualmente, en el mundo existen diferentes familias jurídicas: como el Derecho Civil, el *Common Law*, el Derecho Consuetudinario[[13]](#footnote-13), cada uno con sus propias características. En este trabajo vamos a centrarnos principalmente en el derecho civil, y mencionar el derecho consuetudinario solo para enfatizar que existen ciertas particularidades que los informáticos deben tener en cuenta a la hora de implementar los contratos automáticos.

### **2.1.1. El Common Law y el Derecho Civil**

El Derecho Civil (también conocido como derecho continental) surgió en Europa y deriva del derecho romano. Se utiliza en países continentales europeos como Francia, España y Portugal; y en la mayoría de países latinoamericanos, como México, Argentina y Brasil. Aunque los códigos civiles de los diferentes países no son homogéneos, poseen ciertas características que son comunes a todos ellos. Por su parte, el *common law* se originó en Inglaterra durante la Edad Media y se aplicó dentro de las colonias británicas. En la actualidad, se utiliza en Gran Bretaña y en otras ex colonias británicas como los EE. UU. [[14]](#footnote-14).

Las siguientes son las principales características del sistema de derecho civil[[15]](#footnote-15):

* Es un sistema codificado debido a que la aplicación de la ley se basa en códigos legales. Un código es un conjunto de leyes sobre un tema en particular (por ejemplo, materia contractual) que intenta anticipar de manera integral todas las posibles cuestiones que los ciudadanos pueden presentar ante los tribunales. Una característica destacada de los códigos es que son documentos (por ejemplo, libros impresos o documentos en línea) organizados sistemáticamente en secciones y artículos numerados que dictan los procedimientos y sanciones aplicables para cada delito. Por ejemplo, el Subtítulo 1 del Código Civil francés de 2016[[16]](#footnote-16) se refiere a los Contratos. El Capítulo 1 del Subtítulo 1 se denomina Disposiciones Introductorias y trata de la formación de los Contratos. El artículo 1101 se incluye dentro del Capítulo 1 y define al contrato según el Código Civil Francés de 2016.
* Los jueces trabajan dentro de un marco de leyes codificadas. Su responsabilidad principal es determinar, sobre la base de los hechos que se le presenten, qué código y qué artículo o artículos se aplicarán para resolver la cuestión jurídica que se le plantea. Es decir, la tarea principal de los jueces es interpretar y aplicar la ley contenida en su mayoría en un código para cada caso concreto.
* El derecho civil se basa en la teoría de la separación de poderes, según la cual la función del legislador es legislar, mientras que los jueces son los encargados de aplicar la ley.
* Cuando se presenta un caso, el abogado de derecho continental tomará como marco jurídico, las normas contenidas en una legislación. Luego, se basará en razonamientos y consideraciones sobre las particularidades del caso.
* Los contratos son prescriptivos e inflexibles porque su formación está determinada por el marco legal plasmado en los códigos legales, como la sección de Derecho de los Contratos del Código Civil Francés.
* En Derecho Civil, los contratos son acuerdos que unen la voluntad de los firmantes. Por lo tanto, estipulan compromisos consensuales.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Propiedades del sistema** | *Common Law* | Código civil |
| Sistema codificado | No | Yes |
| Contratos prescriptivos | No | Yes |
| Contratos flexibles | Yes | No |
| Contratos cortos | No | Yes |
| Contratos gratuitos | No | Yes |
| *Consideration* es esencial para la formación del contrato. | Yes | No |

**Tabla 1. Algunas diferencias entre el *Common Law* y el Derecho continental.**

Relevante para nuestro trabajo son las siguientes características del sistema del *Common Law[[17]](#footnote-17)*.

• Es un sistema no codificado, como tal, no existen códigos organizados sistemáticamente como en el Código Civil Francés[[18]](#footnote-18).

• Se sustenta en gran medida en precedentes que son resoluciones previas tomadas por los jueces. Significa que las decisiones judiciales se toman sobre la base de casos similares que ya han ocurrido, en lugar de conductas anticipadas y documentadas en artículos de códigos. Por ejemplo, el Código Civil Francés.

• En el *common law*, a diferencia del derecho continental, no existe un marco normativo amplio sino que los jueces se encargan, a través de los conflictos particulares, de construir un sistema que debe ser respetado por los ciudadanos. Es decir, se da a los jueces la tarea principal de crear la ley.

• Un abogado de *common law* comienza con el caso real y lo compara con otros casos iguales o similares que hayan sido tratados por los jueces en casos anteriores, y a partir de estos precedentes relevantes, la regla legalmente vinculante está determinada por medio de inducción.

• Amplia libertad de contratación. En general, el *Common Law* es menos prescriptivo que el Derecho Civil. Por lo tanto, existe amplia libertad en la formación de los contratos. En consecuencia, los contratos deben incluir detalles en lugar de solo referirse a códigos y artículos como en el Derecho Civil. De esta manera los contratos son más flexibles, pero más extensos que en el Derecho Civil.

• Los contratos son siempre onerosos —cada una de las partes recibe un beneficio del otro como contraprestación. A diferencia del Derecho Civil, no existen los **contratos gratuitos** donde solo una de las partes proporciona un beneficio a la otra sin esperar ni recibir nada a cambio.

• En los contratos de derecho anglosajón, la *consideration* es obligatoria porque el contrato se concibe como una relación de intercambio, en consecuencia, la mera voluntad de los signatarios no es suficiente para el cumplimientode un contrato.

La Tabla 1 resume las principales diferencias y similitudes del *Common Law* y del Sistema de Derecho Civil. Es necesario tener en cuenta que la atención se centra únicamente en las características relacionadas con el contrato que podrían tener correspondencia con la implementación de contratos automáticos. Volvemos a este tema en la Sección 7.

### **2.1.2. Las tres fases del ciclo de vida del contrato en el Derecho Civil**

Para entender el proceso de contratación desde la perspectiva de un abogado, analizamos el ciclo de vida de un contrato e identificamos sus fases (también llamadas etapas o momentos). Para ordenar la discusión, tomemos los contratos de Derecho Civil. En esta sección nos referiremos a artículos del Código Civil Francés de 2016[[19]](#footnote-19). El análisis de las etapas proporciona sólo un marco para entender el problema sin tener en cuenta las particularidades de cada contrato individual. En general, existen tres fases en el ciclo de vida de un contrato:

(1) Formación

(2) Cumplimiento

(3) Terminación

Utilizaremos el diagrama de flujo que se muestra en la Fig. 3 para explicar sus relaciones. La figura muestra el ciclo de vida de un contrato de Derecho Civil entre Alice y Bob. Excluye las tratativas preliminares de la fase de negociación. Alice acepta o rechaza las ofertas de Bob. Estos contratos son utilizados por proveedores y vendedores que operan bajo la modalidad "tómalo o déjalo" (*take it or leave*). Dicho sea de paso, este tipo de contratos son muy utilizados actualmente por grandes proveedores de la nube que ofrecen servicios a pequeños consumidores de la nube como, por ejemplo, a individuos que normalmente no tienen poder de negociación. Los grandes proveedores de la nube suelen ser reacios a negociar sus términos y condiciones. A los consumidores se les presentan los contratos estándar de los proveedores. Estos consumidores sólo tienen la opción de presionar la tecla aceptar o salir, sin ninguna oportunidad de negociación.[[20]](#footnote-20)

**Fase de formación:** Como se muestra en la Fig. 3, la fase de formación incluye subetapas negociación y conclusión y tiene por objeto la formalización del contrato que no se alcanza cuando se abandona la negociación. La negociación preliminar comenzó a ser considerada por la doctrina jurídica, a fines del siglo XIX (ver los estudios de von Ihering).[[21]](#footnote-21) Sin embargo, alcanzó un mayor desarrollo durante el siglo XX. En términos legales, la negociación es un proceso no vinculante llevado a cabo por dos posibles contratantes con la intención de llegar a un acuerdo sobre los términos y condiciones a incluir en un contrato. Esta es una fase de disidencia, prueba y error, reservas y discusión donde su suspensión o ruptura, en principio, constituye algo admisible y natural que no es anormal o ilegal. El requisito esencial para la existencia de un acuerdo es el consentimiento, no las tratativas preliminares o la discusión previa. Sin embargo, las negociaciones cobran relevancia si conducen a la formalización del contrato. Por ejemplo, ayudarán a interpretar el contrato. Asimismo, si el contrato se frustra, las negociaciones pueden generar responsabilidad a cada parte en función de los daños causados ​​a la otra [?]. Usamos la Fig. 3 para aclarar estos puntos.

* **Oferta**: La negociación comienza cuando una de las partes presenta una oferta a la otra. El Código Civil francés[[22]](#footnote-22) estipula que una oferta expresa la voluntad del oferente y que una oferta es vinculante si el destinatario la acepta (artículo 1114). El Código Civil y Comercial de la Nación se orienta en igual sentido. VERIFICAR. En algunas situaciones, una oferta es el resultado de negociaciones preliminares (*iter negocial*). Otra palabra comúnmente utilizada en el lenguaje jurídico para referirse a la oferta es la “promesa”. La parte que presenta la oferta se denomina oferente o promitente y la parte que recibe la oferta se llama el destinatario de la oferta o el prometido. En el ejemplo de Fig 3, Bobs es el oferente y Alice es la destinataria de la oferta. Bob le presenta la oferta a Alice en el recuadro 2.
* **Aceptación**: El Código Civil Francés establece que es la manifestación de la voluntad del destinatario de obligarse en los términos de la oferta (artículo 1118, 1° párrafo). La aceptación es un componente requerido en el proceso contractual. Como se muestra en el rombo 3 de la figura, Alicia tiene dos alternativas cuando recibe la oferta de Bob. Ella puede aceptar la oferta y hacer que el diagrama de flujo progrese al recuadro 5, o rechazarla, y llevar el diagrama de flujo al rombo 4. En el rombo 4, Bob puede mejorar su oferta y hacer que el diagrama de flujo regrese al recuadro 2 donde presenta su nueva oferta a Alicia. Alternativamente, desde el rombo 4, Bob puede decidir abandonar la negociación y hacer que el diagrama de flujo progrese hasta el cuadro 10, que representa el final de la interacción comercial entre Bob y Alice. Una aceptación se vuelve vinculante tan pronto como llega al oferente, antes de este acto, una aceptación puede ser retirada sin consecuencias legales (artículo 1118, 2° párrafo). Las aceptaciones que no se ajusten a la oferta en la negociación, no surtirán efecto; sólo pueden ser consideradas como nuevas ofertas (art. 1118, párr. 3).

**1)**

comienzo

**2)**

**4)**

**3)**

continúa?

si

no

no

aceptación?

yes

**5)**

**6)**

**7)**

contract breach?

yes

no

**9)**

**8)**

no

Conclusión del contrato?

yes

**10)**

Fin del contrato

enforce contract

Cumplimiento del cotrato

Celebración del contrato

Oferta de Bob

negotciación

formation

conclusion

Cumplimiento

enforcement

termination

* **Formalización o celebración del contrato**: El Código Civil francés[[23]](#footnote-23) estipula que un contrato se forma con la reunión de una oferta y una aceptación en la cual las partes manifiestan su voluntad de obligarse (artículo 1113) y se formaliza (concluye) tan pronto como la aceptación llega al oferente (artículo 1121). En la figura, la celebración del contrato tiene lugar en el recuadro 5. La formalización incluye la firma del contrato —si es exigido—, y la iniciación del acuerdo. Por el principio de la libertad contractual, el consentimiento —*consensus*— de las partes produce la perfección del contrato y adquiere fuerza obligatoria con algunas excepciones tales como, aquellos contratos que necesitan formalidades específicas establecidas por la legislación —*ad solemnitatem* (artículo 1172).
* **Fase de cumplimiento o ejecución:** Esta fase se alcanza solo cuando la fase de formación se completa con éxito y se refiere al cumplimiento del contrato.
* **Cumplimiento del contrato**: durante esta fase, se espera que los participantes realicen las acciones necesarias (por ejemplo, hacer una factura o completar el diseño o construcción de un equipo) para cumplir con sus obligaciones según lo acordado en el contrato. En la figura, la ejecución del contrato tiene lugar en el recuadro 6 desde donde el diagrama de flujo avanza hasta el rombo 7. Allí se evalúa el comportamiento de las partes.

• **Incumplimiento de contrato**: En situaciones ideales, las partes actúan según lo estipulado en el contrato y hacen que el diagrama de flujo progrese del rombo 7 al rombo 8. Sin embargo, en situaciones no ideales, el contrato se incumple y el diagrama de flujo avanza de rombo 7 a la casilla 9 donde tiene lugar la ejecución del contrato. Esta situación podría ocurrir cuando los términos de un contrato son violados o ignorados. Es decir, puede suceder cuando una parte no cumple a tiempo, no cumple de conformidad con los términos del acuerdo, o no cumple en absoluto. Cuando se produce el incumplimiento del contrato o se presume, una o ambas partes pueden preferir exigir el cumplimiento del contrato en los términos estipulados, como se muestra en el recuadro 9. En este sentido, el Código Civil francés estipula que la parte con la que no se ha cumplido un compromiso o se ha cumplido de manera imperfecta, puede negarse a cumplir o suspender el cumplimiento de sus propias obligaciones, solicitar el cumplimiento forzado de la obligación en especie, solicitar una rebaja del precio, provocar la rescisión del contrato o reclamar la reparación de las consecuencias por incumplimiento (artículo 1217).

• **Exigibilidad del contrato**: Se llega a la casilla 9, cuando una de las parte incumple el contrato, la otra parte, lo lleva ante el juez para exigir su cumplimiento. En la práctica, la casilla 9 representa la intervención de un tribunal cuando así lo exige la parte ofendida.

**Fase de terminación**. Esta fase representa la finalización del contrato. El efecto ideal del contrato es el cumplimiento de las obligaciones asumidas por las partes, que produce la terminación de la relación jurídica. Por ejemplo, un contrato termina cuando el pago ha sido realizado por un comprador y aceptado por el vendedor. La terminación del contrato se verifica en el rombo 8 al que se accede desde la casilla 9 y alternativamente desde el rombo 7. El rombo 8 ofrece distintas opciones: Si el contrato ha terminado, el flujo avanza del rombo 8 a la elipse 10 y llega a la fase de terminación. Por otra parte, si el contrato aún no ha terminado (por ejemplo, todavía hay obligaciones pendientes), salta desde el rombo 8 hasta el recuadro 6, donde continúa la etapa de ejecución o cumplimiento del contrato.

El Derecho civil francés determina que la etapa de terminación pone fin al contrato (artículo 1229) y añade también que en todo caso, puede ser reclamada por vía judicial (Artículo 1227). Un tribunal puede, según las circunstancias, reconocer o declarar la terminación del contrato (artículo 1228).

Una vez concluida la relación contractual, las estipulaciones acordadas por las partes permanecen en vigor (restitución, reparación de daños, resolución de conflictos y cualquier otra que regule los derechos y obligaciones de las partes después de la terminación). Ciertos deberes y responsabilidades de las partes subsisten después de la conclusión del contrato. Por ejemplo, las obligaciones de no divulgar la propiedad intelectual pueden permanecer en vigor después de la finalización de contrato. La propia legislación francesa prevé algunos supuestos de efectos ulteriores, incluso después del cumplimiento del contrato como por ejemplo, la garantía de evicción (Artículo 1626).

La etapa de formación que se muestra en la Fig. 3 es asimétrica en el sentido de que Alice no tiene poder de negociación Los contratos que resultan de las etapas de formación simétrica donde ambas partes están en condiciones de negociar son también comunes. Como se muestra en la Fig. 4, el ciclo de vida de estos contratos es ligeramente diferente.

Todas estas cuestiones que mencionamos tienen implicaciones cuando el contrato es ejecutado automáticamente. En la sección XX, lo explicamos con detalle.

### Contratos automáticos (digitales) y terminología de los ingenieros informáticos

El contrato que se muestra en la Fig. 2 se puede realizar de forma no automática, es decir, sin utilizar tecnología digital en la fase de cumplimiento. Otra alternativa es convertirlo en un contrato digital que se pueda realizar de forma automática, es decir, un contrato donde las acciones que tienen lugar en los recuadros 6-8 y 7-9 de la Fig. 3 y la Fig. 4, respectivamente, se realizan sin intervención humana. Como se discutió brevemente en[[24]](#footnote-24) y[[25]](#footnote-25), los ingenieros en computación usan una terminología para referirse a los contratos digitales que no coincide con la terminología que utilizan los abogados. En esta sección, nos valdremos de los términos empleados ​​por los ingenieros informáticos En el apartado 2.2 relacionaremos los términos que utilizan los abogados y los ingenieros informáticos entre sí.

La figura 5, muestra la conversión del contrato que se muestra en la figura 2 en un contrato digital. Un contrato digital es una pieza de código informático ejecutable que se puede implementar para que el contrato correspondiente se cumpla automáticamente. Como el código ejecutable representa al contrato, lo llamaremos el código contractual. La Fig. 5 muestra cómo se produce y ejecuta el código ejecutable que implementa un contrato.

La figura presume que Alice y Bob han aceptado y firmado los términos y condiciones estipuladas por la cláusula 1 y la cláusula 2 de la Fig. 2. Contratan a un abogado para redactar el contrato en el lenguaje natural que se muestra en la figura.

Alice y Bob contratan a un programador para producir el contrato digital. El programador traduce los términos y condiciones incluidos en el texto en lenguaje natural a un programa codificado (escrito) en un lenguaje de programación, por ejemplo, en Solidity o Python. El código resultante es un contrato digital equivalente al contrato original en Inglés pero ejecutable. Las líneas que se muestran dentro del recuadro dan una idea sobre la representación del contrato en código ejecutable. Estrictamente hablando, estas líneas tienen que ser compiladas (traducidas al lenguaje binario de 0s y 1s que la computadora puede ejecutar) antes de que sean realmente ejecutables, pero estos detalles técnicos son irrelevantes para los objetivos de este trabajo. Así, diremos que el contrato digital realizado por el programador es ejecutable. El programador escribe, implementa y pone en marcha el código del contrato en beneficio de las partes signatarias. Usaremos la Fig. 5 para explicar el proceso que conduce a la implementación y ejecución de un contrato digital.

El objetivo es dar una idea general de cómo se crean los contratos digitales. No tendremos en cuenta las particularidades del contrato en lenguaje natural o la categoría de contrato digital (ver Fig. ??). La figura asume que Alice y Bob pueden conectarse a Internet desde sus respectivas computadoras y llegar al entorno de ejecución donde los contratos digitales están en funcionamiento.. También se supone que el contrato escrito en inglés ya ha sido celebrado, escrito en papel y firmado bajo firmas holográficas y conforme a una legislación dada, es decir, es un contrato legal. Volvemos al tema de la legalidad de los contratos digitales es la Sección 7.2.

(1) **Contrato escrito en lenguaje natural**: Un abogado es responsable de redactar el contrato que Alice y Bob acordaron. El contrato está escrito en idioma natural, por ejemplo en inglés o español, digamos en una hoja A4, y firmado bajo firmas holográficas.

(2) **Codificación de contrato digital**: Alice y Bob contratan a un programador para realizar el contrato digital. El programador traduce los términos y condiciones incluidos en el contrato original a un programa codificado (escrito) en un lenguaje de programación, por ejemplo, en Solidity o Python. La intención es producir un contrato digital que sea equivalente al contrato original pero ejecutable. Los errores son comunes en esta etapa, por lo tanto, como se muestra en la figura, el programador normalmente repetirá varias veces los circuitos compuesto por la caja ii y el rombo iii para corregir los errores. Por ejemplo, el recuadro ii muestra que el programador cometió un error cuando codificó la fecha 30/dic/2021. El proceso de corrección de errores se llama “depuración del contrato” e implica probar el contrato digital para asegurarse de que implementa el contrato original. Finalmente, el programador avanza a box IV. Es importante tener en cuenta que algunos errores pueden estar en el texto original y, por lo tanto, pueden requerir la modificación del texto que figura en el recuadro i. Volveremos sobre este tema en la Sección 7.

(3) **Contrato digital codificado**: el programador, posiblemente después de corregir varios errores, produce un contrato digital que es equivalente al contrato original que se muestra en el cuadro i, ejecutable, libre de errores y listo para su implementación. Las líneas que se muestran en las casillas ii, iii y iv dan una idea de la estructura del contrato expresada en código ejecutable. Estrictamente hablando, estas líneas tienen que ser compiladas antes de que sean ralamente ejecutables, pero estos detalles técnicos son irrelevantes a nivel de discusión de este trabajo. Así, diremos que el contrato digital producido por el programador es ejecutable.

(4) **Contrato digital implementado**: El programador implementa el contrato digital en un entorno de ejecución. Por ejemplo, en una cadena de bloques como Ethereum o Hyperledger. El contrato digital ahora está listo para reaccionar a las acciones enviadas por Alice y Bob desde sus respectivas computadoras (por ejemplo, computadoras portátiles, teléfonos móviles, tabletas, etc.). Decimos que el contrato digital ya está en ejecución. El entorno de ejecución garantiza que el contrato digital esté protegido de alteraciones y permanece operativo cuando la interacción comercial entre los participantes está en marcha. Volvemos a este tema en la Sección 6.1.

(5) **Contrato digital ejecutado:** Alice y Bob ejecutan el contrato digital para interactuar entre ellos. El contrato digital es responsable de cumplir las obligaciones de Alice y de Bob estipuladas en el contrato original

... algunos autores distinguen cinco fases sucesivas y estrechamente entrelazadas: conceptualización, implementación, aprobación, ejecución y finalización[[26]](#footnote-26) .

## 2.2.1. Derechos, obligaciones, prohibiciones y operaciones

Desde una perspectiva técnica, un contrato se concibe como un conjunto de cláusulas que estipulan derechos, obligaciones y prohibiciones que se espera que cumplan las partes o firmantes. Los derechos, obligaciones y prohibiciones están asociados al menos con una operación. Una operación es una acción comercial ejecutada por una parte que cambia el estado de desarrollo del contrato.

Intuitivamente, un derecho es una operación que una parte tiene la facultad de ejecutar. Una obligación es una operación que se espera que una de las partes ejecute. Finalmente, una prohibición es una operación que una parte no se espera que ejecute. Por ejemplo, en el contrato de la Fig. 2 Bob tiene la obligación de pagar a Alice $100,00 bajo ciertas condiciones (hasta el 31/12/2021). Para respetar esta obligación Bob necesita ejecutar con éxito a través de algún mecanismo la operación correspondiente "pagar 100,00 a Alice" antes de la fecha límite. En la práctica, los contratos incluyen varias obligaciones. Por ejemplo, un comprador tiene la obligación de pagar y un vendedor la obligación de entregar y la obligación de reembolsar. Por lo tanto, para cumplir con todo el contrato, las partes signatarias deben responder con cada obligación mediante la ejecución de la operación correspondiente: pagar, entregar y reembolsar en este ejemplo. La motivación para utilizar contratos digitales es que automatizan la ejecución de operaciones en cumplimiento de los derechos, obligaciones y prohibiciones estipuladas en el contrato. La ejecución automática libera a las partes signatarias de la molestia de cumplir con las obligaciones correspondientes de forma manual.

Para comprender la ejecución en los contratos digitales, es útil considerar la ejecución de un contrato digital como la ejecución de varias operaciones interrelacionadas donde la ejecución de una de ellas cumple una obligación y puede habilitar o inhabilitar a otras.

Los contratos normalmente incluyen varios derechos, obligaciones y prohibiciones, por lo tanto, involucran la ejecución de varias operaciones interrelacionadas donde la ejecución de una de ellas cumple una obligación y puede habilitar o deshabilitar a otras. Algunos autores consideran cada derecho, obligación y prohibición como un contrato individual. En este modelo, un contrato se compone de uno o más subcontratos interrelacionados.

## 2.2.2. Ejecución del contrato

En los contratos automáticos, las operaciones se ejecutan mediante la ejecución del código ejecutable. La figura 6 muestra la ejecución de una operación de pago. En ella, se supone que en un contrato Bob (el pagador) debe pagar $100 a Alice (la beneficiaria). La aplicación de Bob está instalada en su computadora portátil y la de Alice está instalada en su teléfono móvil. Además, se asume que el código ejecutable que lleva a cabo la operación de pago está implementado en un lenguaje de programación e instalado en una computadora local, en un servidor en la nube o en una cadena de bloques, estos detalles de implementación son irrelevantes para este estudio.

Para pagar a Alice, la aplicación de Bob ejecuta la operación 'pagar $100' a través del código ejecutable. Como respuesta, el código ejecutable efectúa la operación y como resultado, la aplicación de Alice recibe una notificación de pago, por ejemplo, el comprobante bancario del pago.

Obsérvese que la Fig. 6 muestra solo la ejecución de la operación de pago. no hay mecanismos digitales establecidos para detectar la falla de Bob para realizar la operación de pago o para exigirle su cumplimiento de forma automática. Esta limitación se aborda con la ayuda de un contrato digital que se puede implementar para monitorear (ver Fig. 8) o hacer cumplir (ver Fig. 9) la ejecución de las operaciones contractuales. Esta observación conduce a la categorización de los contratos en: contratos de seguimiento o monitoreo y cumplimiento de contratos. La Fig. 7 resume sus principales características.

## 2.2.3. Seguimiento o monitoreo de contratos

El monitoreo o seguimiento de contrato es una técnica en la que se observa de forma pasiva el desarrollo de la ejecución de un contrato digital y se almacena los registros de la operación efectuada por las partes firmantes. El monitoreo es pasivo en el sentido de que no interfiere con el desarrollo del contrato; solo observa y mantiene registros para potenciales exámenes post morten. Por ejemplo, si se plantea una disputa.

La Fig. 8 muestra un contrato digital de monitoreo o seguimiento que puede usarse para monitorear la ejecución de la operación de pago. Nótese que el contrato digital está directamente interrelacionado con el código ejecutable que implementa la operación de pago. De hecho, en la literatura existente, los dos componentes se discuten con frecuencia como uno solo. En nuestra opinión, la separación ayuda a comprender cómo funcionan los contratos automáticos.

(1) La aplicación de Bob sitúa la operación "ejecutar pago $100" en el código ejecutable.

(2) El código ejecutable efectúa la operación y, como resultado, la aplicación de Alice recibe una "notificación de pago", por ejemplo, un recibo bancario.

(3) El código ejecutable proporciona el contrato digital que se encarga de monitorear y registrar la ejecución de la operación de “pago $100”, iniciada por Bob.

(4) El contrato de monitoreo analiza los registros, determina si la operación "pagar 100" es legal (conformidad contractual) o no y almacena el documento junto con sus resultados (conformidad contractual o incumplimiento de las estipulaciones contractuales) en una base de datos. Los registros acumulados en la base de datos se puede utilizar para realizar un examen post-mortem (fuera de línea) del desarrollo del contrato.

## 

## 2.2.4. Cumplimiento o exigibilidad del contrato

La ejecución de contratos es una técnica en la que se observa la ejecución de un contrato digital para observar el desarrollo de un contrato e interferir con la ejecución de operaciones para asegurar que las partes no incumplen el contrato. Como se muestra en la Fig. 9, para ser preventivo, la aplicación necesita operar de manera intrusiva, en lugar de no intrusiva como en el monitoreo de contratos.

En el ejemplo de la figura, se implementa un contrato digital para exigir la ejecución de la operación "pagar 100" que se muestra en la Fig. 6 y en la Fig. 8. El contrato digital es responsable de seguir el desarrollo del contrato y asegurar que la operación ”pago 100” se realiza cuando sea necesario según lo estipulado en el contrato, por ejemplo, dentro del plazo de cumplimiento.

(1) La aplicación de Bob coloca la ejecución de la operación "pagar 100" en el código ejecutable.

(2) La operación es interceptada por el contrato digital y analiza que el contrato cumpla con las estipulaciones establecidas. Si es así, el contrato reenvía la operación al código que implementa la operación de pago, de lo contrario (si la operación es ilegal) el contrato se descarta la operación de modo que se impida su ejecución.

(3) Cuando la operación "pagar 100" alcanza el código ejecutable, se ejecuta "pagar 100". La aplicación de Alice no necesariamente recibe el dinero real, podría recibir solo una notificación de pago, como se muestra en la figura, por ejemplo, un recibo bancario.

(4) El contrato de ejecución es responsable de asegurar que Bob cumpla con su obligación pagar. En consecuencia, incluye un mecanismo de recordatorio (recordatorio de pago) que es activado cuando el contrato advierte que la solicitud de Bob aún no ha pagado y el plazo para pagar está a punto de expirar. Hay que destacar que el contrato también permite solo la ejecución de operaciones legales; por ejemplo, no le permitirá a la aplicación de Alice ejecutar una operación de "pago 100" fuera de la ventana de pago, es decir, antes o después de los días de pago pactados.

A nivel de implementación, el contrato digital es una máquina de estados finitos que sigue el desarrollo del contrato. Sabe con precisión qué operaciones se han cumplido, violados y se encuentran pendientes; como resultado, el contrato es capaz de detener la ejecución de operaciones ilícitas y de exigir el cumplimiento de operaciones pendientes o, al menos, enviar mensajes de advertencia.

La facultad de exigibilidad depende de las particularidades para ejecutar las operaciones; por ejemplo, un contrato puede exigir el cumplimiento de la operación de "pagar 100" de Bob si se le proporciona dinero por adelantado, como en depósito, o vinculado a las cuentas de Alice a través de alguna API; De lo contrario, el contrato solo puede enviar un mensaje de advertencia a la aplicación de Bob para recordarle la obligación pendiente; Luego, depende de la aplicación de Bob cumplir o violar el contrato.

Desde la perspectiva del nivel de interferencia que provoca el contrato digital en la ejecución de las operaciones contractuales, los contratos digitales se pueden categorizar en dos clases: seguimiento o monitoreo y cumplimiento o exigibilidad de los contratos, como se muestran, respectivamente, en la Fig. 8 y Fig. 9. La distinción entre monitoreo y cumplimiento es crucial en Lex Cryptographia y fue prevista por Primavera De Filippi [29] y otros autores. Desafortunadamente, ellos no han tomado en cuenta el monitoreo o seguimiento contractual; su enfoque principal está en la aplicación de los contratos.

## 2.3. Grados de automatización

Nótese que la automatización en el cumplimiento contractual no es binaria (todo o nada), sino una línea que se extiende desde la ausencia de automatización hasta grados crecientes de automatización. Comprender esto como un espectro es útil. De hecho, contratos que, en menor o mayor medida, proporcionar cierto grado de automatización ya están en uso en los negocios en línea actuales. Por ejemplo, los usuarios normalmente firman contratos en línea con el Servicio de Proveedores de Internet para suscribirse a servicios de banda ancha; asimismo, los usuarios obtienen acceso a redes sociales como FaceBook y Twitter luego de firmar contratos en línea que estipulan los términos y condiciones de acceso a la plataforma de la red social, las compras en línea también implican la firma de contratos en línea. Sin embargo, el objetivo es implementar contratos más sofisticados que se pueden utilizar para automatizar la aplicación de la ley según lo previsto en la Lex Cryptographia[[27]](#footnote-27) y Computational Law [?], Computable Contracts [?] y Legislaciones legible por computadora[[28]](#footnote-28) y Contratos sabios[[29]](#footnote-29). Los avances en la automatización del contrato ha resultado en una gran variedad de contratos que hemos categorizado, como se muestra en la Fig. ??. Discutiremos las subcategorías de contratos automatizados por separado en secciones posteriores.

## 2.4. Comparación de la terminología de abogados e ingenieros de software

Una rápida mirada a las Figs. 3, Fig. 4 y Fig. 5 revelarán que no hay consenso entre la terminología utilizada por abogados e ingenieros de software. La identificación de los conceptos legales y técnicos no es directa y en relación de uno a uno. Por ejemplo, ¿la separación de etapas en un contrato no automático como se muestra en la Fig. ?? mp están tan claras en un contrato digital[[30]](#footnote-30). Además, existen algunos conceptos en los contratos legales, pero no en los contratos digitales y viceversa. Por ejemplo, en los contratos no automáticos, las firmas se colocan simultáneamente sobre el documento de papel, las partes signatarias se encuentran físicamente en la misma habitación; por lo tanto, la noción de vinculación legal simultánea es natural. En cambio, en los contratos digitales, la simultaneidad se pierde porque el contrato se firma de forma remota utilizando protocolos de firma contractuales[[31]](#footnote-31). Por citar otro ejemplo, en los contratos no automáticos una firma es un componente gráfico, elaborado a partir de alguna sustancia química, en su propio derecho, en la medida en que se puede ver como un componente gráfico que se agrega al documento. Por el contrario, el concepto de firma como componente visible de un documento se desdibuja en algunos contratos automáticos, concretamente en contratos firmados con claves pub-priv. Aquí se puede usar un programa para verificar si un documento está firmado o no por Alice, pero no hay forma de ver la firma de Alice separada de un documento, digamos, antes de los signos o como un componente gráfico del documento firmado. Para explicar estas y otras cuestiones y comparar la terminología utilizada por abogados e ingenieros de software, usaremos el ejemplo de contrato que se muestra en la Fig. 10. El ejemplo fue tomado de[[32]](#footnote-32) donde también utilizamos el código de Solidity. Hemos omitido algunas de las funciones para simplificar nuestra discusión.

La Fig. 11 muestra el ciclo de vida del contrato del ejemplo de la Fig. 10. Hemos etiquetado las casillas con los términos utilizados por abogados e ingenieros de software.

Analicemos la Fig. 11 desde la perspectiva técnica.

• **Contrato en lenguaje natural**: El ciclo de vida del contrato digital comienza en el recuadro 8 donde Alice y Bob tienen un contrato escrito en lenguaje natural, como muestra el texto que se muestra en la Fig. 10, presumiblemente redactado por un abogado. Nótese que el texto no está firmado por Alice o Bob bajo firmas holográficas.

• **Codificación del contrato digital**: esta etapa consta de dos pasos: la codificación del contrato digital que tiene lugar en la casilla 9 y la prueba del contrato digital que tiene lugar en el rombo 10. Nótese que, en aras de la simplicidad, la Fig. 5 no muestra la etapa de prueba. La falta de satisfacción de los requisitos de prueba lleva de nuevo al contrato escrito en lenguaje natural (recuadro 8) donde Peter, el programador junto con Alice y Bob revisan el texto del contrato. Aunque no se muestra explícitamente en la figura, es muy posible que el texto del contrato se altere, por ejemplo, para corregir ambigüedades que impiden que Peter escriba un sonido contrato digital.

• **Depuración de contratos digitales**: como se muestra en el lado izquierdo de la figura, el agregado de los pasos 8, 9 y 10 se conoce como depuración de contratos digitales, ya que tiene como objetivo descubrir y eliminar errores (bugs) del código del contrato digital escrito en un lenguaje de programación y del texto del contrato escrito en lenguaje natural. En la práctica, los requisitos de prueba son impuestos por los usuarios del contrato digital (Alice y Bob en este ejemplo). Los requisitos adicionales posiblemente son impuestos por otras partes, como los propietarios del entorno de ejecución donde se desplegará el contrato digital y organismos de normalización como los gobiernos para garantizar el funcionamiento seguro del contrato digital.

• **Implementación del contrato digital**: una vez que el contrato digital cumple con todos los requisitos de prueba, está listo para su implementación en un entorno de ejecución, por ejemplo, en la cadena de bloques Ethereum, como ejemplo particular. En el recuadro 11, Peter, el programador, despliega el contrato digital y lo deja listo para que Alice y Bob lo ejecuten.

* **Ejecución de contratos digitales y cumplimiento de obligaciones:** recuadros 12 a 16 representan la ejecución del contrato digital, en la terminología de los ingenieros informáticos. Los derechos, obligaciones y prohibiciones estipulados en el contrato son cumplidas por el contrato digital El código digital permite la ejecución sólo de operaciones que son debe cumplir el contrato. El mecanismo de ejecución utilizado por el contrato digital es similar al que se muestra en la Fig. 9.

◦ El rombo 12 representa el derecho de Alicia a hacer una apuesta y corresponde a la cláusula 3 del texto que se muestra en la Fig. 10. El contrato digital le permite a Alice ejecutar una operación de "apuesta" siempre que la operación se ejecute antes de la fecha límite. El contrato termina si Alice no ejerce su derecho a apostar.

◦ El rombo 13 representa el derecho de Bob a hacer una apuesta y corresponde a la cláusula 4 del texto que se muestra en la Fig. 10. El contrato digital le permite a Bob ejecutar una operación de "apuesta" siempre que la operación se ejecute antes de la fecha límite. El contrato termina si Bob no ejerce su derecho a apostar.

◦ El rombo 14 representa los derechos de Alice y Bob para cancelar la apuesta y corresponde a la cláusula 5 del texto que se muestra en la Fig. 10. El contrato digital le permite a Alice ejecutar una operación de "cancelar" siempre que la operación se ejecute antes de la fecha límite.

◦ La casilla 16 representa la devolución de dinero cuando Alice o Bob cancela la apuesta y corresponde a la cláusula 5 del texto que se muestra en la Fig. 10. El contrato digital reembolsa automáticamente el dinero de la apuesta a Alice y a Bob.

◦ La casilla 15 representa el pago al ganador y corresponde a la cláusula 6 del texto que se muestra en la Fig. 10. En primer lugar, el contrato digital lee automáticamente ls temperatura actual (por ejemplo, de la página web del servicio meteorológico). A continuación, determina automáticamente quién es el ganador y envía el dinero a Alice o Bob y termina, es decir, avanza a la elipse 17.

• **Finalización del contrato digital**: El contrato digital se completa cuando la ejecución del código alcanza la elipse 17. En esta etapa, el contrato digital está inactivo en el sentido de que todavía está almacenado en su entorno de ejecución (por ejemplo, en Ethereum blockchain) pero ya no reacciona a las operaciones iniciadas por Alice o Beto.

Analizamos la figura 11 desde una perspectiva jurídica que se desarrolla en los recuadros 12 a 17.

• **Oferta:** El rombo 12 corresponde a la cláusula 3 del texto que se muestra en la Fig. 10. El acto de apostar 29 dólares representa la oferta de Alicia que Bob puede aceptar o rechazar. En la terminología contractual 20 dólares es una oferta.

Apostar es un derecho que el contrato le otorga a Alice. Ella puede realizar una oferta y avanzar a la casilla 13 o abandonar la negociación y hacer que el contrato digital avance hasta la elipse 17 donde termina.

• **Contraprestación (*consideration)*, aceptación y ejecución del contrato**: Rombo 12 corresponde a la cláusula 4 del texto que se muestra en la Fig. 10. El acto de Bob de apostar 10 dólares representa la aceptación de la oferta de Alice. En la terminología contractual, 10 dólares es una contraprestación (*consideration*). Apostar es un derecho que el contrato de la Fig. 10 le otorga a Bob. Él puede abandonar la negociación y hacer que el contrato digital avance a la elipse 17 donde termina. Alternativamente, Bob puede responder con una contraprestación (*consideration*) que en terminología legal ejecuta el contrato. El acto de Bob de ejecutar la operación "apostar 10 dólares” por vía electrónica equivale a firmar el contrato a mano con tinta sobre papel y con firma holográfica. Bob acepta la oferta de Alice y avanza a la casilla 14 donde comienza la etapa de cumplimiento del contrato.

• **Cumplimiento**: El cumplimiento del contrato es capturado por el rombo 14 y las casillas 15 y 16. Obsérvese que el rombo 14 otorga el derecho a Alice y a Bob a cancelar la apuesta. En este ejemplo, asumimos que la operación de cancelación es

iniciada directamente por Alice o Bob, es decir, implica la intervención humana. Sin embargo, no hay dificultades técnicas en la programación de los dispositivos de Alice y Bob para cancelar automáticamente, por ejemplo, dependiendo de sus saldos bancarios actuales. El cumplimiento que se muestra en las casillas 15 y 16 es totalmente automático. no requiere Intervención de Alice o Bob.

• **Conclusión**: El contrato legal se completa o concluye en la elipse 17.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Term | Lawyers’ interpretation | Computer engineers’  interpretation |
| Contract | A formal agreement written in natural language and enforceable in court. | A piece of executable code that enables or disable the execution of operations when certain conditions hold. |
| Contract formation | A formal agreement written in natural language and enforceable in court. | A piece of executable code that  enables or disables the execution of operations when certain conditions hold. |
| Contract conclusion | The act of reaching an agreement between two parties which are left legally bound. | Corresponds to contract  signature. Contract conclusion is used as synonymous of contract termination. |
| Code | A collection of laws of a country, related to a particular subject,  e.g. the French civil code. | A digital representation of  information, e.g. the digital representation of a contract that is automatically executed. |
| Codification | The process of systematically organising laws, e.g. into codes, sections, subsections and articles. | The translation of a law (e.g. of  an article) written in a natural language to an equivalent written in a programming language. |
| Contract coding | No equivalent term. | The translation of a contract  written in a natural language to an equivalent written in a programming language. |
| Contract  deploy- ment | — | The installation of the executable  code that represents the contract in an execution environment to have it ready for execution. |
| Contract execution | The act of signing a contract after mutual agreement. | The act of launching (running,  executing) the executable code that represents the contract. |
| Contract transaction | Action is the closes term. | An operation (e.g. pay, cancel,  deliver, etc.) to be executed to fulfill a contract. |
| Contract  enforce- ment | A legal dictation to force an individual that has breached a contract to restore the damage. | The automatic execution of all  the operations included in the terms of the contract to fulfil the contract. |
| Operation enforce- ment | No equivalent term??? | The digital contract intrusively  allows, initiates and prevents the execution of operations related, respectively, to rights, obligations and prohibitions. |
| Operation monitoring | Collection of documentary evidence of contract actions. | The digital contract automatically  and non–intrusively observes and records the operations (e.g. pay) executed by the signatories for post–mortem examination. |
| Contract perfor- mance | The fulfillment of the terms of the contract. | A measure of the efficiency of a  contract in terms of execution speed and amount of resources consumed (memory, disk, network.) |
| Contract  termina- tion | The end of the performance of a contract. | A contract terminates (completes)  when it stops its execution because it has been fulfilled (no pending obligations). |

**Table 2.**Comparison of contract terminologies.

* + Holographic hand- written signatures

signatures

* Electronic signatures
  + Fax signature
  + Email signature
  + Keyboard signature
  + Password signature
  + PIN signature
  + Security devices (online banking) signatures
  + Scanned holographic signature
  + Mouse drawn holographic signature
  + Electronic pen drawn holographic signature
  + Finger drawn holographic signature
  + Biometric signature
  + **Digital signatures (also called cryptographic signature)**

**Figure 12.**Categorisation of signatures from the perspective of technology used to place them.

La tabla. 2 presentan un resumen de la terminología utilizada por los abogados e ingenieros informáticos.

## Firmas y contratos

Actualmente se utilizan varios tipos de firmas en el comercio electrónico. Desde la perspectiva de la tecnología electrónica se pueden agrupar en dos categorías:

• Firmas realizadas a mano u holográficas: también llamadas firmas manuscritas, son firmas plasmadas en papel con tinta química. No utilizan tecnología electrónica.

• Firmas electrónicas: son firmas realizadas a través de tecnologías electrónicas

como fax, correo electrónico, números pin, botones de aceptación, clave pub-priv y otras tecnologías.[[33]](#footnote-33)

◦ Firmas basadas en clave pública: son las firmas electrónicas más sofisticadas. Por tal motivo, normalmente se tratan por separado bajo el nombre de firmas digitales o firmas criptográficas. En nuestro trabajo utilizaremos el término firmas electrónicas no digitales para referimos a cualquier firma electrónica con excepción de las firmas basadas en claves privadas.

La Fig. 12 muestra un resumen de las firmas que están actualmente en uso.

### **3.1. Contratos firmados manualmente y contratos firmados electrónicamente**

Con respecto al tipo de firma que se coloca en un contrato legal, distinguimos entre

dos clases de contratos:

• Contratos firmados manualmente.

• Contratos firmados electrónicamente.

La Fig. 13 resume el punto. Los contratos firmados manualmente están protegidos por firmas efectuada de la manera convencional, es decir, una firma holográfica escrita con una pluma de tinta en una hoja de papel. Los contratos firmados electrónicamente llevan firmas colocadas usando una de las tecnologías que se muestran en la Fig.13. Algunos autores los llaman “contratos firmados en línea” para enfatizar que el acto de firmar se lleva a cabo en línea, en el sentido de que el documento firmado se transmite en línea a las partes interesadas. Usaremos ambos términos indistintamente en comentarios posteriores. Mostraremos ejemplos específicos en la Sección 4.

## 4. Contratos no automáticos

La característica más destacada de los contratos no automáticos es que se *cumplen o realizan* de forma manual, es decir, la ejecución de sus *acciones* no implica la ejecución del código informático. Resaltamos que, en relación con la ejecución o celebración del contrato, la firma es un tema diferente. De hecho, los contratos no automáticos (los objetos de interés de esta sección) se pueden firmar de forma manual o electrónica. Los discutiremos por separado.

## 4.1. Contratos firmados manualmente

Definimos a un contrato **firmado manualmente** como un contrato legal negociado, escrito exclusivamente en lenguaje humano en una hoja de papel, firmado por medio de firmas manuscritas y realizado o cumplido sin la asistencia de tecnología informática. Los contratos firmados manualmente son los contratos tradicionales que se han utilizado durante siglos. La Fig. 14 muestra un ejemplo de un contrato hipotético firmado manualmente escrito en español y acordado entre Alice y Bob (los firmantes).

### **4.1.1. Formato y firma del contrato**

Para firmar el contrato, Alice y Bob se reúnen en un lugar físico, imprimen dos copias del contrato (el documento que se muestra en la Fig. 14) en papel (A4 o papel carta) y las firman simultáneamente con un bolígrafo de tinta húmeda. Alice se queda con una copia y Bob con otra Los documentos firmados se almacenan en archivadores tradicionales.



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| interaction | This is an agreement between Alice …  **Clause 1:** Bob shall meet Alice in Florence on 25th Apr 2021 …  **Clause 2:** Alice shall spend 50 on the  Alice’s sign Bob’s sign  *AliceWonder BobGood* | interaction |
|  |  |

Lugar de celebración:

Florencia

Fecha de firma:

29 Dic 2020

Datos personales de Alice:

Nombre y Apellido: Alice Wonder Home

Dirección: Arte n° 2

Datos personales de Bob:

Nombre y Apellido: Bob Good

Dirección: Rich n°5

**Cláusula 1:** Bob debe encontrarse con Alice en Florence el día 25 de abril de 2021, y enteregarle 100 euros en efectivo en concepto de pago por la creación de un cuadro de una flor blanca.

**Cláusula 2:** Alice debe desembolsar 50 % del dinero en comprar el material y enviarle por correo postal los recibos a Bob dentro de los 5 días de recibido

el dinero.

Firma de Alice’: A¬ i£eWon¤e r

Firma de Bob: BobGoo¤

Este es un contrato entre Alice Wonder (el artista) y Bob Good (el benefactor)



### **4.1.2. Ejecución del contrato**

La Fig. 15 muestra la celebración o ejecución de un contrato firmado manualmente. Alice o Bob no tienen dispositivos informáticos. Decimos esto para enfatizar que no utilizan tecnología informática para celebrar o ejecutar el contrato. En efecto, dado que las operaciones especificadas en las cláusulas del contrato implican la manipulación de objetos físicos (efectivo y documentos en papel, respectivamente), este contrato no puede ejecutarse automáticamente. Es un contrato ejecutable de forma manual. En la figura, las flechas etiquetadas como interacción indican que Alice y Bob interactúan con la hoja de papel A4 firmada de la manera tradicional.

Aclaramos que puede haber ejemplos de contratos que incluyan operaciones que pueden ser automatizados; sin embargo, si Alice y Bob deciden realizarlo o celebrarlo o suscribirlo o ejecutarlos de manera tradicional y no convertirlo a código digital, entrarán en la categoría de contratos ejecutados manualmente.

## 4.2. Contratos firmados electrónicamente

Definimos a un contrato firmado electrónicamente como un contrato legal negociado y firmado por medio de una firma electrónica de clave pública y privada.

### **4.2.1. Formato y firma del contrato**

La Fig. 16 muestra un ejemplo de un contrato hipotético firmado electrónicamente por Bob a través de un mensaje de correo electrónico enviado desde su dispositivo y firmado por Alice a través de una respuesta de correo electrónico enviada desde su dispositivo. Destacamos que los dispositivos son utilizados por Bob y Alice solo para firmar el contrato. El contrato se firma online, es decir a distancia, y, en consecuencia, no está firmada simultáneamente por Alice y Bob —uno de ellos siempre

lo firma primero.

### **4.2.2. Ejecución del contrato**

La Fig. 17 muestra la ejecución del contrato. Suponemos que se realiza (ejecuta, en la jerga informática) sin ninguna tecnología, Se espera que Alice llame a la Oficina local de Western Union para cobrar en efectivo el pago de Bob. En otras palabras, la operación, "Pagar 100 a Alice" no se realiza automáticamente.

La pregunta que surge aquí es la validez de la firma de Bob. Obsérvese que Bob envía su correo electrónico desde una cuenta de gmail.com, por lo que Bob@gmail.com es una firma, alguien puede preguntarse, quién lo certifica. Es bien sabido que no es difícil abrir una cuenta de correo electrónico en gmail y otros servicios de correo electrónico gratuitos como Hotmail bajo datos personales falsos como nombre falso, edad, sexo, ubicación, etc. Desde la perspectiva de la confianza, la dirección de correo electrónico de Bob es diferente de Alice@cam.ac.uk, de Alice, que le fue otorgada por la Universidad de Cambridge, una institución de confianza.

**Figure 16. An online signed contract written in English.**

Creemos que esta pregunta necesita un análisis profundo; argumentamos que decir que los emails son aceptados como firmas electrónicas legales es engañoso; tal vez no todos son.

## 5. Contratos automáticos

Los contratos se pueden clasificar en contratos tradicionales (sin automatización) y contratos digitales con diferentes grados de automatización. En esta sección, discutiremos cinco sub-clases de contratos digitales que existen en el espectro entre la ausencia de automatización y la automatización plena o total:

• Contratos redactados en lenguaje natural.

• Contratos escritos únicamente en código.

• Contratos escritos en código, pero respaldados por un contrato tradicional.

• Contratos híbridos.

• Contratos multimedia

En[[34]](#footnote-34) distinguen cuatro tipos de contratos...

### **5.1. contrato de lenguaje natural**

Definimos a un **contrato en lenguaje natural** como un contrato que i) está escrito en lenguaje natural (por ejemplo,español, inglés) en una hoja de papel (por ejemplo, A4) ii) firmado solo con firmas manuscritas y iii) incluye uno o más compromisos contractuales que son exigibles automáticamente por medio de un código de computadora ejecutable. En algunos contratos, todas las cláusulas se pueden ejecutar automáticamente, pero en otras, solo algunas de ellas.

**Figure 18. A natural language contract**.

La Fig. 18 muestra un ejemplo de contrato en lenguaje natural que se puede ejecutar parcialmente de manera automática. La cláusula 1 se refiere a la transferencia de dinero a través de operaciones bancarias, por consiguiente, se puede traducir a un código de computadora ejecutable y llevarse a cabo automáticamente. Sin embargo, la cláusula 2 implica la transferencia de elementos tangibles (recibos impresos en papel) por correo postal, por lo tanto, sólo puede realizarse de la manera tradicional. Por consiguiente, este contrato puede ser cumplirse en forma automática sólo parcialmente.

#### **5.1.1. Formato y firma del contrato**

La firma del contrato es la misma que en los contratos firmados manualmente (ver Sección 14); sin embargo, la ejecución o celebración o suscripción es diferente. Alice y Bob se encuentran en un lugar físico, imprimen dos copias del contrato (el documento que se muestra en la Fig. 18) en papel (A4 o papel de carta) y las firman simultáneamente. Alice se queda con una copia y Bob con otra. Las hojas A4 firmadas se almacenan en archivadores tradicionales, pero también se utilizan para la codificación de las cláusulas que se ejecutan automáticamente, cláusula 1 en el ejemplo de la Fig.18.

**Figure 19. Coding of clause 1 in executable computer code**

### **5.1.2. Codificación de contratos**

El código ejecutable que se utiliza para hacer cumplir la Cláusula 1 se implementa de la siguiente manera:

(1) Alice y Bob acuerdan contratar a Peter (un programador profesional o ingeniero de software) para producir el código ejecutable que intentará cumplir la obligación de Bob expresada en la Cláusula 1, automáticamente. La codificación del contrato se muestra conceptualmente en la Fig. 19.

(2) Peter traduce el texto en inglés de la Cláusula 1 a un lenguaje de programación. A

este nivel de discusión, el lenguaje específico es irrelevante, por ejemplo, puede usar un lenguaje de blockchain como el script de Bitcoin y Solidity de Ethereum o un

lenguaje de programación de propósito general como C++ o Python. Usaremos este último para ilustrar la situación. El código que se muestra en la Lista 1 está lejos de ser una traducción precisa de la Cláusula 1. Su objetivo principal es dar una idea aproximada sobre cómo se ve una cláusula contractual cuando se traduce a código ejecutable.

1. Peter produce el código fuente Clause1.py que se muestra en la Lista 1. Decimos que los códigos fuente como Clause1.py son ejecutables en el sentido de que pueden ser ejecutados por una computadora directamente si se presentan a un intérprete o después de compilarlos con la ayuda de un compilador.

**Listing 1 Pseudocode of clause 1 of contract shown in Fig. 18**

## 5.1.3. Ejecución del contrato

La Clause1.py puede considerarse como un mecanismo (una herramienta de software o un agente) que ciegamente realiza la operación estipulada en la Cláusula 1. La Clause1.py es solo una parte de código de computadora sin noción de contratos. Por lo tanto, las disputas potenciales que podrían surgir de su ejecución se resolverám con la asistencia del documento firmado que figura en Fig. 18 después de recuperarlo de los archivadores.

Probablemente, antes de delegar la responsabilidad de cumplir con la ejecución de la Cláusula1, Alice y Bob verificarán minuciosamente que Clause1.py haga exactamente lo que estipula la cláusula 1. Comprobarán a fondo (posiblemente con la ayuda de los auditores) que Pedro tradujo correctamente la Cláusula 1 en Clause1.py. Igualmente importante, después de aceptar Clause1.py como válido, Alice, Bob y Peter recurrirán a mecanismos criptográficos (por ejemplo, hash, también llamados resúmenes) para garantizar que nadie pueda alterar la Clause1.py sin que Alice, Bob y Peter sean capaces de detectar la alteración.

**Figure 20. Execution of a contract written in natural language.**

Vale la pena enfatizar que, como se muestra en la Fig. 20, la ejecución de la Clause1.py tiene lugar en una sola computadora, es decir, el código se ejecuta de manera centralizada. La ejecución descentralizada de Clause1.py también es posible y una mejor alternativa en algunas aplicaciones Discutiremos este enfoque y los problemas que plantea en las siguientes secciones; por el momento, el enfoque centralizado que tomamos en la Fig. 20 es suficiente para explicar las ideas centrales sobre los contratos escritos en lenguajes naturales. También es importante tener en cuenta que el código no está directamente vinculado al documento que se muestra en la Fig. 18, en el sentido de que no existen mecanismos automáticos (por ejemplo, un enlace URL o una relación criptográfica) para relacionar Clause1.py con el texto de la cláusula 1 en la Fig. 18.

## 5.2. Contrato escritos únicamente en còdigo

Definimos un **contrato escritos ùnicamente en código** como un contrato cuyas cláusulas son expresadas únicamente en código ejecutable y no lleva firma manuscrita ni criptográfica.

La Fig. 21 muestra el ejemplo de un documento que se utiliza para producir el código de contrato que se muestra en la Lista 2. Obsérvese que en este ejemplo, tanto la Cláusula 1 como la Cláusula 2 son susceptibles de traducción a código ejecutable de computadora.

### **5.2.1. Formato y firma del contrato**

Alice y Bob aceptan los compromisos estipulados en la cláusula 1 y la cláusula 2. Además, acuerdan confiar el uno en el otro; en consecuencia, no firman el documento. Esto es un solución sensata cuando Alice y Bob se conocen o cuando las dificultades de la firma manuscrita sopesan sobre los beneficios, por ejemplo, porque Alice y Bob se encuentran en diferentes países. Desde una perspectiva legal, siempre que los requisitos de formación de los contratos se cumplen; oferta, aceptación, *consideration (common law*) e intención de crear relaciones jurídicas, entonces se ha formado un contrato.

**Figure 21. Contract recorded solely in code.**

**Almacenamiento del contrato**: No se utiliza ninguna versión en papel del contrato. La única representación del acuerdo es el código ejecutable que implementa la cláusula 1 y la cláusula 2.

## 5.2.2. Codificación de contratos

El contrato se ejecuta automáticamente, es decir, sin intervención humana ni acción. La ejecución automática solo es posible cuando, como en este ejemplo, todas las cláusulas incluidas en el acuerdo son susceptibles de traducción a código ejecutable.

Una limitación que podría no ser aceptable en algunas aplicaciones es que la ejecución del código no está vinculado a ningún contrato legal firmado por Alice y Bob. Esto significa que en el caso de disputa, Alice y Bob solo pueden recurrir al código ejecutable para remover? o a antecedentes probatorios para demostrar los compromisos y términos del contrato. No obstante, siempre que el código informático refleje los requisitos de formación del contrato, entonces se ha formado un contrato. Sin embargo, introduce una cuestión adicional, a saber, que el código de la computadora debe, en algún sentido, ser traducido para determinar el verdadero significado lingüístico. Esto es una deficiencia y no es tan efectivo como se cree, causando dependencia en la información de antecedentes y en el acuerdo, como conversaciones, correos electrónicos y similares, en caso de que existan.

El código ejecutable para realizar la Cláusula 1 y la Cláusula 2: un programador profesional, por ejemplo, Pedro escribe el código ejecutable para cumplir la Cláusula 1 y la Cláusula 2. El proceso es similar al que se muestra en la Fig. ??, excepto que esta vez tiene que traducir en código tanto la Cláusula 1 como la Cláusula. Los resultados se muestran en la Lista 2.

Listing 2 Code of contract shown in Fig. 21

### **5.2.3. Ejecución del contrato**

La Fig. 22 muestra la ejecución de un contrato escrito únicamente en código.

5.3. Contrato escrito en papel y en código

Definimos un **contrato escrito en papel y código** como un contrato con cláusulas que son expresadas en código ejecutable y vinculado criptográficamente a un contrato firmado a mano.

### **5.3.1. Formato y firma del contrato**

### **5.3.2. Codificación de contratos**

La motivación para vincular el código ejecutable de las cláusulas a un contrato firmado a mano. es abordar una limitación destacada de los contratos escritos únicamente en código. Una particularidad de estos últimos es que su código no deriva de documentos firmados. Una mirada cercana en la Fig. 21 y la Fig. 22 revelará que ni el texto del contrato ni el código ejecutable que implementa sus cláusulas (cláusula 1 y cláusula 2) están firmados.

**Figure 22. Execution of a contract written solely in code.**

Esta particularidad puede ser inaceptable en algunas aplicaciones ya que el contrato escrito únicamente en código podría no satisfacer los requisitos de la jurisdicción donde se ejecuta el código. Una posible solución a este problema es vincular criptográficamente el texto firmado del contrato a su código ejecutable, de la siguiente forma: Alice y Bob firman a mano el texto del contrato como se muestra en la Fig. 23. A continuación, el programador (por ejemplo, Peter) puede escanear el papel firmado para producir un documento digital (por ejemplo, en formato jpeg o pdf); llamémoslo firmadoContrText.jpeg. Luego, Pedro puede hacer hash firmedTextContr.jpeg para producir un hash (también llamado huella digital) de

firmadoTextContr.jpeg, por ejemplo, QmSNZBkCaRsAnDrAX3JgYsHm4n2aZmoRbSo. El hash garantiza que el texto del contrato no puede ser alterado. También puede ser utilizado como una dirección para almacenar el documento firmadoTextContr.jpeg en un sistema de archivos, por ejemplo en el IPFS. Igualmente importante, el hash se puede codificar en el código ejecutable que ejecuta las cláusulas del contrato de manera que el código y el archivo firmadoTextContr.jpeg están vinculados criptográficamente entre sí. Otra medida de seguridad que Alice y Bob pueden tomar es codificar el código ejecutable después de codificar el hash QmSNZBkCaRsAnDrAX3JgYsHm4n2aZmolUoR para garantizar que el código no pueda ser modificado. La idea se muestra en la Lista 3 donde la línea 30 (en azul) incluye el hash de firmadoTextContr.jpeg.

**Listing 3 CClause1.py implements clause 1 and 2 of contract of Fig. 23**

**Figure 23. Contract recorded on paper and code.**

**Figure 24. Execution of a contract written on paper and code (see Fig. 23).**

### **5.3.3. Ejecución del contrato**

La Fig. 24 muestra la ejecución del código de la Lista 3. Nótese que el código de la cláusula 1 está vinculado al archivo firmadoTextContr.jpeg que Peter produjo después de escanear el documento que se muestra en la Fig. 23

## 5.4. Contratos híbridos

Un contrato híbrido es un contrato que se ejecuta y se hace cumplir mediante un código ejecutable informático en colaboración con humanos. Es decir, existe parte en código de computadora y parte en texto lingüístico, y su ejecución ocurre parcialmente en la automatización de la computadora y en la intervención humana.

Concretamente, definimos a un contrato híbrido como un contrato que reúne dos condiciones:

• El contrato se escribe en código que puede ser recuperado por un programa lector desde un archivo, interpretado y desplegado en una pantalla de computadora como texto legible para humanos

• El contrato se firma bajo firmas criptográficas.

Normalmente, un contrato híbrido incluye uno o más compromisos contractuales expresados como código ejecutable que se puede ejecutar para automatizar total o parcialmente su ejecución o celebración y su exigibilidad o cumplimiento. Por total y parcialmente automático queremos decir que el código ejecutable se puede programar para que se ejecute hasta el final sin intervención humana o para ejecutar en modo conversacional. En este modo, el código ejecutable puede detenerse varias veces durante su ejecución para solicitar la intervención (digamos algunos datos de entrada o instrucciones de qué hacer a continuación) de los humanos cuando se necesita el juicio humano.

El elemento central de los contratos híbridos es el límite criptográfico entre el código ejecutable y el documento que contiene el texto legible por humanos. Nótese que algunos autores se refieren a los contratos híbridos como **contratos ricardianos.[[35]](#footnote-35)**

Elaboramos estos puntos con la ayuda del ejemplo que se muestra en la Fig. 25.

**Figure 25. Contract to be translated into a hybrid contract.**

### **5.4.1. Formato y firma del contrato**

Una limitación destacada de la ejecución de los contratos en lenguaje natural que se muestra en la Fig. 18, es la separación física y lógica entre el contrato y el código que implementa la cláusula 1 (ver ejecución en Fig. 20) La conexión entre el contrato en lenguaje natural que se muestra en la Fig. 18 y el código de la Lista 1, se hace manualmente en el sentido de que Alice y Bob no cuentan con mecanismos automáticos para relacionar el código de la Lista 1 al texto de la Fig. 18. Por ejemplo, no tienen mecanismos para navegar (i.e., por medio de clics del mouse) del texto de la Fig. 18 al código ejecutable en ejecución que se muestra en la Fig. 20 o al revés, desde el código ejecutable de la Fig. 20 hasta el texto que se muestra en la Fig. 18. Este inconveniente se agudiza en el contrato escrito únicamente en código, como el ejemplo de la Fig. 21. Obsérvese que las ejecuciones de la Cláusula 1 y la Cláusula 2 que se muestran en la Fig. 22 no son respaldadas por un contrato legal, no hay ningún texto que Alice, Bob o alguien más (por ejemplo, un juez) puedan referirse para evaluar la ejecución que tiene lugar en la figura. Estas limitaciones se pueden abordar con la ayuda de contratos híbridos de las cuales se muestra un ejemplo en la Fig. 25.

### **5.4.2. Codificación de contratos**

Supongamos que Alice y Bob contratan a Peter (un programador profesional) y delegan en él la responsabilidad de producir un contrato híbrido correspondiente al texto que se muestra en la Fig. 25. El programador produce la Lista 4, que es el texto que se muestra en la Fig. 25 pero complementado con etiquetas y las claves públicas de los participantes, de Alice y Bob respectivamente. Para simplificar la explicación, en este ejemplo asumimos que Peter usa notación JSON, pero se pueden usar otros lenguajes de etiquetas, incluido XML.

**Listing 4 ...**

Como se muestra en la Lista 4, asumimos que Alice y Bob acordaron que la cláusula 1 debe ser ejecutada automáticamente y la cláusula 2 manualmente. En consecuencia, Alice y Bob delegan la responsabilidad de traducir la cláusula 1 al código ejecutable. El proceso es el mismo que la conversión de la cláusula 1 del contrato en lenguaje natural que se muestra en la Fig. ?? excepto que Peter produce un contrato firmado digitalmente.

Hacemos la misma suposición con respecto a la corrección de la conversión, es decirr, Alice y Bob necesitan verificar que el código producido por Peter corresponda a lo que está estipulado en el texto de la cláusula 1. Probablemente, probarán el código de Peter cuidadosamente antes de proceder a firmar el contrato bajo sus firmas criptográficas. Supongamos que la verificación del código es exitosa y que Alice y Bob firman criptográficamente el contrato híbrido. El resultado se muestra en la Lista 5. Se pueden ver las firmas de Alice y Bob en las últimas líneas del texto.

**Listing 5 Code signed by Alice and Bob to produce a hybrid contract.**

Una de las fortalezas de los contratos híbridos se muestra en las claves de las cláusulas, es decir, ”implementación” y code\_hash\_and\_addr. La clave “implementación” de la cláusula 1 indica que la clausula 1 debe ejecutarse automáticamente, en este ejemplo, con la ayuda del código producido por Peter a partir del texto de la cláusula 1. El valor (QmSNZBD-kCa3...Hm4n2aZmolVUoR) de la clave **code\_hash\_and\_addr** es el hash del código producido por Pedro. Se utiliza con tres propósitos: es una huella digital que garantiza la integridad del código: no se puede alterar sin ser detectado; el hash también se utiliza como un identificador único del código y también, como la dirección para guardar el código en un sistema de archivos Si Alice y Bob almacenaran el código en el sistema de archivos IPFS, estaría bajo la dirección QmSNZBDkCa3...Hm4n2aZmolVUoR. Como se muestra en la Fig. 27, el hash se utiliza para vincular el código al contrato híbrido.

**Figure 26. Coding of a hybrid contract.**

La clave de "implementación" muestra que la cláusula 2 debe ejecutarse manualmente, respectivamente, el valor de **code\_hash\_and\_addr** es "NIL". La Fig. 26 muestra un resumen de los procedimientos para producir el contrato híbrido firmado con la ayuda de Peter.

### **5.4.3. Ejecución del contrato**

Una característica destacada de un contrato híbrido es que puede ser leído tanto por humanos como por programas de computadoras:

• Legible por humanos: significa que un humano como Alice y Bob puede mirar el texto (ver Lista 4) y entender lo que el documento estipula y sobre esta base, firmarlo criptográficamente para producir el documento que se muestra en la Lista 5. Asimismo, si la Lista 5 se presenta a un juez (por ejemplo, para resolver una disputa), él o ella podrán examinar el contenido del documento que en realidad es un contrato legal firmado.

• Legible por programa de computadora: significa que un programa de computadora es capaz de analizar o procesar e interpretar las etiquetas incluidas en el texto. Además, se puede utilizar para construir varios mecanismos para interactuar con el contrato híbrido. Por ejemplo, para ahorrarse la molestia de mirar las etiquetas incluidas en el texto, Alice puede usar un programa lector (también llamado visualizador o visor) que es capaz de interpretar las etiquetas y presentar un texto sin formato, limpio en la pantalla de la computadora. Como analogía, podemos mencionar que los lectores están incluidos en los navegadores convencionales (por ejemplo, Internet Explorer y Fire Fox) para mostrar páginas web que también son documentos etiquetados. Un buen lector podrá visualizar todo el documento en la pantalla o solo el componente solicitado por Alice o Bob, como el nombre completo del artista, el domicilio del benefactor o las cláusulas del contrato. Un lector más sofisticado incluirá funciones para ayudar a Alice y Bob a interactuar con el código ejecutable del contrato (con CClause 1 en este ejemplo); por ejemplo, para permitir que Alice solicite el estado actual de la ejecución, como qué cláusulas están pendientes, cuáles se han cumplido o violado, etc. El lector también se puede instrumentar para verificar que el código ejecutable de CCaluse 1 no ha sido alterado. Un lector utilizado para interactuar con un contrato más complejo (ver el contrato multimedia en la Lista 6), que incluye varios componentes, pueden ser instrumentados para localizarlos y recuperarlos.

**Figure 27. Execution of the hybrid contract**

Obsérvese que en la Fig. 27, el contrato híbrido y el código ejecutable que implementa la cláusula 1 se refieren entre sí criptográficamente. En la figura, están colocados en la misma computadora, sin embargo, no hay dificultades técnicas para implementarlos en diferentes computadoras conectadas remotamente a través de Internet. Asimismo, vale la pena notar que la cláusula 2 también se puede considerar como la cláusula 1: se puede convertir en código y ejecutar automáticamente. y no necesariamente en la misma computadora que el código de la cláusula 1; la ubicación de los códigos que implementan las cláusulas es irrelevante siempre que se puedan alcanzar o comunicar. En general, un acuerdo se puede convertir en un contrato híbrido en su totalidad (todas las cláusulas) o parcialmente (sólo algunas de las cláusulas); todo dependiendo de la naturaleza de las cláusulas; algunas podrían tener una ambigüedad accidental o intencional que hace que no sea susceptible de codificación informática; se pueden codificar otras cláusulas, pero los participantes pueden decidir ejecutarlas manualmente, digamos, por razones de eficiencia o para mantener la flexibilidad que el juicio del hombre provee; otras cláusulas podrían implementarse de forma semiautomática, que es, implementado de manera que en alguna situación se ejecutará completamente hasta su finalización sin requerir intervención humana pero en otras situaciones se detendrá su ejecución y se enviará una señal de alarma (por ejemplo, un mensaje de correo electrónico) a los participantes para solicitar la intervención humana para proceder al siguiente paso de la ejecución.

## 5.5. Contratos multimedia

Vale la pena observar que el código de CClause1.py en la Fig. 27 puede considerarse como un objeto que contribuye a la composición del contrato híbrido. En este ejemplo, es un fragmento de código ejecutable, pero en general, puede ser cualquier información digital, incluyendo, texto sin formato, figuras, videos, música, etc. Esta generalización convertiría el contrato híbrido que se muestra en la figura en un contrato multimedia.

### **5.5.1. Formato y firma del contrato**

Intuitivamente, definimos a un **contrato multimedia** como un contrato que se compone de varios elementos (objetos o piezas) de diferentes formatos como texto, código ejecutable, imágenes, sonido, video, etc.

De forma más precisa, podemos decir que un contrato multimedia debe cumplir las siguientes condiciones:

• El contrato tiene un componente principal que se escribe en código que se puede recuperar por un programa de lectura de un archivo, interpretado y desplegado en una pantalla de computadora como texto que sea legible para los humanos.

• Además del componente principal, el contrato incluye uno o más componentes multimedia ubicados arbitrariamente en la web pero relacionados entre sí por medio de enlaces criptográficos.

• El contrato se firma bajo firmas criptográficas.

La ejecución de un contrato multimedia es similar a la ejecución de un contrato híbrido, en el sentido de que se trata de un código ejecutable que cumple los compromisos contractuales de manera automática o semiautomática (cuando requieran intervención humana) y cláusulas que se ejecutan únicamente de la manera tradicional. Usaremos Lista ?? para elaborar nuestro argumentos

Las ventajas de los contratos multimedia son numerosas. Creemos que pueden contribuir significativamente a la automatización de la ley: una ley donde la mayoría de las reglas se ejecutan automáticamente por contratos multimedia que se refieren a objetos multimedia, incluidos otros contratos.

### **5.5.2. Codificación de contratos**

La lista 6 es un ejemplo de un contrato multimedia que incluye, además de las cláusulas contractuales del ejemplo anterior, dos componentes adicionales: el boceto de la pieza de arte que el artista se compromete a pintar y la foto de un trabajo similar del artista.

**Listing 6 Multimedia contracts signed by Alice and Bob.**

**Figure 28. Execution of a multimedia contract.**

### **5.5.3. Ejecución del contrato**

La Fig. 28 muestra la ejecución del contrato multimedia que se muestra en la Lista 6. Nótese que este contrato multimedia está relacionado con tres componentes (objetos): el código de la cláusula 1 y dos elementos de arte, es decir, un boceto de la obra de arte que el artista se compromete a producir y una foto de un trabajo similar del artista. El contrato multimedia hace referencia a las piezas de arte a través de sus hashes. Los hashes se utilizan para identificar piezas de arte y como direcciones para ubicarlos en los sistemas de archivos donde están almacenados. De esta manera QmSkeBD-

kCa3...mHn2aZjimSMFiP y QmPhoQBkCa3...mHn2aZjimCMJab identifican de forma única el boceto y la foto, respectivamente. Destacamos que el contrato multimedia y todos sus componentes están ubicados en la misma computadora por conveniencia de esta presentación; en la práctica, es más probable que estén ubicados en una computadora diferente. Para simplificar, el contrato multimedia y sus componentes se muestran de forma aislada, en la práctica, es más probable que forme parte de un gráfico arbitrario de otros contratos y componentes similares, al igual que las páginas web convencionales de Internet.

**Figure 29. Execution of the multimedia contract with machine readable legislations.**

Las legislaciones legibles por máquina se analizan en.[[36]](#footnote-36)

## 6. Categorización adicional de contratos

Esta sección resume el tema de la categorización de contratos y analiza tres

Categorías adicionales.

### **6.1. Despliegue centralizado y descentralizado de contratos**

Desde la perspectiva de la infraestructura utilizada para su implementación, clasificamos contratos digitales en. Ver la figura 30.

• Contratos digitales centralizados.

• Contratos digitales descentralizados.

Decimos que un contrato digital está centralizado si solo se ejecuta (instanciado o ejecutado) una sola réplica (copia). En cambio, decimos que un contrato digital está descentralizado si dos o más réplicas se ejecutan. Usaremos la Fig.31 para explicar los principales problemas involucrados en una u otra alternativa. Observe que en la figura, usamos el término contrato inteligente (SC) en lugar de "contrato digital" para que coincida con el término utilizado por la comunidad blockchain.

**Figure 30. Contract categories from the perspective of decentralisation.**

**Figure 31. Centralised and decentralised deployment of digital contracts**.

Como se muestra en la figura, la única réplica de un contrato centralizado se implementa en una computadora (PC) administrada por un tercero de confianza (TTP) ubicado en Internet, por ejemplo, puede ser un proveedor de nube. Desde el punto de vista técnico, la ubicación física de la computadora es irrelevante, siempre y cuando sea accesible para Alice y Bob. La figura muestra un contrato digital descentralizado que ha sido replicado cuatro veces. Se ejecuta la réplica SC1 en P C1, la réplica SC2 se ejecuta en P C2 y así sucesivamente. P C1, P C2, P C3 y P C4 son computadoras conectadas a Internet y miembros (nodo) de una cadena de bloques. Ejemplos de cadenas de bloques

son Bitcoin, Ethereum e Hyperledger. El protocolo de sincronización que ejecuta las cuatro réplicas es un algoritmo de consenso. Las réplicas deben ejecutarse juntas para sincronizar sus estados. Por ejemplo, si SC2 cumplió y registró la ejecución de una operación de pago, tiene que difundir la información a SC1, SC3 y SC4 para garantizar que todas las réplicas registran el cumplimiento de la obligación de pago.

Como se explica ampliamente en el Capítulo Descentralización, la infraestructura blockchain que alberga el contrato digital ofrece varias ventajas y abre la puerta a una gran clase de aplicaciones de contratos. Desafortunadamente, plantea varias cuestiones legales que actualmente son escasamente comprendidas.

**Figure 32. Contract categorisation from the perspective of the number of signatories.**

## 6.2. Contratos bilaterales y multilaterales

Desde la perspectiva del número de firmantes, los contratos se pueden clasificar en bilaterales cuando involucran solo a dos partes, y multilaterales cuando están firmados por más de dos partes Ver

Por otra parte, la definición de contrato comprendida en el artículo 1101 del Código Civil Francés [24] establece explícitamente que un contrato puede celebrarse entre dos o más personas. Los contratos multilaterales tradicionales no automáticos se utilizan en algunas aplicaciones como acuerdos multinacionales. Un ejemplo práctico de un contrato multilateral es un fianza que involucra a tres partes: una fiador (un proveedor de seguros), un obligante (la parte asegurada) y un principal (una parte que promete un servicio al obligante)[[37]](#footnote-37). VER FIADOR, ETC. La doctrina jurídica ha estudiado la versión automática de los contratos multilaterales (ver ejemplo[[38]](#footnote-38)) pero son difíciles de entender. En algunas situaciones es posible dividir un contrato multilateral en un conjunto de varios contratos bilaterales y utilizar mecanismos para gestionar sus interdependencias. Dado que los contratos bilaterales se utilizan con mayor frecuencia y son más fáciles de comprender, en nuestro trabajo nos centraremos sólo en ellos.

## 7. Trabajo futuro y discusión

## 7.1. ¿Por qué los llamamos contratos digitales?

Se puede argumentar que el término contrato digital...

Preferimos este término en lugar de contrato inteligente porque no encontramos este último intuitivo. De hecho, encontramos la palabra "inteligente" engañosa porque solo estamos hablando de código de computadora ejecutable sin noción de inteligencia. Algunos autores utilizan el término contrato electrónico; tenernos reservas al respecto porque en informática y otros campos relacionados, la palabra "electrónico" se utiliza para referirse a la tecnología de hardware (por ejemplo, circuitos y cables) que respalda la ejecución de contratos y otras aplicaciones de software. Consideramos a un contrato como un concepto de software que es independiente de la electrónica de la computadora; por lo tanto, preferimos no asociar el término electrónico con ellos.

Estamos de acuerdo en que "contrato ejecutable", "contrato automático", "contrato programable" y "contratos computacionales" son más intuitivos que los "contratos digitales". Sobretodo creemos que los dos últimos términos captan la idea con mayor precisión porque estamos hablando de contratos que se pueden programar en un lenguaje de programación para automatizar la ejecución de los compromisos contractuales. Habiendo aclarado este punto, todavía decidimos utilizar el término contrato digital para apoyar el término que actualmente es el más utilizado.

## 7.2. Legalidad de los contratos digitales

### **7.2.1. Ejecución automática de acuerdos**

Definimos un acuerdo como...

La Fig. 33 muestra el ejemplo de un documento que estipula un acuerdo entre Alice y Bob sobre una donación. Nótese que el contrato incluye dos cláusulas (Cláusula 1 y la Cláusula 2) que son susceptibles de traducción a código ejecutable por computadora y que Alice y Bob acuerdan ejecutarlo automáticamente.

Por cierto, este es un ejemplo típico de un acuerdo establecido entre benefactores y artistas donde los primeros apoyan la creación de una obra de arte. Estos acuerdos se realizan con frecuencia en plataformas de crowdfunding y se ejecutan automáticamente en línea.

**Formato y firma del acuerdo**: No se firma ninguna versión en papel del acuerdo bajo firmas holográficas. La única representación del acuerdo es el código ejecutable que implementa la cláusula 1 y la cláusula 2.

Esta es una solución sensata cuando Alice y Bob se conocen y confían el uno en el otro o cuando las dificultades de firmar a mano el documento sobrepasan los beneficios. Por ejemplo, Alice y Bob se encuentran en diferentes países. También sería poco práctico para Alice firmar a mano el acuerdo con Bob si su donación es pequeña y Alice recibe cientos de ellos de diferentes benefactores.

Sin embargo, desde una perspectiva legal, este acuerdo no puede ser considerado como un contrato legal en el *Common Law* porque no cumple con todos los requisitos. Precisamente, no incluye una etapa de oferta que comprometa a Bob en un contrato legal. Por lo tanto, la ejecución que se muestra en la Fig. 34 es la ejecución automática de un acuerdo. Este ejemplo muestra que los contratos inteligentes tal como se conciben en Ethereum y otras cadenas de bloques no constiutyen necesariamente contratos legales

**Ejecución del contrato**: El contrato se ejecuta automáticamente, es decir, sin intervención o acción humana (ver Fig. 34). Esto es posible porque todas las cláusulas incluidas en el acuerdo son susceptibles de traducción a código ejecutable.

### **7.2.2. Resumen**

La Fig. 35 presenta un resumen de la categorización de contratos desde la perspectiva de la automatización y sus principales características.

La tabla 3 resume...

La Tabla 4 presenta un resumen de las principales características que distinguen a los

### **7.3. Ley Computacional**

Uno de los usos más ambiciosos y prometedores de los contratos digitales es la automatización de la ley. Es un concepto emergente recientemente al que se hace referencia con diferentes términos. En[[39]](#footnote-39) se llama Lex Cryptographia, en[[40]](#footnote-40) se llama Ley Computacional, en[[41]](#footnote-41) se denomina Sustitución de la Ley por Código Informático, en[[42]](#footnote-42) se denomina Contratos Computables. También puede llamarse “ley programable”. La idea general detrás de todos estos conceptos es aprovechar los avances recientes en la tecnología informática para automatizar el cumplimiento de la normativa en diferentes campos de nuestra sociedad que van desde la regulación dentro de empresas privadas a los gobiernos. La implementación del código como ley resultaría en sociedades bajo gobierno algorítmico. Esto requerirá que la ley (código civil, códigos que incluyen derecho corporativo, derecho administrativo, derecho tributario, derecho constitucional, etc.) escrito en lenguaje natural para la interpretación humana se traduzca a un lenguaje que las computadoras puedan leer, interpretar y ejecutar automáticamente. El desafío parece más fácil en un sistema codificado de Derecho como el Derecho Civil o Romanista que en el sistema de Derecho Consuetudinario donde no existe una constitución escrita. Cómo la presencia o ausencia de una ley codificada impacta en la implementación del código como ley es una pregunta abierta. Por cierto, el texto en lenguaje natural de los contratos en el Derecho Civil (véase, por ejemplo, el Código Civil francés[[43]](#footnote-43)) es normalmente más corto que en el derecho consuetudinario porque el contrato puede simplemente referirse a reglas codificadas en lugar de incorporarlas explícitamente[[44]](#footnote-44). Si sus equivalentes digitales son más cortos, más fáciles de codificar y depurar (ver Fig. 5) es una pregunta abierta. Un interrogante que se ha planteado sobre los contratos automáticos es su falta de flexibilidad en comparación con los contratos tradicionales[[45]](#footnote-45). Esto significa que su uso en la implementación de la ley nacional comprometería la flexibilidad de la ley actual que se basa en la intervención de humanos para proporcionar juicio humano. Una posible solución a este problema es el uso de contratos híbridos como se muestra en la Sección 5.4 donde un humano interviene cuando se necesita el juicio humano. Si es necesario, se puede agregar más flexibilidad en este punto, por ejemplo, la decisión puede ser tomada por consenso, digamos por un grupo de personas. Además, se puede usar el seguimiento o monitoreo, en lugar de la exigibilidad o aplicación (como se discutió en la Sección 2.2.3).

... especular sobre IA, IoT, etc.

## Figure 33. Donation agreement between Alice and Bob.

## Figure 34. Execution of an agreement written solely in code.

## 8. Trabajo relacionado

El objetivo general de nuestro trabajo es ayudar a comprender la relación entre contratos legales tal como los conciben tradicionalmente los abogados y los contratos digitales tal como los conciben los ingenieros de software. Los primeros intentos de aclarar esta pregunta se han planteados antes por la doctrina[[46]](#footnote-46) y los gobiernos[[47]](#footnote-47) y la industria. Una característica común de los trabajos existentes es que se enfocan solo en contratos inteligentes, es decir, en contratos digitales descentralizados implementados en entornos de ejecución de blockchain como Ethereum. Según nuestro punto de vista, la inclusión de la cadena de bloques desde el comienzo de la discusión agrega complejidad innecesaria para la comprensión de los contratos digitales. Una característica sobresaliente de nuestro trabajo es que adoptamos un enfoque diferente para evitar esta complejidad. Nosotros discutimos los contratos digitales independientemente de las cadenas de bloques. Este enfoque nos permite centrarnos en las cuestiones que son inherentes a los contratos digitales. Como se explica en[[48]](#footnote-48), el contrato digital se puede implementar en cadenas de bloques, lo que es adecuado en varias aplicaciones, pero también se pueden implementar en otros entornos de ejecución, como un tercero confiable.

Nuestra discusión sobre la categorización de los contratos automáticos se inspiró y motivó en el informe elaborado por la Comisión Jurídica[[49]](#footnote-49) (el resumen está disponible[[50]](#footnote-50)). Allí se distinguen tres categorías (formas en su terminología) de contratos. Nuestro trabajo amplía el suyo en varios aspectos. En primer lugar, distinguimos cinco categorías de contratos automáticos. En segundo lugar, proporcionamos una definición precisa de cada categoría sustentados con ejemplos. Igualmente importante, para ayudar a la comunidad científica jurídica y tecnológica, hacemos un esfuerzo por aclarar y relacionar las diferentes terminologías utilizadas.

Las cuestiones sobre el desacuerdo entre las terminologías utilizadas por la comunidad científica tecnológica y jurídica están planteadas en[[51]](#footnote-51). Los autores señalan que las etapas contractuales tal como los entienden los abogados y las etapas de los contratos inteligentes según lo concibe la comunidad blockchain colisionan; sin embargo, no muestran cuándo ni cómo. El problema se menciona brevemente en[[52]](#footnote-52) y [[53]](#footnote-53). Para progresar en ell estado del conocimiento en esta dirección, nuestro trabajo analiza en profundidad las etapas que comprende el ciclo de vida de los contratos legales y digitales y compara terminologías. Los primeros intentos de mostrar el ciclo de vida de los contratos inteligentes han sido realizados por algunos autores. Las etapas incluidas en el ciclo de vida los contratos legales ha sido ampliamente estudiado por la doctrina desde hace mucho tiempo. La mayoría de los estudiosos están de acuerdo en que el ciclo de vida de un contrato legal en el Common Law incluye cuatro etapas: oferta, aceptación consideration, cumpñimiento y terminación o conclusión[[54]](#footnote-54). Aunque la terminología y las etapas podrían varían ligeramente, es justo decir que el ciclo de vida de los contratos legales se comprende bien. Además, en[[55]](#footnote-55) el autor considera formación, cumplimiento e incumplimiento. Con respecto al ciclo de vida de los contratos digitales la mayoría de los ingenieros de software consideran cuatro etapas: creación, implementación, ejecución y finalización. Ver por ejemplo[[56]](#footnote-56) o el capítulo 7 en[[57]](#footnote-57) donde se explica el ciclo de vida de los contratos inteligentes en Ethereum.

Intentar comprender los aspectos legales involucrados en el ciclo de vida de los contratos digitales, se remonta a la década de 1990. Por ejemplo, se puede encontrar una discusión pionera en[[58]](#footnote-58) donde los autores plantean la cuestión de la validez del contrato en el contexto de contratos digitales. Observan que un contrato no es jurídicamente válido a menos que cumpla con los requisitos: acuerdo, *consideration* competencia (capacidad) y propósito u objeto o causa legal. La discusión continúa en[[59]](#footnote-59) donde los autores discuten las etapas de los contratos legales. Consideran la preparación del contrato (o fase de información), el contrato de negociación (o acuerdo) y el cumplimiento del contrato. Esfuerzos para aclarar la pregunta han sido realizadas recientemente por la comunidad legal. Véase, por ejemplo, en[[60]](#footnote-60) y[[61]](#footnote-61). Opinamos que el enfoque de diagrama de flujo que presentamos en nuestro trabajo explora el tema en un nivel más profundo para ayudar a los abogados e ingenieros de software a visualizar las diferencias y similitudes entre contratos legales y digitales.

A pesar de algunos problemas técnicos y preguntas abiertas[[62]](#footnote-62), creemos en las ventajas (reducción de costos, claridad, ausencia de sesgos humanos, etc.) del cumplimiento automático de los contratos. Las ventajas han sido discutidas por varios autores. Ver por ejemplo[[63]](#footnote-63). En[[64]](#footnote-64) se presenta una discusión general sobre la exigibilidad del contrato.

## 9. Conclusiones

Beneficios del contrato automático[[65]](#footnote-65).

Algunas de las limitaciones de los contratos inteligentes se analizan en[[66]](#footnote-66).

1. Translated by Benjamin Jowett, Laws by Plato, Global Grey Ebooks Translated by Benjamin Jowett, 2018. [↑](#footnote-ref-1)
2. A. Y. Ali, The Meaning of The Holy Quran, I.D.C.I Islamic Dawah Centre International, 2010. [↑](#footnote-ref-2)
3. Emptoris Contract Management, “Introduction to emptoris contract management (10.1.0).” https://www.ibm.com/docs/en/ecm/10.1.0?topic= guide-introduction-emptoris-contract-management, 2021.CMx Contract Management Software, “9 stages of contract lifecycle management.” https://www.contractexperience.com/resources/resources-main.html, July 2021. Visited on 1 jul 2021. R. George, “8 tips to optimize service contract lifecycle management.” https:// global.hitachi-solutions.com/blog/contract-management, July 2021. Visited on 1 jul 2021. [↑](#footnote-ref-3)
4. N. H. Minsky and A. D. Lockman, “Ensuring integrity by adding obligations to privileges,” in Proc. 8th Int’l Conf. on Software Engineering, pp. 92–102, 1985. [7] L. F. Marshall, “Representing management policy using contract objects,” in Proc. IEEE First Int’l Workshop on Systems Management, pp. 27–30, 1993. [↑](#footnote-ref-4)
5. N. Szabo, “Smart contracts: Formalizing and securing relationships on public networks,” First Monday 2, Sept. 1997. [↑](#footnote-ref-5)
6. Bitcoin Project, “Bitcoin: Bitcoin is an innovative payment network and a new kind of money.” https://bitcoin.org, 2019. [↑](#footnote-ref-6)
7. Bitcoin Project, “Bitcoin: Bitcoin is an innovative payment network and a new kind of money.” https://bitcoin.org, 2019. [13] N. H. Minsky, “Law-governed systems,” Software Engineering Journal 6(5), 1991. [14] Z. Milosevic, A. Josang, T. Dimitrakos, and M. Patton, “Discretionary enforcement of electronic contracts,” in Proc. 6th IEEE Int’l Enterprise Distributed Object Computing Conf.(EDOC’02), pp. 39–50, IEEE CS Press, 2002. [15] H. Ludwig and M. Stolze, “Simple obligation and right model (SORM)-for the runtime management of electronic service contracts,” in Proc. 2nd Int’l Workshop on Web Services, e–Business, and the Semantic Web(WES’03), LNCS vol. 3095, pp. 62–76, 2003. [16] P. Linington, “Automating support for e–business contracts,” Int’l Journal of Cooperative Information Systems 14, pp. 77–98, June–Sep. 2005. [17] C. Molina-Jimenez, S. Shrivastava, and M. Strano, “A model for checking contractual compliance of business interactions,” IEEE Trans. on Service Computing 5(2), pp. 276–289, 2012. [↑](#footnote-ref-7)
8. Ethereum Foundation, “Ethreum: Blockchain app platform.” https://www. ethereum.org, Visited 23 Oct 2017 2018. [↑](#footnote-ref-8)
9. Hyperledger, “Hyperledger fabric.” https://hyperledger-fabric.readthedocs. io/en/release-1.1/, 2018. [↑](#footnote-ref-9)
10. N. H. Minsky, “Law-governed systems,” Software Engineering Journal 6(5), 1991. Z. Milosevic, A. Josang, T. Dimitrakos, and M. Patton, “Discretionary enforcement of electronic contracts,” in Proc. 6th IEEE Int’l Enterprise Distributed Object Computing Conf.(EDOC’02), pp. 39–50, IEEE CS Press, 2002. H. Ludwig and M. Stolze, “Simple obligation and right model (SORM)-for the runtime management of electronic service contracts,” in Proc. 2nd Int’l Workshop on Web Services, e–Business, and the Semantic Web(WES’03), LNCS vol. 3095, pp. 62–76, 2003. [16] P. Linington, “Automating support for e–business contracts,” Int’l Journal of Cooperative Information Systems 14, pp. 77–98, June–Sep. 2005. C. Molina-Jimenez, S. Shrivastava, and M. Strano, “A model for checking contractual compliance of business interactions,” IEEE Trans. on Service Computing 5(2), pp. 276–289, 2012. [↑](#footnote-ref-10)
11. K. O’Hara, “Smart contracts– dumb idea,” IEEE Internet Computing 21, Mar/Apr 2017. [↑](#footnote-ref-11)
12. C. D. Clack, “Smart contract templates: legal semantics and code validation.” http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/C.Clack/research/ JDigitalBanking-Clack-AuthorPreprint.pdf, 2019. Visited on 5 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-12)
13. M. M. Siems, “Varieties of legal systems: towards a new global taxonomy,” Journal of Institutional Economics 12, Feb. 2016. [↑](#footnote-ref-13)
14. BerkeleyLaw, “The common law and civil law traditions.” https://www.law. berkeley.edu/wp-content/uploads/2017/11/CommonLawCivilLawTraditions. pdf, Nov. 2017. Visited on 21 Aug 2021.] World Bank, “Key features of common law or civil law systems.” https://ppp. worldbank.org/public-private-partnership/legislation-regulation/ framework-assessment/legal-systems/common-vs-civil-law, 2020. Visited on 8 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-14)
15. Idem 14 [↑](#footnote-ref-15)
16. J. Cartwright, B. Fauvarque-Cosson, and S. Whittaker, “French civil code 2016.” https://www.trans-lex.org/601101/\_/french-civil-code-2016/, Feb. 2016. visited on 16 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-16)
17. BerkeleyLaw, “The common law and civil law traditions.” https://www.law. berkeley.edu/wp-content/uploads/2017/11/CommonLawCivilLawTraditions. pdf, Nov. 2017. Visited on 21 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-17)
18. J. Cartwright, B. Fauvarque-Cosson, and S. Whittaker, “French civil code 2016.” https://www.trans-lex.org/601101/\_/french-civil-code-2016/, Feb. 2016. visited on 16 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-18)
19. J. Cartwright, B. Fauvarque-Cosson, and S. Whittaker, “French civil code 2016.” https://www.trans-lex.org/601101/\_/french-civil-code-2016/, Feb. 2016. visited on 16 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-19)
20. Hon, W.K. Millard, C., Walden I., “Negotiated contracts for cloud services,” in Cloud Computing Law, C. Millard, ed., ch. 4, pp. 73–107, Oxford University Press, 2013. [↑](#footnote-ref-20)
21. Von Jhering, R. “Della culpa in contrahendo. Ossia del risarcimento del danno nei contratti nulli o non giunti a perfezione”, Jovene Editore, 2005. [↑](#footnote-ref-21)
22. J. Cartwright, B. Fauvarque-Cosson, and S. Whittaker, “French civil code 2016.” https://www.trans-lex.org/601101/\_/french-civil-code-2016/, Feb. 2016. visited on 16 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-22)
23. W. K. Hon, C. Millard, and I. Walden, “Negotiated contracts for cloud services,” in Cloud Computing Law, C. Millard, ed., ch. 4, pp. 73–107, Oxford University Press, 2013. [↑](#footnote-ref-23)
24. C. D. Clack, “Smart contract templates: legal semantics and code validation.” http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/C.Clack/research/ JDigitalBanking-Clack-AuthorPreprint.pdf, 2019. Visited on 5 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-24)
25. M. di Angelo, A. Soare, and G. Salzer, “Smart contracts in view of the civil code,” in Proc. 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ’19), 2019 [↑](#footnote-ref-25)
26. C. Sillaber, B. Waltl, H. Treiblmaier, U. Gallersdörfer, and M. Felderer, “Laying the foundation for smart contract development: an integrated engineering process model,” Information Systems and e–Business Management 19, pp. 863–882, Jan. 2021. [↑](#footnote-ref-26)
27. P. D. Filippi and A. Wright, Blockchain and the Law: The Rule of Code, Hardvard University Press, 2018. [↑](#footnote-ref-27)
28. E. Micheler and A. Whaley, “Regulatory technology: Replacing law with computer code,” European Business Organization Law Review 21, pp. 349–377, 2020. [↑](#footnote-ref-28)
29. . Micheler and A. Whaley, “Regulatory technology: Replacing law with computer code,” European Business Organization Law Review 21, pp. 349–377, 2020. [ [31] J. Hazard and H. Haapio, “Wise contracts: Smart contracts that work for people and machines,” in Proc. 20th Int’l Legal Informatics Symposium (IRIS’17), 2017. [↑](#footnote-ref-29)
30. R. Koulu, “Blockchains and online dispute resolution: Smart contracts as an alternative to enforcement,” A Journal of Law, Technology and Society 13, May 2016. [↑](#footnote-ref-30)
31. C. Sillaber and B. Waltl, “Life cycle of smart contracts in blockchain ecosystems,” Datenschutz und Datensicherheit—DuD 41, Aug. 2017. [↑](#footnote-ref-31)
32. R. Koulu, “Blockchains and online dispute resolution: Smart contracts as an alternative to enforcement,” A Journal of Law, Technology and Society 13, May 2016 [↑](#footnote-ref-32)
33. R. Anderson, Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems, John Wiley & Sons, third ed., 2020. [↑](#footnote-ref-33)
34. L. C. et al., “Smart contracts: 12 use cases for business and beyond.” http://digitalchamber.org/assets/ smart-contracts-12-use-cases-for-business-and-beyond.pdf, Dec. 2016. Prepared by: Smart Contracts Alliance — In collaboration with Deloitte, Visited on 15 Jun 2021. [↑](#footnote-ref-34)
35. I. Grigg, “On the intersection of ricardian and smart contracts.” https://iang. org/papers/intersection\_ricardian\_smart.html, 2015. visited on 24 Dec 2020. [41] D. Geroni, “What are ricardian contracts? a comprehensive guide.” https:// 101blockchains.com/ricardian-contracts/, 2020. visited on 15 Oct 2021. [↑](#footnote-ref-35)
36. E. Micheler and A. Whaley, “Regulatory technology: Replacing law with computer

    code,” European Business Organization Law Review 21, pp. 349–377, 2020. T. Harrop, “What are ’machine readable laws’?.” https://medium.com/

    @tjharrop/what-are-machine-readable-laws-8c9f39159cb5, 2018. visited on

    16 Mar 2021. [↑](#footnote-ref-36)
37. C. Lai, G. Medvinsky, and B. C. Neuman, “Endorsements, licensing, and insur-

    ance for distributed system services,” in Proc. 2nd ACM Conf. on Computer and

    Communications Security, 1994. [↑](#footnote-ref-37)
38. L. Xu, “A multi-party contract model,” ACM SIGecom Exchanges 5, pp. 13–23,

    July 2004. [↑](#footnote-ref-38)
39. P. D. Filippi and A. Wright, Blockchain and the Law: The Rule of Code, Hardvard University Press, 2018. [↑](#footnote-ref-39)
40. Law.MIT.edu, “Computational law.” https://law.mit.edu, 2021. Visited on 5 Jul 2021. [46] C. Law, “Nathaniel love and michael genesereth,” in Proc. 10th Int’l Conf. on Artificial Intelligence and Law, 2005. [47] M. Genesereth, “What is computational law?.” https://law.stanford.edu/ 2021/03/10/what-is-computational-law/, Mar. 2021. Stanford University. [↑](#footnote-ref-40)
41. E. Micheler and A. Whaley, “Regulatory technology: Replacing law with computer code,” European Business Organization Law Review 21, pp. 349–377, 2020. [↑](#footnote-ref-41)
42. H. Surden, “Computable contracts,” UC Davis Law Review 46(629), 2012. [↑](#footnote-ref-42)
43. J. Cartwright, B. Fauvarque-Cosson, and S. Whittaker, “French civil code 2016.” https://www.trans-lex.org/601101/\_/french-civil-code-2016/, Feb. 2016. visited on 16 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-43)
44. World Bank, “Key features of common law or civil law systems.” https://ppp. worldbank.org/public-private-partnership/legislation-regulation/ framework-assessment/legal-systems/common-vs-civil-law, 2020. Visited on 8 Aug 2021. [↑](#footnote-ref-44)
45. J. M. Sklaroff, “Smart contracts and the cost of inflflexibility,” University of Pennsylvania Law Review 166(263), 2018. [↑](#footnote-ref-45)
46. C. D. Clack, “Smart contract templates: legal semantics and code validation.” http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/C.Clack/research/ JDigitalBanking-Clack-AuthorPreprint.pdf, 2019. Visited on 5 Dec 2020. C. D. Clack and C. McGonagle, “Smart derivatives contracts: the isda master agreement and the automation of payments and deliveries.” https://arxiv.org/ pdf/1904.01461.pdf, Apr. 2019. arXiv:1904.01461 [cs.CY]. [51] C. D. Clack, V. A. Bakshi, and L. Braine, “Smart contract templates: foundations, design landscape and research directions.” https://arxiv.org/pdf/1608.00771. pdf, Aug. 2016. arXiv:1608.00771 [cs.CY]. [52] S. D. Levi and A. B. Lipton, “An introduction to smart contracts and their potential and inherent limitations.” https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/ E. Micheler and A. Whaley, “Regulatory technology: Replacing law with computer code,” European Business Organization Law Review 21, pp. 349–377, 2020. M. Raskin, “The law and legality of smart contracts,” Georgetown Law Technology Review 1(2), 2017. H. Surden, “Computable contracts,” UC Davis Law Review 46(629), 2012. [↑](#footnote-ref-46)
47. Law Commission, “Smart contracts call for evidence.” https://s3-eu-west-2. amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2020/12/ 201216-Smart-contracts-call-for-evidence.pdf, Dec 2020. Visited on 19 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-47)
48. C. Molina-Jiménez, I. Sfyrakis, L. Song, H. D. A. Nakib, and J. Crowcroft, “The benefits of deploying smart contracts on trusted third parties.” https://www.researchgate.net/publication/332165550\_The\_Benefits\_ of\_Deploying\_Smart\_Contracts\_on\_Trusted\_Third\_Parties, Apr. 2019. [↑](#footnote-ref-48)
49. Law Commission, “Smart contracts call for evidence.” https://s3-eu-west-2. amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/uploads/2020/12/ 201216-Smart-contracts-call-for-evidence.pdf, Dec 2020. Visited on 19 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-49)
50. Law Commission, “Smart contracts: Summary of call for evidence.” https: //s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/ uploads/2020/12/Smart-Contracts-summary.pdf, Dec 2020. Visited on 19 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-50)
51. R. Koulu, “Blockchains and online dispute resolution: Smart contracts as an alternative to enforcement,” A Journal of Law, Technology and Society 13, May 2016. [↑](#footnote-ref-51)
52. C. D. Clack, “Smart contract templates: legal semantics and code validation.” http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/C.Clack/research/ JDigitalBanking-Clack-AuthorPreprint.pdf, 2019. Visited on 5 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-52)
53. M. di Angelo, A. Soare, and G. Salzer, “Smart contracts in view of the civil code,” in Proc. 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ’19), 2019. [↑](#footnote-ref-53)
54. Stanford Encyclopedia of Philosophy, “Formation of contract at common law.” https://plato.stanford.edu/entries/contracts-theories/, Sept. 2015. Visited on 1 jul 2021 [↑](#footnote-ref-54)
55. M. Raskin, “The law and legality of smart contracts,” Georgetown Law Technology Review 1(2), 2017. [↑](#footnote-ref-55)
56. Z. Zheng, S. Xie, H.-N. Dai, W. Chen, X. Chen, J. Weng, and M. Imran, “An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms.” https://www.henrylab.net/wp-content/uploads/2019/12/ SmartContractFGCS\_\_arXiv\_.pdf, Dec. 2019. Visited on 1 jul 2021. [↑](#footnote-ref-56)
57. A. M. Antonopoulos and D. G. Wood, Mastering Ethereum, O’Reilly, 2019. [↑](#footnote-ref-57)
58. Z. Milosevic, A. Josang, T. Dimitrakos, and M. Patton, “Supporting business contracts in open distributed systems,” in Proc. Second Int’l Workshop on Services in Distributed and Networked Environments, 1995. [↑](#footnote-ref-58)
59. H. Weigand and L. Xu, “Contracts in e–commerce,” in Semantic Issues in E– Commerce Systems, IFIP - The International Federation for Information Processing, Vol. 111, R. M. et al., ed., pp. 3–17, Springer, 2003. [↑](#footnote-ref-59)
60. Law Commission, “Smart contracts: Summary of call for evidence.” https: //s3-eu-west-2.amazonaws.com/lawcom-prod-storage-11jsxou24uy7q/ uploads/2020/12/Smart-Contracts-summary.pdf, Dec 2020. Visited on 19 Dec 2020. [↑](#footnote-ref-60)
61. C. D. Clack, V. A. Bakshi, and L. Braine, “Smart contract templates: foundations, design landscape and research directions.” https://arxiv.org/pdf/1608.00771. pdf, Aug. 2016. arXiv:1608.00771 [cs.CY]. [↑](#footnote-ref-61)
62. K. O’Hara, “Smart contracts– dumb idea,” IEEE Internet Computing 21, Mar/Apr 2017 [↑](#footnote-ref-62)
63. M. di Angelo, A. Soare, and G. Salzer, “Smart contracts in view of the civil code,” in Proc. 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ’19), 2019. [↑](#footnote-ref-63)
64. R. Craswell, “Contract law: General theories.” https://www.sfu.ca/~allen/ contracts%20general.pdf, 1999. Visited on 23 jul 2021. [↑](#footnote-ref-64)
65. M. di Angelo, A. Soare, and G. Salzer, “Smart contracts in view of the civil code,” in Proc. 34th ACM/SIGAPP Symposium on Applied Computing (SAC ’19), 2019. [↑](#footnote-ref-65)
66. [↑](#footnote-ref-66)