

Tecnología Blockchain: una Forma de Aumentar la Confianza, Mejorar la Eficiencia y Reducir los Costos en los Procesos de Registro de Propiedades

Todd Miller
Víctor Endo
Gonzalo Muñoz
Francisco Oliveira

División de Medio
Ambiente, Desarrollo Rural
y Administración de
Riesgos por Desastres

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-02502

Tecnología Blockchain: una Forma de Aumentar la Confianza, Mejorar la Eficiencia y Reducir los Costos en los Procesos de Registro de Propiedades

Todd Miller
Víctor Endo
Gonzalo Muñoz
Francisco Oliveira

**Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo**

Tecnología blockchain: una forma de aumentar la confianza, mejorar la eficiencia y reducir los costos en los procesos de registro de propiedades / Todd Miller, Víctor Endo, Gonzalo Muñoz, Francisco Oliveira.

p. cm. — (Nota técnica del BID; 2502)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Land titles-Registration and transfer-Data processing-Bolivia. 2. Land titles-Registration and transfer-Data processing-Paraguay. 3. Land titles-Registration and transfer-Data processing-Perú. 4. Right of property-Technological innovations-Bolivia. 5. Right of property-Technological innovations-Paraguay. 6. Right of property-Technological innovations-Peru. I. Miller, Todd. II. Endo, Victor. III. Muñoz, Gonzalo. IV. Oliveira, Francisco. V. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres. VI. Serie. IDB-TN-2502

Códigos JEL: K11, O31, Q15.

Palabras clave: Blockchain, tierras, registro, propiedades, América Latina.

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Tecnología *blockchain*

Una forma de
aumentar la confianza,
mejorar la eficiencia
y reducir los costos
en los procesos de
registro de propiedades



Banco Interamericano de Desarrollo

www.iadb.org

Publicado en 2022

Diseño y maquetación: Elena Sampedro | elena@lacasagrafica.com

Imagen de portada: iStock / your_photo

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo.

Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



AUTORES

Todd Miller

Vice-President, US Business Development
ChromaWay
todd.miller@chromaway.com

Víctor Endo

Consultor Especialista en Administración de Tierras
ChromaWay
victorendo@adterritorio.com

Gonzalo Muñoz

Especialista Senior de Desarrollo Rural
Banco Interamericano de Desarrollo
gonzalom@iadb.org

Francisco Oliveira

Director General
FFIT – Servicios de Innovación y Tecnología
fran.oliveira@ffit.com.br

RECONOCIMIENTO:

Agradecemos la colaboración de las instituciones públicas y del sector privado, en particular del Perú, que contribuyeron en sacar adelante el trabajo. Asimismo, a colegas del BID y excolegas que fueron precursores de la iniciativa y apoyaron durante el desarrollo de ésta.

ÍNDICE

1. Introducción	4		
1.1. El problema	4		
2. Motivación	5		
2.1. Pérdida de confianza	5		
2.2. Procesos burocráticos en papel largos y lentos	5		
2.3. Consecuencias	6		
2.4. Lo promisorio de la tecnología <i>blockchain</i>	7		
3. Otros sistemas informáticos de registro de propiedad basados en <i>blockchain</i>	8		
3.1. El caso sueco: ventas de propiedades	8		
3.2. El caso australiano: levantamiento de hipoteca	9		
3.3. El caso canadiense: informes de reasignación en Columbia Británica	10		
4. La solución propuesta: LAC PropertyChain	12		
4.1. Tecnología subyacente	14		
5. Recopilación de requisitos	15		
6. La implementación de PropertyChain	17		
6.1. Componentes arquitectónicos	17		
6.2. Infraestructura	18		
6.3. Gestión de claves e identidad de usuario	18		
7. Modelo de negocio sustentable	19		
7.1. Quién paga	21		
7.2. Beneficios para los participantes del ecosistema	22		
8. El piloto	23		
8.1. Procedimiento piloto	23		
8.2. Recolección de datos	24		
9. Principales conclusiones	25		
9.1. Aprovechar las tecnologías <i>blockchain</i> en el contexto del registro de propiedades puede ofrecer muchos beneficios a corto plazo	25		
9.2. La solución LAC PropertyChain proporciona un camino legal-regulatorio para facilitar las transacciones de registro de propiedades en Perú	26		
9.3. Un sistema informático basado en <i>blockchain</i> para el registro de propiedades podría ser financieramente sostenible mediante el uso de tarifas de transacción modestas	27		
9.4. El sistema informático LAC PropertyChain y su red como base de una solución técnica estable y de bajo riesgo	27		
9.5. Las tecnologías <i>blockchain</i> todavía son relativamente nuevas y una comprensión más completa de los beneficios y casos de uso requiere educación adicional y experiencia práctica	28		
10. Un camino para seguir	29		
10.1. La solución LAC PropertyChain debe estar disponible en la región a través de una licencia de código abierto. Los gobiernos deben promover un mayor desarrollo de la solución	29		
10.2. Los gobiernos deben incorporar/financiar un ecosistema basado en <i>blockchain</i> en los proyectos de registro de propiedad en toda la región	29		
10.3. Los países deben coordinarse para desarrollar un marco legal modelo para facilitar el desarrollo de sistemas de registro de propiedad basado en <i>blockchain</i>	31		
10.4. Se deben alentar a las asociaciones público-privadas como una forma de facilitar el desarrollo de soluciones basadas en <i>blockchain</i>	32		
11. Observaciones finales	34		
Referencias	35		

TABLAS

Tabla 1

Resultados del indicador de registro de la propiedad en Bolivia, Paraguay y ALC..... 5

Tabla 2

Un nuevo modelo para transacciones de registro de propiedad 12

Tabla 3

Ingresos del primer año basados en una tasa de adopción del 2% y diferentes tarifas..... 20

Tabla 4

Ingresos del quinto año basados en una tasa de adopción del 20% y diferentes tarifas 21

Tabla 5

Resumen detallado de costos e ingresos 21

FIGURAS

Figura 1

Contrato inteligente..... 8

Figura 2

Levantamiento de hipoteca.....13

Figura 3

Componentes de LAC PropertyChain17

Figura 4

Diagrama de despliegue, LAC PropertyChain18

Figura 5

Objetivos del piloto.....24

Figura 6

Arquitectura modular de alto nivel de LAC PropertyChain27

RECUADROS

Recuadro 1

Las características principales de Blockchain Chromia.....14

1. Introducción

1.1. El problema

Los procesos relacionados con el registro de propiedad en los países latinoamericanos siempre han sido una fuente de preocupación para los propietarios, los Gobiernos, los bancos y, en última instancia, para la Policía y la Justicia. Podemos afirmar que, en esencia, es una cuestión de confianza cuando se plantean preguntas como: ¿Quién es realmente el dueño de esa propiedad? ¿Hay algún problema legal relacionado con la escritura? Obviamente, esta falta de confianza tiene consecuencias de largo alcance y, finalmente, conducen a la inviabilidad económica de proyectos que traerían el desarrollo tan necesario para los pequeños propietarios de toda la región. Esta falta de confianza también conduce a otros problemas: a) conflictos de propiedad, b) procesos burocráticos largos y lentos, y c) elevadas tasas de interés para las operaciones de préstamo.

Consciente de eso, el BID patrocinó un proyecto basado en *blockchain* (llamado **LAC PropertyChain**) para investigar los obstáculos y oportunidades técnicas, legales, empresariales y gubernamentales, que derivó en el desarrollo de un sistema informático que abarcó todos los actores principales y, especialmente, abordó los problemas enumerados anteriormente.

En este documento se analizan tres países de la región: **Bolivia, Paraguay y Perú.** Se presentan los números y otros datos relacionados con el problema que sirvieron como parámetros para el diseño de la solución propuesta.

El documento está estructurado de la siguiente manera: la segunda sección debate la motivación central del proyecto. En el tercer capítulo, son discutidos proyectos similares que emplearon la tecnología *blockchain* para abordar la problemática del registro de propiedad. La sección cuatro presenta una visión general de la solución propuesta: LAC PropertyChain. Le sigue una discusión detallada sobre cómo se reunieron los requisitos y parámetros. La sexta sección presenta detalles técnicos de la solución LAC PropertyChain. Después de eso, se presenta un modelo de negocio sustentable. Se argumenta que éste es necesario para planificar propuestas y discutirlos con las partes interesadas. La octava sección se reserva para presentar la metodología y recopilación de datos del piloto. Le sigue una discusión sobre los hallazgos clave y luego, en la sección número diez, son presentadas posibles acciones futuras con base en lo que se ha aprendido. Finalmente, en la sección once son presentadas las conclusiones.

La falta de confianza en los procesos relacionados con el registro de propiedad en los países latinoamericano tiene consecuencias de largo alcance y, finalmente, conduce a la inviabilidad económica de proyectos que traerían un desarrollo muy necesario para los pequeños propietarios de toda la región.

2. Motivación

2.1. Pérdida de confianza

Para la mayoría de los pequeños propietarios, su título de propiedad es el activo familiar más importante. Por lo tanto, tener un papel físico con su nombre almacenado en algún lugar seguro cerca de ellos les da algún tipo de confianza. Desafortunadamente, esa percepción podría ser falsa debido, principalmente, al fraude. Es importante señalar que esta falta de confianza afecta a todos, grandes y pequeños propietarios, pero a los pequeños con mayor incidencia. Además, para quienes forman parte de la economía convencional, la reducción de la confianza en el sistema de registro produce mayores costos de transacción y litigios. Esto también afecta a los pequeños propietarios, que quedan excluidos de los sistemas formales y buscan refugio en prácticas informales.

En los últimos años, en Perú, el delito de fraude (que incluye el fraude inmobiliario) se ha posicionado entre los tres delitos más comunes. Según Zaldívar Del Águila y Duffóo Sánchez (2021):

«En el Perú, a la fecha, existe un grave problema de fraude inmobiliario que es difícil de combatir. A través del fraude inmobiliario, se encubre y oculta la propiedad real o las verdaderas circunstancias de los bienes inmuebles, en beneficio de determinados agentes que actúan en el sector inmobiliario y en perjuicio de terceros o de quienes invierten en la adquisición de bienes inmuebles. Las principales formas de fraude inmobiliario se producen a través de la falsificación de documentos y el robo de identidad por parte del propietario de un inmueble.»

No han faltado noticias sobre mafias de tráfico de tierras, que incluyen, entre sus filas, notarios, registradores, árbitros y funcionarios municipales, los cuales pueden distorsionar la documentación a su favor y en detrimento de los verdaderos propietarios (Redacción EC, 2014; Pozo Sánchez, 2015).

2.2. Procesos burocráticos en papel largos y lentos

Actualmente, en los países de la región, **las transacciones de compra y venta de propiedades, a menudo, obligan a los compradores y vendedores a enfrentar innumerables procedimientos administrativos y legales costosos.** Estos aspectos, en muchos casos, desalientan la formalización del registro de la propiedad por parte de los interesados.

Según el índice de Facilidad para Hacer Negocios del Banco Mundial (2019), Bolivia se encontraba entre los últimos en la Categoría de Registro de la Propiedad. En 2019, Bolivia ocupó el puesto 148 de 190 países incluidos en el estudio, con relación a la facilidad para registrar una propiedad. Paraguay y Perú se ubicaron en los puestos 80 y 55, respectivamente, una mejor posición, pero aún con grandes debilidades. Los principales indicadores considerados y su incidencia en la determinación de la posición que ocupan actualmente estos países se reflejan en la **tabla 1**.

TABLA 1. RESULTADOS DEL INDICADOR DE REGISTRO DE LA PROPIEDAD EN BOLIVIA, PARAGUAY Y ALC

INDICADOR	BOLIVIA	PARAGUAY	PERÚ(*) LIMA (CUSCO)	AMÉRICA LATINA Y CARIBE	OCDE
Procedimientos (número)	7	6	6 (5)	7,4	4,7
Tiempo (días hábiles)	90	46	9,5 (20)	63,7	23,6
Costos (% del valor de la propiedad)	4,7	1,8	3,9 (4,0)	5,8	4,2
Índice de calidad del sistema de administración de tierras (0-30)	7,0	12,0	18,0 (15)	12,0	23,2
Puesto (2019)	148	80	55	-	-

Fuente: Banco Mundial (2019). (*) La información se encuentra disponible a nivel subnacional.

El indicador que se destaca es el tiempo requerido para registrar una propiedad; estimando un promedio de 90 días hábiles en Bolivia, 9,5 (20) días en Perú y 46 días en Paraguay.

Asimismo, se estima que el costo de registrar una transacción de compraventa de tierras para el caso de un pequeño agricultor en Bolivia es de USD 1.152, lo que representa, en promedio, el 4,7% del valor del inmueble. En Paraguay y Perú, el costo del registro de la propiedad es el equivalente a 1,8% y 3,9 (4,0)%, respectivamente. Finalmente, el índice de calidad del sistema de administración de tierras, que varía de 0 (peores países) a 30 (mejores países), indica que los países —Bolivia (7), Paraguay (12) y Perú (18)— están por debajo del promedio entre los países de la OCDE (23.2).

En este sentido, es posible identificar algunos **factores que impactan directamente en la calidad de los servicios de registro de propiedad** en los países estudiados (Bolivia, Paraguay y Perú). Algunos de estos factores son los siguientes:

- I. En general, las instituciones de registro de propiedades están involucradas solamente en la última fase del proceso de transacción de compraventa, lo que genera incertidumbre sobre la transparencia de los pasos previos en el proceso.
- II. En el escenario antes mencionado, puede generarse un entorno vulnerable y susceptible de fraude y corrupción durante las transacciones de compraventa de propiedades, lo que afecta de forma desfavorable la solidez del clima de negocios para los productores, especialmente, la población rural con menores ingresos.
- III. Los altos costos en las transacciones de compraventa de propiedades, sobre todo para los pequeños agricultores, tienen una incidencia negativa sobre la inversión temprana del sector público en el desarrollo de un catastro nacional de propiedades rurales, puesto que esta inversión pierde su valor en la medida en que el catastro de la tierra se desactualiza por el tiempo que insume la transacción.

2.3. Consecuencias

Las **consecuencias** de la reducción de la confianza, en particular en el registro de tierras, se expresan de varias maneras:

- La reducción de la seguridad de la tenencia produce litigios y conflictos.
- Un aumento en los costos de transacción dificulta la eficiencia del mercado y promueve sistemas informales paralelos basados en la confianza interpersonal de familiares y amigos.
- Acceso limitado al crédito.
- Incentivos reducidos para inversiones a largo plazo.
- Gobernanza limitada de la tierra y los recursos naturales.

Todas estas incertidumbres implican la aparición de una serie de **dificultades generales** (Águila y Sanchez, 2021):

- Dificultad para llevar a cabo una planificación territorial.
- Superposición o duplicidad de las bases gráficas de registro.
- Retraso e impedimento de los proyectos de infraestructura.
- Retraso en el proceso de formalización de la propiedad.
- Desventaja en la lucha contra el fraude inmobiliario.
- Problemas de financiación municipal.

Además de las dificultades señaladas por Zaldívar Del Águila y Duffóo Sánchez (2021), se debe agregar que los problemas de financiamiento también afectan a las personas, en particular, a los pequeños propietarios de tierras que pagarían tasas de interés más altas por la financiación agrícola o, incluso por la política de reducción de riesgos de las instituciones bancarias, no tendrían acceso a estas. Como señalan varios estudios, un sistema de registro de propiedad confiable es clave para facilitar el acceso al crédito rural y, en consecuencia, promover el desarrollo del sector (Lawry *et al.*, 2017; Mills *et al.*, 2016).

Es importante señalar que el problema de registro de propiedad no se limita a los países de América Latina (AL); sin embargo, su importancia como un obstáculo en el desarrollo económico de la agricultura familiar en particular en esta región es evidente. Más adelante en este documento, se detallará cómo otros países utilizaron la misma base tecnológica para abordar el mismo problema y cómo esas iniciativas influyeron en este proyecto.

2.4. Lo promisorio de la tecnología *blockchain*

Con el propósito de minimizar el riesgo de desvíos y buscando la reducción de costos y plazos durante transacciones de compraventa de propiedades, se considera como alternativa **la aplicación de una nueva tecnología que permita una gestión ágil y transparente, incorporando mayores mecanismos de control durante el proceso de registro de propiedades.**

La **tecnología *blockchain*** consiste, esencialmente, en una base de datos distribuida entre diferentes participantes, protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones matemáticamente relacionadas entre sí. En otras palabras, *blockchain* es una base de datos descentralizada que no puede ser manipulada. Por lo tanto, la tecnología *blockchain* funciona como un registro que le permite a las partes que no confían plenamente entre sí mantener un consenso sobre la existencia, el estado y la evolución de una serie de transacciones en el mundo real. El consenso es, precisamente, la clave de un sistema *blockchain* porque es la base que les permite a todos sus participantes confiar en la información que se registra en la tecnología de responsabilidad distribuida (*blockchain*). Este aspecto tiene un gran potencial para transformar una infinidad de sectores, incluido el registro de propiedades (SUNARP, s.f.).

La precisión y seguridad de la base de datos descentralizada son preservadas utilizando la tecnología *blockchain*, la que garantiza que todas las copias de la base de datos coincidan y que todas las modificaciones (que reflejan nuevas transacciones) sigan el mismo camino. A medida que se compran y venden los bienes relevantes, los detalles de cada transacción son agrupados y organizados

en una cadena de información en la base de datos, con sello de tiempo, y son procesados referenciando y verificando las transacciones. Finalmente, la criptografía proporciona un mecanismo infalible para la codificación segura de las reglas de protocolo que rigen el sistema. También es fundamental evitar la manipulación, robo o introducción errónea de información, así como generar firmas e identidades digitales cifradas. Los resultados de las transacciones se retransmiten a todos los participantes de manera sincronizada.

Con el uso de la tecnología *blockchain* aplicada al registro (SUNARP, s.f.) de propiedades, se pueden alcanzar los siguientes **beneficios**:

- I. Reducir la necesidad de confianza interpersonal entre las partes interesadas** haciendo que las acciones dentro del sistema sean verificables de forma independiente por cada participante, mejorar la rendición de cuentas y desalentar el fraude a través de la auditabilidad pública.
- II. Agilizar los procesos en las diversas entidades encargadas del catastro y registro de propiedades.** Las instituciones que utilizan la red *blockchain* pueden beneficiarse de esta infraestructura compartida para optimizar los procesos interorganizacionales, con una garantía sólida de tener una visión consistente de los datos.
- III. Aumentar la transparencia de los registros públicos y facilitar los procesos de auditoría:** la tecnología de responsabilidad distribuida asegura a los participantes que todos almacenan, ven, usan y procesan la misma base de datos; por lo tanto, el fraude se puede detectar de inmediato y la auditoría es más fácil, ya que la tecnología *blockchain* proporciona un seguimiento en tiempo real.

La tecnología *blockchain* consiste, esencialmente, en una base de datos distribuida entre diferentes participantes, protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones matemáticamente relacionadas entre sí. En otras palabras, *blockchain* es una base de datos descentralizada que no puede ser manipulada.

3. Otros sistemas informáticos de registro de propiedad basados en *blockchain*

En esta sección, se describirá cómo otros proyectos emplearon un enfoque basado en *blockchain* para abordar el problema del registro de propiedad.

3.1. El caso sueco: ventas de propiedades

El prototipo sueco se completó entre junio de 2016 y junio de 2018, y fue patrocinado, principalmente, por Lantmäteriet, la autoridad sueca de cartografía, catastro y registro de tierras. Lantmäteriet es una agencia gubernamental que proporciona información sobre el catastro y los derechos de propiedad. El proyecto fue patrocinado por un consorcio, que incluyó consultores de negocios, proveedores de tecnología e instituciones financieras. Estos fueron Kairos Future (procesos de negocio), Telia (proveedor de ID), ChromaWay (proveedor de tecnología), SBAB Bank y Landshypotek. SBAB Bank es un banco estatal con fondos para apoyar el mercado hipotecario sueco; proporciona préstamos a particulares,

asociaciones de inquilinos, propietarios y compañías de bienes raíces. Landshypotek es un banco de propiedad, de alrededor de cuarenta mil agricultores y silvicultores, que reinvierte las ganancias en esas empresas.

El prototipo se centró en todas las fases del proceso de venta de propiedades, incluida la transferencia de propiedades. En el sistema sueco, el proceso incluye la participación de un comprador, un vendedor, un agente de bienes raíces, el banco del comprador, el banco del vendedor y el registro de la propiedad. Los problemas percibidos en el proceso actual generalmente están relacionados con la complejidad, la duración y duplicación de pasos, y la existencia de documentos físicos. Más específicamente: el proceso incluye treinta y cuatro pasos, que tardan semanas o meses en completarse; el registro de la propiedad surge de forma tardía en el proceso; la reutilización muy limitada de datos entre pasos; el proceso está basado, fundamentalmente, en papel, con documentos firmados enviados por correo electrónico regular y exigiendo comprobación manual de la identidad.

FIGURA 1. CONTRATO INTELIGENTE

```

[actions
  (offer ((property-id string :description "Official ID of the property")))
    "Offer the property on the market (pending description of the property by the broker)"
    (guard
      (signatures seller)
      (eql state nil)
    )
    (
      update property property-id
      state :register-broker
    )
  )

  (register-broker ((broker-pk pubkey))
    "Invitation of broker to the contract"
    (guard
      (signatures seller)
      (eql state :register-broker)
      (eql broker nil)
    )
    (
      update broker broker-pk
      state :describe
    )
  )

  (describe ((description-param string :description "Description of the property, including its state"))
    "Describe the property, including its extent and state"
    (guard
      (signatures broker)
      (eql state :describe)
    )
  )
]

```

Fuente: elaboración propia.

La solución tecnológica aplicada por ChromaWay incluía las soluciones Esplix Smart Contract y *postchain blockchain*. En la **figura 1** se muestra un extracto del contrato inteligente desarrollado para el consorcio inmobiliario formado en Suecia para procesar las transacciones inmobiliarias. El contrato inteligente desarrollado dictamina que el banco del comprador debe verificar con su firma, empleando su par de claves, que (1) ha recibido la suma de la compra y (2) ha enviado el contrato al registro de la propiedad. El registro de la propiedad, a su vez, debe verificar con su firma que aprueba el contrato de compra recibido del banco del comprador. De esta manera, el contrato inteligente define, orquesta y hace cumplir las acciones para avanzar en el contrato y los procesos asociados hacia la finalización. El proyecto muestra el potencial para utilizar el contrato inteligente en el contexto de las transferencias de propiedades establecidas en una economía desarrollada.

Las características de la solución aseguran que solo las partes estaban al tanto de los datos del contrato, que el contrato no se ejecutaría plenamente sin la aprobación de los datos en el contrato, que el protocolo del contrato podría distribuirse a través de los requisitos de datos y firma, y que el protocolo del contrato podría distribuirse a través de proveedores externos o directamente a través de aplicaciones desarrolladas por el registro. Dado el número de actores involucrados en el proceso, la última característica fue considerada altamente beneficiosa en el caso sueco.

Los resultados del prototipo revelaron una reducción significativa en el número de pasos manuales necesarios para una transacción de propiedad (de treinta y cuatro a trece); mayor transparencia en dichos pasos manuales; una mayor transparencia del proceso para todas las partes (incluidos los bancos, el registro de la propiedad, etc.), ya que es posible ver el estado de una transacción en cualquier momento; y una distribución simple y menos costosa del protocolo de transferencia de propiedad estándar utilizando un contrato inteligente.

Un desafío importante identificado durante la evaluación del prototipo es que la legislación sueca no permite el uso de firmas electrónicas para las transacciones de propiedad, lo que representa una limitación importante para escalar el proyecto al nivel de producción. En relación con el estatus, la red *blockchain* y el prototipo del contrato inteligente, estos fueron rastreados y probados externamente. Un progreso más significativo puede alcanzarse una vez que se aborde la adopción de firmas digitales.

3.2. El caso australiano: levantamiento de hipoteca

El prototipo australiano se completó entre enero y octubre de 2018, y fue dirigido por los Servicios de Registro de Tierras de Nueva Gales del Sur (NSW LRS, por sus siglas en inglés), respaldados por ChromaWay Asia Pacific y ChromaWay AB. NSW LRS opera el registro de tierras para el Gobierno del Estado de NSW. Es una empresa privada y tiene una concesión de treinta y cinco años para administrar el registro, la cual se inició en julio de 2017. Parte de la concesión consiste en garantizar la mejora y actualización de la infraestructura tecnológica que sustenta el registro respecto del servicio y la seguridad. En este sentido, el prototipo brindó una oportunidad ideal para probar el uso y la posible integración de los contratos inteligentes habilitados para *blockchain*.

A diferencia del caso sueco, que abordó la transmisión de propiedades, el caso australiano se centró en un proceso de administración de tierras más específico denominado *levantamiento del gravamen hipotecario*. El levantamiento de hipoteca se utiliza para eliminar el registro de una hipoteca del título de propiedad. Los levantamientos hipotecarios son las transacciones más comunes respaldadas por NSW LRS, con entre veinte mil y veinticinco mil realizados por mes. En comparación, generalmente existen entre trece mil y diecisiete mil transacciones de transferencia de propiedades. Los participantes principales en el proceso son el hipotecante (generalmente, un propietario), el acreedor hipotecario (generalmente, una institución financiera) y el registro de la propiedad (NSW LRS).

En el contexto de Nueva Gales del Sur, se consideró que el proceso de eliminación de gravámenes existente era demasiado complicado e incluía más pasos de los que se consideraban necesarios, en particular, teniendo en cuenta las posibilidades que ofrecían los procesos y la presentación de documentos digitales. Se identificó que esta complejidad produjo que, en algunos casos en los que las deudas fueron liquidadas, la eliminación de la hipoteca no se llegó a procesar adecuadamente. En estos casos, es posible que los titulares de la hipoteca ni siquiera supieran que el gravamen todavía existía sobre la propiedad.

Al igual que la solución tecnológica sueca, el caso NSW LRS Discharge of Mortgage utilizó Esplix Smart Contract y *postchain blockchain*. Este último permitió la solución híbrida, una interacción entre la infraestructura tecnológica existente de NSW LRS y el Contrato Inteligente Esplix: el contrato inteligente podría llamar automáticamente al sistema NSW LRS para devolver los datos del título sin exigir cambios radicales en las bases de

datos del registro de tierras de NSW LRS. Además, el nuevo enfoque permitiría al deudor hipotecario iniciar la liberación del gravamen sin depender del acreedor hipotecario, a través de la ejecución automatizada. Este protocolo de contratación podría distribuirse fácilmente a través de proveedores externos o directamente a través de otras aplicaciones LRS de NSW, sin interferir con la infraestructura tecnológica subyacente y existente.

El caso australiano de NSW LRS también reveló desafíos de implementación y escalamiento. Australia es una federación, dividida en seis estados y dos territorios, y las responsabilidades de la administración de tierras residen en esas jurisdicciones federadas. Esto crea desafíos para el desarrollo de un estándar nacional para la transferencia electrónica y las transacciones de tierras. Por ejemplo, PEXA, la plataforma nacional de transferencia electrónica no basada en *blockchain*, tardó más de una década en desarrollarse y, aun así, muchas transacciones en diversos estados se completan fuera de PEXA. En la ley y los reglamentos, se considera un operador de red de alojamiento electrónico (ELNO, por su sigla en inglés) y podría estar abierto a la competencia de otros ELNO. Si bien esto genera competencia, también crea ineficiencias, posible duplicación de esfuerzos y datos de mercado desagregados. En un mercado relativamente pequeño (por ejemplo, Australia tiene una población de veinticinco millones de personas, aproximadamente), generalmente, es deseable construir un consenso en torno a las normas y los procesos entre los estados/territorios; de lo contrario, obtener la aceptación y el interés de los operadores del sector privado (por ejemplo, proveedores de *software* e instituciones financieras) es más difícil. Por lo tanto, cualquier solución basada en *blockchain*, aunque solo sea para un número limitado de transacciones de tierras, tendría que abordar este problema. Dicho esto, numerosos beneficios futuros fueron vislumbrados a partir del trabajo del prototipo.

Entre 2016-2017, NSW LRS procesó 930.809 transacciones, de las cuales el 25% (237.964) estaban relacionadas con hipotecas. En la época del estudio, menos del 20% de las liberaciones de gravámenes hipotecarios fueron aplicados de forma completamente electrónica. Una mejor aceptación sería posible a través de contratos inteligentes descentralizados. Actualmente, el prototipo del proceso de levantamiento de gravamen hipotecario fue completado y aprobado para atender a los requisitos técnicos de NSW LRS.

3.3. El caso canadiense: informes de reasignación en Columbia Británica

El prototipo canadiense se completó entre junio y octubre de 2018. Al igual que el trabajo sueco, se utilizó un enfoque de consorcio, con la Autoridad de Títulos de Propiedad y Topografía de Columbia Británica (LTSA, por sus siglas en inglés) como la organización patrocinadora. LTSA se estableció como una corporación estatutaria bajo la Ley de La Autoridad de Títulos de Tierras y Topografía de 2005, y le dio autoridad delegada sobre los sistemas de títulos de propiedad y topografía en Columbia Británica. Esto le permitió a LTSA centrarse en la eficiencia empleando un enfoque digital. En este sentido, fue líder en el desarrollo de servicios de presentación electrónica, búsqueda y servicios de mapa de parcelas para los interesados del sector de tierras en la década de 2000. Otros socios para la prueba de concepto incluyeron Chromaway AB y Landsure Systems Ltd. Landsure es una subsidiaria de propiedad total de LTSA y, principalmente, apoya la mejora continua de LTSA a través del desarrollo y la gestión de la infraestructura tecnológica central de LTSA.

Al igual que los otros casos, en lugar de buscar una solución de transformación de todo el sector, la LTSA se centró en un nuevo proceso de administración de tierras que podía beneficiarse de un enfoque de contrato inteligente, con una interrupción mínima de la infraestructura tecnológica existente. En este sentido, el foco fue la transacción de informes de reasignación. Esta actividad abordó la notificación de una reventa de propiedades de condominio asignadas con anterioridad, principalmente, antes de la venta. Una asignación era un derecho (y compromiso) de comprar una propiedad en el futuro. Por lo general, esto ocurría cuando una nueva propiedad del condominio estaba en proceso de construcción y el constructor necesitaba vender anticipadamente un porcentaje de las propiedades antes de que los bancos liberaran fondos para que comenzara la actividad formal de construcción. El nuevo proceso involucraba a numerosos organismos interesados, incluidos el cesionario, el cedente (nuevo comprador) y el agente inmobiliario, los promotores inmobiliarios, la LTSA (registro de la propiedad), y las ramas de planificación del Gobierno.

El proceso de informes de asignación de reventas era una nueva función comercial de LTSA. El enfoque alternativo de contrato inteligente se evaluó en paralelo al desarrollo tradicional utilizando una base de datos central. Es importante notar que el objetivo general de la función comercial era inyectar más transparencia en la reasignación de condominios para impuestos con la finalidad de planificación. Con relación a la infraestructura tecnológica desarrollada, se hizo uso del Esplix Smart.

La solución desarrollada consideraba que la agencia de planificación (OSRE) enviaba un número de registro de preventa a LTSA para almacenar en la base de datos. Cuando un cedente solicitara la cesión de la propiedad, la plataforma utilizaría el número de presentación en el contrato inteligente. Al igual que el caso australiano, el protocolo de contrato se podía distribuir a través de proveedores externos o directamente a través de las aplicaciones responsables por el registro.

En términos de los resultados del prototipo, el proyecto no experimentó desafíos significativos. El equipo del proyecto LTSA estaba compuesto, principalmente, por su organización de análisis de tecnología y negocios: LandSure Systems. Esto facilitó, en gran medida, el proceso de transferencia y desarrollo de conocimientos tecnológicos.

En comparación con el prototipo con uso de base de datos más convencional, se identificaron otros beneficios importantes en relación con la rama de impuestos a la propiedad (PTB, por sus siglas en inglés), en la que es posible consultar el libro mayor de datos de contratos inteligentes en cualquier momento para ver el estado de las transferencias. La solución preveía que los promotores inmobiliarios informaran estas transferencias una vez que estaban en mejores condiciones para proporcionar esa información. También se consideró solicitar esas informaciones a los compradores y vendedores.

Actualmente, el diseño del prototipo fue concluido, pero, debido a las limitaciones de escala y gestión de las alteraciones con todas las partes interesadas y diversos organismos, no fue implementado y se volcó al enfoque más tradicional. LTSA ahora está evaluando otras oportunidades para el uso de la tecnología de contrato inteligente/*blockchain*.

4. La solución propuesta: LAC PropertyChain

A partir de las experiencias presentadas anteriormente, se concluyó en la necesidad de **construir un sistema informático donde todas las partes sean miembros y que elementos clave, como la producción de documentos y la identidad del usuario, sean confiables**. En esta sección, se presentan brevemente los elementos de la solución propuesta (LAC PropertyChain). Es importante destacar que la versión inicial de LAC PropertyChain fue concebida con base en procesos actualmente en uso en Perú.

El proyecto LAC PropertyChain introduce un nuevo modelo de confianza para las transacciones de propiedades (**tabla 2**). Los elementos a los que se hace referencia en la tabla 2 serán detallados posteriormente en este documento. Se considera que un sistema informático de registro de propiedad puede operar mejor cuando es construido sobre un sistema no basado en la confianza (*trustless system*) que asume que los participantes involucrados no necesitan conocerse o confiar entre sí o en un tercero para que el sistema funcione. La solución tecnológica y los modelos de gobernanza recomendados están diseñados para proporcionar más certeza procesal y accesibilidad para los propietarios actuales y futuros (es decir, los propietarios informales en proceso de formalización) a través de

una mayor transparencia, velocidad y simplificación de procesos. Para los gobiernos, los bancos y la industria inmobiliaria, la solución introduce una mayor seguridad mediante firmas criptográficas y validación de identidad, así como la validación de datos basada en el consenso.

Validez de los acuerdos

En la solución propuesta (LAC PropertyChain), todas las firmas son digitales y se implementan mediante la integración con RENIEC (Registro Nacional de identificación y Estado Civil peruano). Por lo tanto, RENIEC proporcionaría las identificaciones digitales utilizadas por todos los usuarios del sistema informático.

Fuentes de datos

Otro elemento clave en cualquier sistema basado en *block-chain* es que cuando un participante (“el creador oficial” de un documento en particular) inserta un documento en la red, todos los demás participantes y contratos inteligentes (programas que se ejecutan sobre los datos en el sistema) confían en que ese documento es válido. En este caso particular, la SUNARP (Superintendencia Nacional de

TABLA 2. UN NUEVO MODELO PARA TRANSACCIONES DE REGISTRO DE PROPIEDAD

FUNCIÓN	ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS ACTUAL EN BASES DE DATOS CENTRALIZADOS	ADMINISTRACIÓN DE TIERRAS CON <i>BLOCKCHAIN</i>
VALIDEZ DE LOS ACUERDOS	Firmas húmedas sobre papel, sellos	Firmas digitales basadas en la identidad. Utilización de contratos inteligentes
FUENTES DE DATOS	Documentación manual por las partes, autoridades	Documentación electrónica segura desde la fuente original
PROCESO PARA ASEGURAR PROPIEDADES, PRÉSTAMOS	Dependencia de la buena voluntad de intermediarios, cumplimiento posterior al comprobar el proceso	Cumplimiento seguro y prediseñado
CONFIRMACIÓN DE IDENTIDAD	Verificación manual	Identificaciones digitales
INTERCAMBIO DE INFORMACIÓN	De forma secuencial, en papel	De forma simultánea, electrónica y transparente
VALIDEZ DE DATOS	Autoridad Individual	Consenso entre múltiples autoridades

Fuente: elaboración propia.

Registro Público del Perú) también es un participante clave en el sistema, así como los bancos y los notarios son participantes indispensables y sus acciones (y documentos producidos) también son necesarias.

Procesos/flujo de trabajo

El mapeo de los procesos actuales y la propuesta de mejora de procesos también son de extrema relevancia. Aquí es donde se espera aumento de productividad. La sección Recopilación de requisitos en este documento describe la versión propuesta de los procesos clave de registro de propiedad usando *blockchain*.

Intercambio de información

El intercambio de información se logra a través de contratos inteligentes que implementan los nuevos flujos de trabajo. Como se señaló anteriormente, las integraciones con entidades como SUNARP son esenciales para que los procesos reales se ejecuten en el sistema informático.

Validación de datos

La validación de datos debe realizarse libremente por la tecnología *blockchain* y por el modelo de gobernanza que se adoptará. Se presenta una discusión sobre este tópico en la sección de “Modelo de negocio sostenible”. En

general, los bancos, por ejemplo, podrían decidir tener una infraestructura computacional como parte de LAC PropertyChain para actuar como nodos de validación, asegurando que todos los datos en el sistema informático sean válidos.

La **figura 2** muestra una captura de pantalla de uno de los programas de aplicación LAC PropertyChain. A la derecha, se pueden ver los pasos del proceso en el flujo de trabajo de levantamiento de hipotecas. Cada paso lo realiza un participante, que puede ser un funcionario público, notario o empleado bancario, dependiendo de cada caso. Todas las partes pueden supervisar el proceso y actuar en consecuencia. Una vez iniciada la sesión en el sistema, los participantes tienen acceso a un panel de control con todos los procesos en los que están involucrados y deben tomar las medidas adecuadas. Los documentos se validan automáticamente a medida que los actores involucrados trabajan en ellos y los firman electrónicamente. El flujo de trabajo del proceso es implementado a través de los contratos inteligentes.

Como se mencionó anteriormente, esta sección describió de forma resumida, cómo una tecnología basada en *blockchain* puede abordar los problemas enumerados en la introducción. Más adelante, se abordarán detalles de cómo la prueba de concepto fue construida, cuáles son los desafíos y oportunidades clave que brinda su implementación, cómo las partes interesadas claves ven su adopción y lo que está por venir.

FIGURA 2. LEVANTAMIENTO DE HIPOTECA

La imagen muestra la interfaz de usuario de LAC PropertyChain. En la parte superior, hay un menú de hamburguesa a la izquierda y el logo 'LAC PropertyChain' en el centro. A la derecha del logo hay un ícono de usuario. El contenido principal está dividido en tres secciones:

- PROCESOS:** Un menú lateral con tres opciones: 'Pendientes' (seleccionada), 'Activos' y 'Finalizados'.
- LEVANTAMIENTO DE HIPOTECA:** El título principal de la sección, con el nombre 'Juan Carlos Fernandez Quiroga' y la dirección 'Avenida Basadre 498, San Isidro, Lima 27'.
- 6. Revisión del banco y aprobación:** El título de la etapa actual, con los siguientes datos:
 - Nombre del propietario: Juan Carlos Fernandez Quiroga
 - Dirección del inmueble hipotecado: Avenida Basadre 498, San Isidro, Lima 27
 - Datos del inmueble:
 - Finca de una planta
 - Levantada sobre la parcela
 - Distrito: San Isidro
 - Provincia: Lima
 - Departamento: Lima
 - Número de partida del inmueble y asientos de dominio: 40411674
 - Número de partida del inmueble y asientos de inscripción de hipoteca: 1546
 - Banco acreedor: Banco de Crédito del Perú
 - Código identificador de operación crediticia: 6546605645455-15
 - Número de cuota pagada: 120
- PASOS DEL PROCESO:** Una lista de pasos con marcadores de verificación:
 - ✓ Solicitud de levantamiento de hipoteca
 - ✓ Constancia de liquidación de deuda oficina principal
 - ✓ Constancia de liquidación de deuda representante legal
 - ✓ Revisión del propietario e invitación a notaría
 - ✓ Revisión de la notaría y aprobación
 - 6. Revisión del banco y aprobación** (destacado)
 - 7. Revisión y finalización del levantamiento de hipoteca

4.1. Tecnología subyacente

LAC PropertyChain está dirigida a los registros de la propiedad y los sistemas informáticos de propiedad de Perú, Bolivia y Paraguay. **Utiliza el sistema *blockchain* Chromia, una solución pública que combina el rendimiento de un *back-end* de aplicación de base de datos relacional con las garantías de transparencia y seguridad de *blockchain*.** Esta utiliza *blockchain* para organizar un flujo de trabajo de procesos que permite que una variedad de participantes del sistema informático de propiedades y fuentes de datos se integren de manera segura, proporcionando una estructura para el suministro de datos confiables y autenticables.

El proyecto no buscó implementar *blockchain* dentro de los sistemas informáticos del registro de precios (SUNARP), sino que se centró en emplear *blockchain* para que el proceso contractual de transferencia de propiedad sea más accesible (facilitando la participación de propietarios en el sistema formal), para que las transacciones gocen de mayor transparencia y los datos sean más seguros. Las características clave de LAC PropertyChain son los mecanismos de identidad respaldados por proveedores digitales nacionales de confianza y un libro mayor distribuido para almacenar un registro inmutable (a prueba de manipulaciones) de todos los datos, acciones y firmas pertenecientes a un proceso de propiedad.

LAC PropertyChain sirve, como cualquier tecnología *blockchain*, como una fuente descentralizada real. También sirve como una especie de computadora que ejecuta la lógica de una manera igualmente descentralizada y transparente. Esto permite que los procesos complejos, como el levantamiento de hipotecas y demás procesos de subdivisión de propiedades relevantes para este piloto, sean codificados y organizados de una manera resiliente, transparente y eficiente.

La tecnología *blockchain* específica que subyace a LAC PropertyChain se llama Chromia. Una cadena de bloques altamente personalizable y de alto rendimiento que aborda problemas comunes de escala y complejidad lógica de varias maneras innovadoras. Las *blockchain* Chromia están alojadas en una red de al menos cuatro nodos o instancias de hardware virtual o físico que ejecutan código Chromia. Chromia es un *blockchain* relacional, o sea, una cadena de bloques construida sobre el modelo relacional (**recuadro 1**).

Esto significa que, arquitectónica y conceptualmente, una aplicación construida sobre una cadena de bloques Chromia, como LAC PropertyChain, puede ser bastante similar a una aplicación cliente-servidor convencional con una base de datos relacional no *back-end*. Además, con la implementación del algoritmo de consenso PBFT (Castro y Liskov, 1999), las transacciones se pueden aprobar en cuestión de segundos.

RECUADRO 1. LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE BLOCKCHAIN CHROMIA

Acerca de Blockchain Chromia

ChromaWay proporciona infraestructura técnica y herramientas para introducir mayor seguridad y transparencia, procedencia y descentralización a través del desarrollo de la cadena de bloques Chromia. Las características clave de Chromia incluyen:

- **Implementación como *blockchain* sin permiso o con permiso.** Un consorcio o *blockchain* con permiso se da cuando los bloques (de datos) deben aprobarse (firmarse) por la mayoría de los miembros del consorcio. Este modelo también se conoce como *prueba de autoridad*.
- **Integración profunda con bases de datos relacionales.** La característica principal que diferencia a postchain, la tecnología utilizada por Chromia, de sistemas similares, es su integración con bases de datos SQL de una manera muy profunda: todos los datos de *blockchain* son almacenados en una base de datos SQL y la lógica de transacciones puede definirse en términos de código SQL (más específicamente, procedimientos almacenados).
- **Lenguaje de contrato inteligente eficiente.** RELL es el lenguaje de programación y de contrato inteligente de Chromia para *blockchain*. Dado que *blockchain* es un método para la sincronización segura de datos en nodos del sistema, RELL está centrado en la base de datos.
- **Chromia Vault funciona como una billetera que admite transferencias de activos del sistema informático Chromia.** Puede utilizarse para transferir cualquier tipo de activos FT3 (equivalente a Chromia de Ethereum ERC-29 y ERC-721 protocolo) e incluye funciones adicionales como vincular cuentas *dapp* y explorar *dapp* Chromia.

5. Recopilación de requisitos

El equipo del proyecto trabajó con los socios para identificar dos procesos relevantes del registro de propiedades rurales y urbanas en Perú. Para seleccionar cuáles procesos básicos serían modelados como base para la aplicación piloto, fueron aplicados los siguientes **criterios**:

- I. El proceso debe comprender una clara atribución de tareas y responsabilidades para facilitar las firmas digitales para el suministro de datos y documentos electrónicos.
- II. El proceso debe ser extensible a los tres países – Bolivia, Paraguay y Perú– que participan en el proyecto.
- III. La finalización del proceso debe requerir la interacción de múltiples participantes para evaluar de forma completa la capacidad de los protocolos *blockchain* y de los contratos inteligentes para orquestar transacciones terrestres complejas.
- IV. El proceso debe ser pasible de una implementación completa después del piloto. En otras palabras, los procesos y la tecnología introducidos en el piloto deben poder implementarse en producción sin alteraciones técnicas, regulatorias o de ecosistema significativas.

El resultado más importante es que los procesos del negocio se documentaron de acuerdo con la forma en que actualmente son ejecutados por compradores, vendedores, bancos, notarios, el registro de la propiedad, etc. A los efectos del proyecto piloto, no fueron modificados elementos tales como las funciones y responsabilidades, los requisitos de información y las firmas de documentos. Dado que el objetivo del proyecto es evaluar cómo las tecnologías *blockchain* pueden introducir una mayor transparencia, seguridad y eficiencia en las transacciones de propiedades, el equipo del proyecto no quería “enturbiar las aguas” haciendo cambios en los procesos comerciales o en los roles de los participantes clave en los ecosistemas.

La hipótesis es que la propia aplicación de las tecnologías digitales y *blockchain* mejorará significativamente el desempeño general de estas transacciones (y del ecosistema en general), incluso antes de realizar cambios fundamentales en los procesos que están al alcance de sus administradores.

El análisis del proceso se basa en los comentarios de los participantes y entrevistas adicionales en Perú, país designado por el BID para el piloto. Debido a la COVID-19, fue necesario adaptar el plan original y la fase de modelado de procesos fueron restringidos al Perú, para que la prueba de concepto resultante fuera evaluada por partes interesadas clave de otros países de América Latina y el Caribe (ALC).

La documentación del proceso se compartió con las partes interesadas en Paraguay y Bolivia para una revisión adicional. Los resultados preliminares indican que las prácticas asociadas con los dos procesos centrales son muy similares en los tres países de referencia y que apoyan el objetivo clave del proyecto, que es la extensibilidad de la solución en América del Sur.

En general, la metodología de recopilación de requisitos abarcó las siguientes **fases**:

- Sesiones de capacitación, materiales de capacitación y modelado.
- Modelado de procesos de negocio.
- Definición de la situación actual del proceso (*As-is*) o definición del proceso futuro (*To-be*).
- Costos/tiempos asociados o cuellos de botella.
- Consideraciones legales y reglamentarias.
- Arquitectura de *software* de alto nivel.

Estos cambios se podrían incluir en el levantamiento de hipoteca y subdivisión de propiedades en el piloto, como resultado de la aplicación de protocolos *blockchain*. Como en la mayoría de los procesos de un negocio, el tiempo real que toma una tarea es, a menudo, una pequeña fracción del tiempo total que los clientes o propietarios esperan para que otras partes completen el trabajo. Los retrasos en el procesamiento, los errores de rescritura y el fraude potencial, muchas veces, son resultado de la falta de transparencia y de controles en un proceso. Esto se aplica a los procesos piloto (*As-is*) en los que ninguna de las partes tiene el control absoluto sobre todo el proceso, sino que solo es responsable de su tarea. El piloto incorporó los siguientes **cambios**:

- **Firma de transacciones:** Todos los participantes en el proceso completarán las tareas de las que son responsables mediante firmas digitales. Las firmas también serán utilizadas como mecanismo de confirmación de que las tareas se han completado correctamente. Esto introduce un paradigma de responsabilidad y apropiación de los procesos por parte de todas las organizaciones participantes, algo que, actualmente no existe.
- **Flujo de trabajo distribuido con estado de proceso abierto:** El contrato inteligente asignará requisitos que deben cumplirse por cada participante para las tareas bajo su responsabilidad, de acuerdo con el flujo de trabajo establecido. Únicamente cuando se ha completado una tarea determinada, el flujo de trabajo puede progresar a la siguiente tarea. Esta es una característica particularmente poderosa para procesos de larga duración en los que las partes no tienen información precisa sobre el estado general de una transacción. La aplicación piloto proporcionará información, en tiempo real, sobre el estado de la transacción y las tareas que se han completado o están en espera.
- **Los datos se capturan una vez y se reutilizan varias veces:** En el proceso actual, al menos tres de las cuatro partes interesadas participantes (sin incluir al propietario) tienen su propio repositorio independiente de datos electrónicos o en papel sobre el proceso. Por lo general, los datos no se transfieren electrónicamente para reutilizarse para su posterior procesamiento.

Con frecuencia, es introducido un nuevo sistema para completar una tarea. Este comportamiento de proceso suele dar lugar a un largo tiempo de procesamiento, errores de escritura y vulnerabilidad para fraude. En el proceso piloto, la información será capturada como datos accesibles y reutilizables por todas las partes. Por ejemplo, los elementos de datos, como nombres, ubicaciones de parcelas y montos de pago de hipotecas se reutilizarán y almacenarán en bases de datos relacionales para garantizar una mayor coherencia y facilitar las consultas y la presentación de informes.

- **Fuentes de datos seguras:** Desde el punto de vista de la eficiencia del proceso, la integridad y la seguridad de los datos, los datos de los contratos inteligentes deben obtenerse directamente del autor/creador de los datos y no a través de terceros. Aunque esto no siempre es posible para el piloto, ya que las organizaciones interesadas no disponen de interfaces de programación de aplicaciones (API, por sus siglas en inglés) para la integración directa de datos, se simulará este comportamiento. Por ejemplo, en el levantamiento de hipotecas, la aplicación de contratos inteligentes llama a un repositorio de datos en el registro de la propiedad (por ejemplo, SUNARP) que puede validar automáticamente al representante legal del banco que tiene el poder de levantar la hipoteca sobre la propiedad. Esto debería reducir el tiempo de espera del proceso como un todo y reducir la carga de los notarios para completar esta tarea.

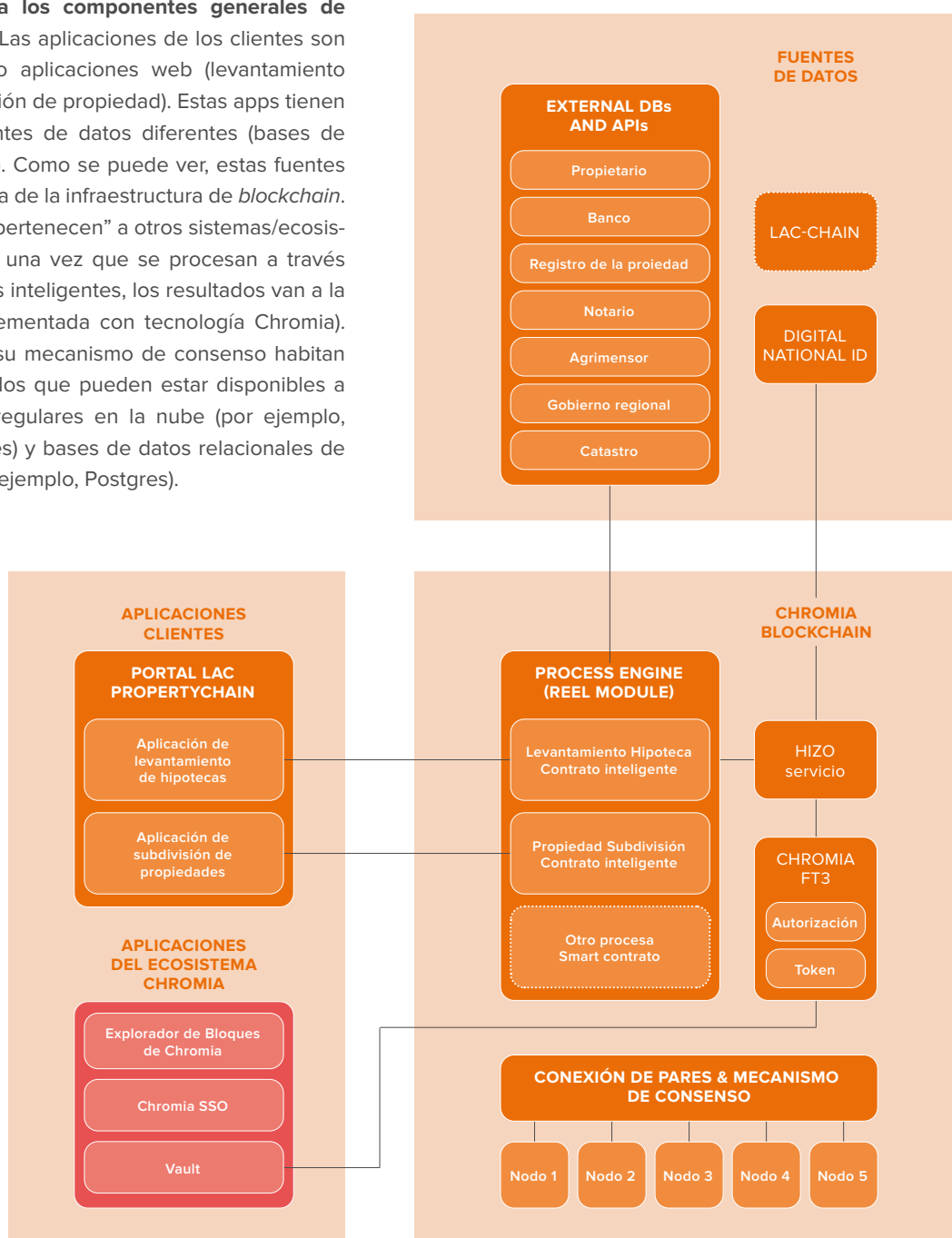
La hipótesis es que la propia aplicación de las tecnologías digitales y *blockchain* mejorará significativamente el desempeño general de estas transacciones (y del ecosistema en general), incluso antes de realizar cambios fundamentales en los procesos que están al alcance de sus administradores.

6. La implementación de LAC PropertyChain

6.1. Componentes arquitectónicos

La figura 3 muestra los componentes generales de LAC PropertyChain. Las aplicaciones de los clientes son implementadas como aplicaciones web (levantamiento de hipoteca, subdivisión de propiedad). Estas apps tienen acceso a varias fuentes de datos diferentes (bases de datos externas y API). Como se puede ver, estas fuentes de datos residen fuera de la infraestructura de *blockchain*. Esto se debe a que “pertenecen” a otros sistemas/ecosistemas. Sin embargo, una vez que se procesan a través de nuestros contratos inteligentes, los resultados van a la red *blockchain* (implementada con tecnología Chromia). La red *blockchain* y su mecanismo de consenso habitan en un campo de nodos que pueden estar disponibles a través de servicios regulares en la nube (por ejemplo, Amazon Web Services) y bases de datos relacionales de dominio público (por ejemplo, Postgres).

FIGURA 3. COMPONENTES DE LAC PROPERTYCHAIN



Fuente: elaboración propia.

6.2. Infraestructura

Para el piloto, la aplicación LAC PropertyChain y la red de nodos (cuatro grupos de nodos) fueron implementadas por el socio técnico del proyecto, Jalasoft (Jalasoft, s.f.). La **figura 4** proporciona un esquema de la implementación de Jalasoft de la aplicación y red LAC PropertyChain. Cuatro nodos (es decir, *back-end* 0-3) consisten en bases de datos PostgreSQL y *software* de *blockchain postchain*, que juntos forman una infraestructura de red *blockchain* permissionada (*permissioned blockchain network infrastructure*).

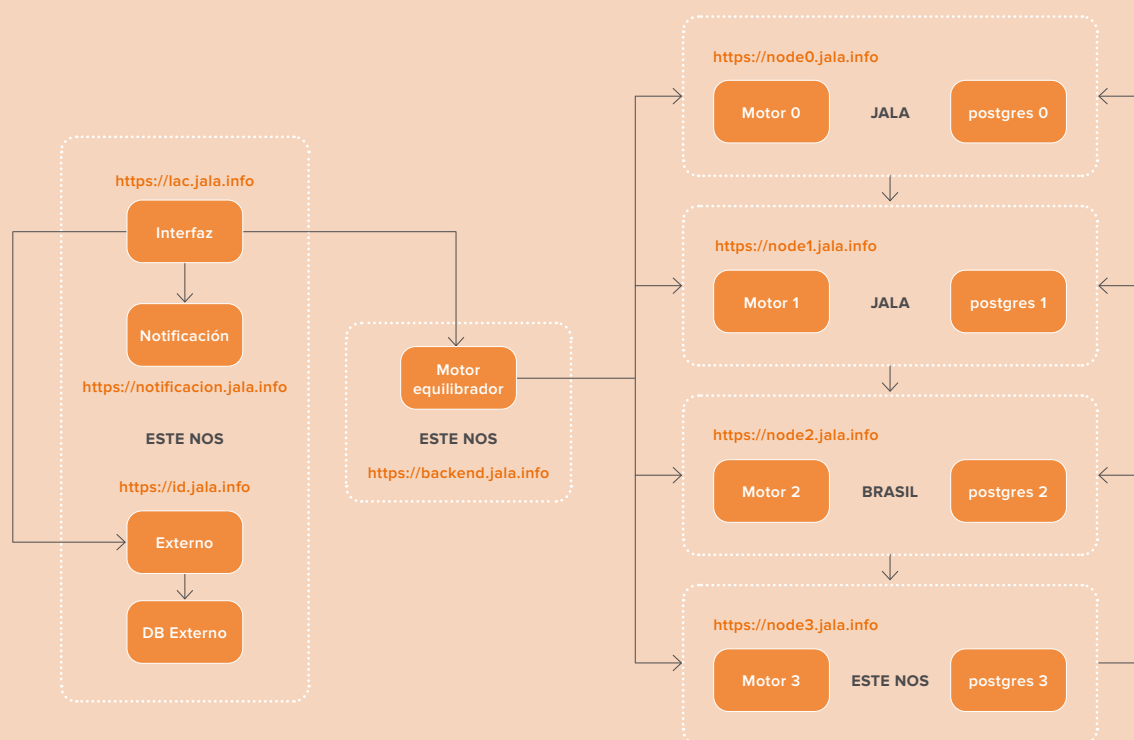
Aunque todos los nodos estaban controlados por Jalasoft (ya sea a través de JalaCloud o Microsoft Azure), la propiedad del nodo podía transferirse (a través de claves criptográficas) a los propietarios de nodos permissionados tras la aprobación. Para los propósitos del piloto, la red de cuatro nodos era suficiente, ya que podría tolerar fallas (es decir, PBFT1 requiere un mínimo de cuatro nodos) sin necesidad de una infraestructura extensa y costosa para implementar.

6.3. Gestión de claves e identidad de usuario

Los elementos externos del sistema son **el servicio de notificación y el servicio de adición de datos**. El servicio de adición de datos permite que los datos se introduzcan manualmente en la base de datos de la aplicación, dado que no existe una integración directa con las bases de datos RENIEC (identidad) o SUNARP (propiedad) para el piloto. Por ello, fue necesario alimentar la base de datos con datos simulados para demostrar y probar el sistema. El servicio de adición de datos es una aplicación del lado del cliente, escrita en JavaScript, que presenta una página de carga simple en la que se puede cargar un archivo de .xls. Si está formateado correctamente, el servicio de adición de datos analiza el archivo .xls y lo pasa a postchain.

El servicio de notificación es otra aplicación JavaScript que se integra con el front-end LAC PropertyChain y envía correos electrónicos a los usuarios registrados toda vez que deben realizar una acción o ingresar datos. Esto se debe a que es esperable que los procesos manejados por LAC PropertyChain tarden algún tiempo en completarse, lo que obliga a los usuarios a iniciar sesiones periódicamente para verificar si deben “hacer algo”, lo que introduce retrasos y problemas.

FIGURA 4. DIAGRAMA DE DESPLIEGUE, LAC PROPERTYCHAIN



7. Modelo de negocio sustentable

El financiamiento inicial para el proyecto LAC PropertyChain fue proporcionado por el Banco Interamericano de Desarrollo. El financiamiento cubrió la fase piloto de la iniciativa, que incluye capacitación, los requisitos negociales y técnicos, el desarrollo técnico, el pilotaje y la evaluación. El financiamiento inicial estaba destinado a proporcionar una base para un mayor desarrollo y despliegue no solo en Perú (el sitio piloto), sino en toda América Latina y el Caribe.

¿Puede el proyecto autofinanciarse con un apoyo reducido o sin el financiamiento del BID? ¿Cuál es el modelo de financiación? ¿Cuáles son los costos e ingresos potenciales de la solución? Estas son las preguntas principales que el modelo de negocio sustentable (SBM, por sus siglas en inglés) buscaba responder.

El modelo analizó la sustentabilidad desde varios puntos de vista, incluyendo costos e ingresos potenciales, proyecciones de volúmenes de transacciones, tipos de estructuras de organización y gobernanza de *blockchain*, infraestructura tecnológica y consideraciones de integración técnica. El marco de SBM propuesto se basó, también, en la consideración de los posibles modelos de gobernanza más compatibles con las redes *blockchain* y los costos e ingresos estimados relacionados con la construcción y el mantenimiento de una red. El SBM identificó tres enfoques de gobernanza:

- Operador centralizado
- Modelo de consorcio
- Descentralizado (proveedor)

En general, los costos e ingresos globales no variaron mucho según el modelo de gobierno de la red. Por otro lado, el modelo de gobernanza tuvo un impacto en la asignación específica de costos e ingresos para los miembros de la red. Por ejemplo, un enfoque estrictamente basado en protocolos solo podría requerir que los contratos inteligentes y el flujo de trabajo (código o especificaciones) junto con el marco de firma digital fueran aprobados por el registro de la propiedad u otra autoridad reguladora apropiada.

El modelo agrupó **los costos de los proyectos** en cinco categorías distintas:

1. Costos de desarrollo de aplicaciones.

Estos costos están relacionados con el desarrollo de nuevas características para LAC PropertyChain. A lo largo de este proyecto, se implementaron las operaciones básicas de registro de propiedad como parte de la prueba de concepto. Incluso las transacciones implementadas necesitarán mejorarse para alcanzar el nivel de producción y será necesario programar otras transacciones: a) primera inscripción de la propiedad, b) congelamiento de la propiedad, c) inscripción de fábrica (registro de un edificio), d) subdivisión de propiedades, e) flujos de trabajo alternativos (que se aplica cuando algún paso de una transacción no ocurre de acuerdo al comportamiento esperado, lo que se conoce como “camino no felices” o *unhappy paths*). En resumen, será necesario un mayor desarrollo y soporte de la aplicación en la medida que la tecnología migra de prueba de concepto a sistema en producción.

2. Soporte anual de aplicaciones.

Los costos de soporte de aplicaciones, normalmente, se asocian con el mantenimiento de los programas que han sido implementados anteriormente, trabajando de acuerdo con la ley actual y otros requerimientos no funcionales. Los sistemas, como LAC PropertyChain, interactúan con otros sistemas y están sujetos a fuerzas externas que impulsan cambios en transacciones ya implementadas.

3. Costo de la red *blockchain*.

Estos costos están relacionados con la infraestructura. Cuanto mayor sea el número de transacciones realizadas dentro de la red, más robusta debe ser la infraestructura (el número de nodos, el tamaño de las máquinas virtuales asignadas son ejemplos de infraestructura computacional). Se supone que la red privada de *blockchain* autorizada debe representar el mayor costo a medida que el número de nodos crezca debido al uso. En este modelo, se proyecta el desarrollo de ocho nodos para la versión operativa inicial de LAC PropertyChain, creciendo a treinta nodos en un período de cinco años.

4. Costos de mantenimiento de la red *blockchain*.

Estos son costos asociados con el crecimiento y la mejora de la tecnología *blockchain* en sí. Los fondos se destinan a investigación y desarrollo (I + D) para hacer que la red sea más segura, rápida y estable, por citar algunas cualidades.

5. Costos administrativos y de marketing.

Estos incluyen recursos humanos, oficina, marketing, seminarios, etc. El modelo asume costos administrativos y de marketing relativamente modestos para la dotación de personal de un director operativo, un representante de marketing y un recurso administrativo. Los costos de esos recursos se basan en una encuesta salarial promedio para Lima, Perú.

En cuanto a los **ingresos**, provendrían básicamente de dos fuentes: a) tarifas de transacción y b) suscripciones anuales de nodos.

a) Tarifas de transacción.

Los honorarios de transacción se cobrarían, por ejemplo, en la entrega de una solicitud verificada de exoneración de hipoteca o transferencia de propiedad al registro de la propiedad. Todas las transacciones serían atendidas. En el primer año del despliegue de LAC PropertyChain, se predice una modesta tasa de adopción o aceptación del 2%. En otras palabras, se considera que el 2% del total de transacciones procesadas por SUNARP se entregará

a través de la red LAC PropertyChain. En la **tabla 3**, se ilustran diferentes opciones de tarifas que van desde USD 1 a USD 20 por transacción. También es probable que un programa de tarifas incluya diferentes tipos de tarifas dependiendo de la complejidad y la carga de procesamiento en la red. Por lo tanto, utilizando una tarifa de USD 5 y una tasa de aceptación del 2%, se predice que la red recaudaría USD 41.221 de las tarifas de transacción durante el primer año.

b) Suscripciones anuales de nodos.

Finalmente, una fuente adicional de recuperación de costos para LAC PropertyChain será una tarifa de suscripción para entidades gubernamentales o privadas que deseen alojar nodos completos o de auditoría. Los hosts de los nodos actuarán como validadores de la red y tendrán acceso al libro de transacciones. En la **tabla 5**, se estima, nuevamente de manera conservadora, que las tarifas de nodo cobradas a los suscriptores podrían aumentar a USD 99.000 para el quinto año. Se debe tener en cuenta que la cantidad de nodos y el precio de suscripción del nodo se pueden ajustar aún más para cubrir los costos.

TABLA 3. INGRESOS DEL PRIMER AÑO BASADOS EN UNA TASA DE ADOPCIÓN DEL 2% Y DIFERENTES TARIFAS

TIPOS DE TRANSACCIONES DE PROPIEDAD	VOLUMEN DE SOLICITUDES	TARIFA USD 1	TARIFA USD 5	TARIFA USD 7,75	TARIFA USD 10	TARIFA USD 20
Hipoteca	1.857	USD 1.857	USD 9.285	USD 13.928	USD 18.570	USD 37.140
Registro de propiedad	1.911	USD 1.911	USD 9.554	USD 14.330	USD 19.107	USD 38.214
Transferencia de propiedad	3.707	USD 3.057	USD 18.527	USD 27.790	USD 37.054	USD 74.108
Congelación de bienes	42	USD 42	USD 210	USD 316	USD 421	USD 842
Fábrica (registro de un edificio)	257	USD 257	USD 1284	USD 1.926	USD 2.568	USD 5.135
Subdivisión de propiedades	472	USD 472	USD 2361	USD 3.542	USD 4.722	USD 9.444
Total	8.244	USD 8.244	USD 41.221	USD 61.831	USD 82.442	USD 164.883

Dado que se espera que todas las transacciones de la SUNARP crezcan (a 539.883) para el quinto año (**tabla 4**) junto con una tasa de aceptación del 20% (total 107.570), se predicen ingresos de USD 2,1 millones. Esto se basa en una tarifa de USD 20/transacción. Se considera que la aplicación cuenta con suficientes funcionalidades y beneficios, seguridad y alto rendimiento de la red para justificar la tarifa de USD 20. En el primer año del despliegue de LAC PropertyChain, se predice una modesta tasa de adopción del 2%. Es decir, se considera que el 2% del total de transacciones procesadas por SUNARP se entregaría a través de la red LAC PropertyChain. En la **tabla 4**, se ilustran

diferentes opciones de tarifas que van desde USD 1 hasta USD 20 por transacción. También es probable que un programa incluya diferentes tipos de tarifas dependiendo de la complejidad y la carga de procesamiento en la red.

En la **tabla 5** se resumen los datos estimados sobre costos e ingresos durante cinco años. De acuerdo con este modelo, LAC PropertyChain puede alcanzar el punto de equilibrio en cuatro años, con la generación de un superávit neto de USD 12.620. Al quinto año, considerando una combinación de mayores tarifas de transacción promedio de USD 20 y un volumen de aceptación adicional, el excedente neto salta a USD 1,3 millones.

TABLA 4. INGRESOS DEL QUINTO AÑO BASADOS EN UNA TASA DE ADOPCIÓN DEL 20% Y DIFERENTES TARIFAS

TIPOS DE TRANSACCIONES DE PROPIEDAD	VOLUMEN DE SOLICITUDES	TARIFA USD 1	TARIFA USD 5	TARIFA USD 7,75	TARIFA USD 10	TARIFA USD 20
Hipoteca	24.320	USD 24.320	USD 121.602	USD 182.404	USD 243.205	USD 486.410
Registro de propiedad	25.024	USD 25.024	USD 125.118	USD 187.676	USD 250.235	USD 500.470
Transferencia de propiedad	48.528	USD 48.528	USD 242.638	USD 363.957	USD 485.276	USD 970.551
Congelación de bienes	551	USD 551	USD 2.756	USD 4.133	USD 5.511	USD 11.022
Fábrica (registro de un edificio)	3.363	USD 3.363	USD 16.813	USD 25.220	USD 33.627	USD 67.253
Subdivisión de propiedades	6.184	USD 6.184	USD 30.922	USD 46.383	USD 61.844	USD 123.689
Total	107.970	USD 107.970	USD 539.849	USD 809.773	USD 1.079.697	USD 2.159.395

TABLA 5. RESUMEN DETALLADO DE COSTOS E INGRESOS

CATEGORÍA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
COSTE					
Costes de desarrollo de aplicaciones	USD 98.496	USD 129.276	USD 108.592	USD 121.622	USD 159.630
Soporte anual de soluciones	USD 115.200	USD 115.200	USD 168.960	USD 220.800	USD 230.400
Red <i>blockchain</i> y coste de mantenimiento	USD 567.200	USD 100.800	USD 172.800	USD 240.000	USD 315.000
Gastos administrativos y de comunicación	USD 198.279	USD 198.743	USD 206.680	USD 219.114	USD 230.070
CATEGORÍA DE INGRESOS					
Total de tarifas transaccionales	USD 41.221	USD 214.148	USD 454.418	USD 736.157	USD 2.159.195
Suscripciones anuales a nodos	USD 14.000	USD 23.040	USD 54.000	USD 78.000	USD 99.000
Superávit neto	-USD 414.554	-USD 352.711	-USD 148.614	USD 12.620	USD 1.323.295

7.1. Quién paga

Una consideración para la implementación de este modelo será **determinar qué partes deben cubrir los costos de transacción para el mantenimiento de la red**. Si bien hay varios modelos diferentes, basados en esta experiencia, se plantean las siguientes alternativas:

- **Se aplicarían tarifas a los usuarios de la red.** En la mayoría de los casos, notarios, abogados y agrimensores serán los principales beneficiarios (a través de transacciones más rápidas, y con mayores garantías de transacciones) y clientes de la red.
- **En muchos casos, se reconoce que los notarios y abogados “pasarán” el costo de los honorarios de transacción a los propietarios y compradores.** La cantidad que se transfiera se verá afectada por el mercado y la competencia sobre el precio. Algunos notarios pueden querer transferir los costos completos; otros absorberán los costos en reconocimiento de su propio ahorro de tiempo y costos. Se considera que es difícil hacer una comparación numérica entre los costos que un propietario de tierras tiene hoy en día y los que tendría si eligiera usar LAC PropertyChain. Como se señaló en la introducción, el costo estimado para el

registro de una transacción de compraventa de tierras para un pequeño agricultor se estima, por ejemplo, en USD 1.152 en Bolivia. En la siguiente sección, se debaten los beneficios para cada participante. Es importante tener en cuenta que, para el propietario de tierras, uno de los grandes beneficios es el ahorro de tiempo y la posibilidad de realizar todas las transacciones sin tener que salir de su finca o su trabajo.

- **Los bancos y otras instituciones beneficiarias pueden optar por proporcionar subsidios a las tarifas o absorberlas directamente**, considerando el crecimiento de los préstamos que presenta la red de propiedades debido a la mejora de los datos y la reducción del fraude.
- **Un registro de la propiedad y otras entidades gubernamentales** (por ejemplo, municipios que están interesados en actualizar sus registros o ministerios de vivienda que desean saber qué tierra se está subdividiendo) pueden querer ofrecer subsidios con descuento basados en los ingresos para ampliar el proceso de formalización.

7.2. Beneficios para los participantes del ecosistema

En Australia, el grupo Deloitte Access Economics llevó a cabo un análisis utilizando un sistema similar. Según el informe, **el mayor impulsor del beneficio neto final para la industria es el tiempo ahorrado con el enfoque electrónico, estimado en un promedio de 3,7 horas por transacción**. A nivel nacional, se ahorrarían aproximadamente USD 289 millones anuales. Si bien no todos los ahorros son atribuibles al tiempo y los ahorros variaron según el estado (junto con otras advertencias), el beneficio es sustancial.

Los bancos y los servicios públicos también se beneficiarían enormemente de la entrada en la red. En los países de ALC, los bancos toman gran precaución para evitar el fraude, contratando un grupo grande de empleados e ideando flujos de trabajo para reducir su riesgo. Al ser parte del sistema, dichos flujos de trabajo serían revisados y racionalizados, lo que haría que el trabajo de días o incluso semanas simplemente desapareciera. El riesgo también se minimizaría debido al aumento de la confianza. El mismo razonamiento puede aplicarse a los notarios y a los servicios públicos. Al final del día, los préstamos bancarios, los honorarios notariales y los servicios públicos deberían ser más asequibles para los pequeños propietarios.

El ahorro de costos incluiría **beneficios adicionales en los países en desarrollo**, donde la adopción de una solución *blockchain* ayudaría a abordar las deficiencias del sistema general de derechos de propiedad (en todas sus fases):

- **La solución *blockchain* reducirá el costo originado por el significativo número de transacciones rechazadas.** Las autoridades de registro suelen mostrar una alta tasa de rechazos cuya explicación está directamente asociada con la falta de estandarización de las transacciones de propiedad. Esto se debe a que los contratos redactados de forma libre por abogados son evaluados por los registradores públicos, que son autónomos en su juicio y, con bastante frecuencia, tienen interpretaciones diferentes sobre los estándares mínimos que los contratos deben cumplir. La estandarización de la solución *blockchain* de flujos de trabajo y contenido reducirá sustancialmente estos rechazos y los costos posteriores de las solicitudes de reingreso (que no se muestran en las estadísticas oficiales, pero son reconocidas por los profesionales en la mayoría de los países de ALC).
- **Los niveles más altos de seguridad y estandarización en las funciones de administración de propiedades reducen las oportunidades de fraude y litigios.** En la mayoría de los países de América Latina y el Caribe (ALC) el registro de propiedades no es obligatorio ni el registro convalida errores o irregularidades inadvertidas en las escrituras registradas. El resultado es que el deber de los abogados de proteger los intereses de sus clientes implica asegurarse no solo de que el nombre del propietario aparezca en los registros de la propiedad, sino que incluye estudiar si la escritura pública que originó el registro es legalmente intachable. Esto implica verificar los derechos matrimoniales o hereditarios, el poder notarial, entre otros, lo que aumenta el costo de los servicios legales. Por otro lado, las características de seguridad de la solución *blockchain* mejoran la posición de aquellos que, por cualquier razón, no pudieron registrar sus transacciones.
- **La disponibilidad de la solución *blockchain* reducirá la necesidad de interacción de persona a persona y, por lo tanto, el costo del distanciamiento social actual y futuro impulsados por esta o futuras pandemias.** Aunque es difícil de cuantificar en este estudio, se supone que los ahorros en el tratamiento de la salud y en la reducción de pérdida de vidas podrían ser significativos. Las restricciones de salud pública a la interacción de persona a persona no terminarán con la COVID-19 y los servicios públicos deben estar preparados para adaptarse. Este es un pronóstico muy desafortunado, pero respaldado por la ciencia para el futuro cercano.

8. El piloto

En este punto del proyecto, el prototipo estaba listo y un SBM analizado. Sin embargo, como se ha abordado anteriormente, la solución propuesta supone un ecosistema y eso requiere que los participantes potenciales se adhieran y realmente lo hagan funcionar. Por esto, fue necesario poner a prueba todas estas hipótesis y aprender de ellas.

Muchos temas relevantes fueron abordados en el piloto y debatidos con posibles participantes, creadores de opinión y representantes de todos los perfiles de las partes interesadas.

8.1. Procedimiento piloto

Debido a las elecciones en Perú y a la posterior demora en el nombramiento de funcionarios para puestos clave de liderazgo (por ejemplo, SUNARP), el plan piloto sufrió modificaciones. El plan original era diseñar un método “de arriba hacia abajo” en el que los funcionarios del Gobierno y sus equipos legales y técnicos fueran el objetivo principal de las demostraciones piloto. Debido a que estos equipos no habían sido nombrados a tiempo para participar del piloto, se diseñó un método de base.

El piloto (**figura 5**) fue diseñado con foco en la educación y la demostración de la aplicación a las partes interesadas clave en toda la comunidad de participantes en el ecosistema de propiedad, incluyendo a los negocios, notarios y abogados. Fueron invitados funcionarios del Gobierno y algunos participaron, por ejemplo, la Dirección General de Saneamiento de la Propiedad Agraria y Catastro Rural (DIGESPAR).

El objetivo principal fue introducir la tecnología y el marco legal/comercial para los puestos clave del Gobierno y formadores de opinión. De esta forma, las partes interesadas en el piloto estarían mejor informadas y en mejores condiciones de abogar por soluciones basadas en *blockchain*, y con condiciones de recomendar mejoras y modificaciones a la solución piloto.

Los procedimientos del piloto se discutieron a través de dos sesiones en línea (solo para invitados) y un seminario web. Las dos **sesiones piloto** se celebraron con la misma metodología general:

- Participantes capacitados que realizan transacciones en vivo.
- Representantes de las partes interesadas que atestiguan la experiencia y formulan preguntas.
- Cuaderno con el registro de los principales eventos (cuestionarios).

Estas dos sesiones fueron seguidas por un tercer *webinar* abierto al público en general con debatientes (partes interesadas de sesiones privadas) e interesados (personas de la academia, el sector público y privado, entre otros).

Es importante tener en cuenta que el piloto fue realizado para **enfatar la comprensión de la implementación del sistema informático basado en *blockchain* y las implicaciones legales y comerciales asociadas a este sistema**, en lugar de la mecánica y la experiencia del usuario de la aplicación *blockchain*.

El objetivo principal fue introducir la tecnología y el marco legal/comercial para los puestos clave del Gobierno y formadores de opinión. De esta forma, las partes interesadas en el piloto estarían mejor informadas y en mejores condiciones de abogar por soluciones basadas en *blockchain*, y con condiciones de recomendar mejoras y modificaciones a la solución piloto.

FIGURA 5. OBJETIVOS DEL PILOTO



Fuente: elaboración propia.

8.2. Recolección de datos

Cada evento atrajo, aproximadamente, a treinta participantes que representaban a notarios, abogados, estudiantes de derecho, representantes de negocios inmobiliarios, de la construcción y del gobierno. Las informaciones generales del proyecto incluían la presentación de los colaboradores clave del proyecto, una visión general de la tecnología *blockchain* y sus beneficios, el enfoque del piloto con respecto a las transacciones de registro de propiedades, y los beneficios de la aplicación al ecosistema de propiedad.

Algunos debatientes, los más activos y entusiastas de LAC PropertyChain (identificados en sesiones piloto), fueron invitados al seminario web. El *webinar* incluía un foro (sitio web), donde los participantes podían ser parte de debates más profundos. En la próxima sección se presentan los hallazgos clave de los tres eventos y los debates asincrónicos en línea.

9. Principales conclusiones

9.1. Aprovechar las tecnologías *blockchain* en el contexto del registro de propiedades puede ofrecer muchos beneficios a corto plazo

Uno de los desafíos económicos y sociales más difíciles en América Latina es el de proveer seguridad de tenencia de la tierra y derechos de propiedad. Una estrategia clave para abordar este problema ha sido la elaboración de programas de registros de propiedad masiva, financiados por organismos multilaterales de desarrollo como el Banco Mundial y el BID, entre otros, y también por los Gobiernos de los diferentes países.

La experiencia en la mayoría de los países en desarrollo donde se han implementado **programas de regularización de propiedades** es que, poco después de que los títulos fueron emitidos y registrados con gran esfuerzo y movilización de recursos, los propietarios recién formalizados vuelven rápidamente a la informalidad. La explicación encontrada en la literatura para esto (Castro y Liskov, 1999) indica una combinación de “falta de cultura de formalidad”, la larga distancia a los servicios registrales y notariales, los engorrosos procedimientos legales, en suma, los altos costos de transacción de los sistemas formales de transmisión de propiedades que permanecen inaccesibles después de que se completaron los programas de formalización (en los que los costos son cubiertos por los programas).

Se considera que un proceso de registro de propiedad **transparente, digital y descentralizado** puede contribuir, en gran medida, tanto para facilitar la transición al sistema formal de propiedad como para reducir las barreras de accesibilidad que desestiman el mantenimiento de la formalidad para segmentos importantes de la sociedad, aunque, en un contexto algo diferente, la solución LAC PropertyChain proporciona una tecnología “adecuada para el propósito” que puede proporcionar un marco accesible para la participación ampliada en el sistema de propiedades.

Como señaló Martín Mejorada, abogado peruano y especialista académico en derecho inmobiliario que asistió al seminario web:

«La discusión sobre este prototipo de blockchain contribuye a revelar que nuestros procesos de contratación de bienes raíces están compuestos por varios pasos redundantes e innecesarios en las operaciones (...) como la liquidación de la hipoteca (...) que son los más sencillos que se nos ocurren (...). Los invito a colaborar para mejorar la capacidad de nuestros sistemas legales para absorber estas nuevas plataformas para simplificar y reducir los costos de transacción no solo para esta transacción, sino también para otras operaciones inmobiliarias más complejas.»

Los actores clave del sector privado también han mostrado un gran interés y voluntad de apoyar las mejoras basadas en *blockchain* en el sistema de registro.

Durante los *webinar* realizados para presentar el prototipo a los principales actores, representantes de la Asociación de Bancos del Perú y la Cámara de la Construcción expresaron su interés en los beneficios futuros para sus procesos de negocio. Por ejemplo, los representantes bancarios señalaron que el aumento en la seguridad y trazabilidad de la solución *blockchain* reduciría los costos de las auditorías estrictas a las que están sujetos.

Como señaló Richard Chang, de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO):

«En CAPECO entendemos que la tecnología blockchain facilita la transparencia, la simplicidad y la seguridad, principios que deben inspirar todos los procedimientos, ya sean administrativos o transacciones entre particulares. La previsibilidad, simplificación y seguridad jurídica resultantes son aspectos fundamentales para generar inversión en el mercado. Los antecedentes nos han demostrado que varios de los sistemas bajo los cuales comerciamos hoy no son seguros, generan demora, por lo tanto, sobre costos, y como sabemos han creado espacios para actividades ilegales. (...) Esta iniciativa no solo debe extenderse a negocios más complejos, sino a procedimientos administrativos que también forman parte de toda la cadena de valor del negocio inmobiliario. La misma necesidad de previsibilidad y seguridad en el sistema privado también es relevante para los procesos administra-

tivos de clarificación de títulos de propiedad, procesamiento de licencias de desarrollo y construcción, y certificación de cumplimiento de obras de construcción.»

Las oportunidades para **simplificar y reducir el tiempo y el costo de los procedimientos legales** fueron el principal beneficio identificado por los participantes del Gobierno y del sector privado en los seminarios web. Por ejemplo, la verificación de la idoneidad de los representantes legales de las empresas es un ejercicio bastante simple si se verifica la coherencia entre el poder notarial con los últimos estatutos de la firma y los acuerdos apropiados de la Junta Directiva. Sin embargo, para los bancos y otras corporaciones con operaciones a gran escala con cientos de diferentes tipos de representantes legales que van y vienen en todo el país, esta verificación, aunque mecánica, puede ser muy engorrosa y costosa. El mecanismo para la acreditación de representantes en la solución *blockchain* requiere una revisión única, después de lo cual puede verificarse automáticamente en segundos, lo que brinda a los bancos la capacidad de recuperar las credenciales representativas cuando sea apropiado.

Los funcionarios del sector público mostraron un interés particular en las características de seguridad y trazabilidad de las soluciones *blockchain* **para combatir la corrupción**, una debilidad endémica de las instituciones públicas de administración de propiedades en la región. Aunque las simulaciones con las partes interesadas y las presentaciones del seminario web se centraron en el levantamiento de hipoteca, representantes de las autoridades nacionales de catastro de Perú y Ecuador (donde los recientes programas de registro de propiedades del BID ayudaron a fortalecer los catastros descentralizados supervisados por agencias nacionales) se acercaron al equipo de consultores para dar seguimiento a las oportunidades de integración de la aplicación de subdivisión de propiedades (basada en *blockchain*) en sus operaciones como una forma de reducir las oportunidades de prácticas corruptas en las múltiples oficinas regionales y locales con las que tienen que lidiar.

9.2. La solución LAC

PropertyChain proporciona un camino legal-regulatorio para facilitar las transacciones de registro de propiedades en Perú

El piloto fue formulado para evaluar si la tecnología *blockchain* aplicada al registro de propiedades puede aumentar la seguridad, reducir los costos de transacción para los ciudadanos y las empresas, y, en resumen, facilitar las transacciones formales.

La introducción de tecnologías emergentes y disruptivas en servicios como el registro de la propiedad es particularmente desafiante porque requiere que los ciudadanos y las empresas se sientan cómodos utilizando un nuevo medio y accedan a este con confianza. Como se trata de transacciones que se basan en información oficial y deben concluir con la aceptación formal por parte de la autoridad de registro, el diseño operativo de la solución debe construirse en el marco de la legislación con la participación de los proveedores de datos oficiales y la aprobación otorgada por las autoridades gubernamentales.

Los funcionarios públicos solo pueden actuar siguiendo los protocolos y herramientas que han sido aprobados por una autoridad competente. Esto trae el escenario improbable donde, para adoptar una solución *blockchain*, el país tendría que dar un salto de fe e invertir recursos en el desarrollo para luego probar si la solución realmente cumple con las expectativas. Una reacción frecuente (especialmente de abogados-funcionarios públicos) en la discusión por la adopción de tecnología es que “es interesante, y sería muy útil, pero no funciona porque carece de apoyo legal”.

La estrategia desplegada en este proyecto ha sido **desarrollar, en diálogo con las partes interesadas clave, un prototipo para simular transacciones de propiedades concretas, para permitir una discusión sobre sus ventajas y desventajas, las barreras legales y los requisitos para su posible implementación.**

El prototipo ha sido desarrollado a partir de la ley peruana, reproduciendo el flujo de trabajo de acciones utilizadas actualmente, pero modelándolo dentro de un ecosistema *blockchain* donde cada actor valida su identidad. Los pasos se configuran como un contrato inteligente donde cada paso y documento insertado en el proceso responde a una secuencia invariable (en forma de código programable), y los datos deben capturarse de su fuente original. Conceptualmente, no se encontró ninguna barrera legal o regulatoria insuperable (por ejemplo, firma digital, uso de documentos electrónicos, el papel del notario público) para utilizar la solución de transmisión diseñada basada en *blockchain*. Como se señaló anteriormente, un paso requerido para avanzar será recibir la aprobación regulatoria real.

Durante el proceso de desarrollo piloto, ha sido posible definir **un flujo de trabajo coherente con las normas legales y las prácticas comerciales de los actores privados** para identificar las piezas de datos que deben ingresarse desde su fuente original, los actores que producen estos datos y los medios en los que se almacenan. Asimismo, se han identificado las normas jurídicas que deben ser objeto de revisión regulatoria y los convenios de colaboración institucional que deben abordarse para su implementación efectiva.

Además, durante las discusiones llevadas a cabo, se identificaron las reacciones (generalmente, favorables de todos los actores públicos y privados), así como las preocupaciones de las partes interesadas con respecto a temas específicos.

9.3. Un sistema informático basado en *blockchain* para el registro de propiedades podría ser financieramente sostenible mediante el uso de tarifas de transacción modestas

Como se señaló en el resumen del modelo de negocio sustentable, el análisis indicó que, independientemente del modelo operativo (por ejemplo, operador central, proveedor privado, etc.), **la red LAC PropertyChain podría autofinanciarse después de solo cuatro años.** Esto se puede lograr con tarifas de transacción modestas que promedian entre USD 10 y USD 20, y una tasa de adopción conservadora (la proporción de transacciones que se envían a través de la solución *blockchain*) de solo el 15% en el cuarto año.

Con respecto a la tasa de adopción, se asume que podría haber (y debería haber) muchas rutas que conduzcan hacia el registro de la propiedad. Análogo a la banca abierta, el registro de la propiedad es un sistema de registro de cuentas (propiedad en lugar de cheques y ahorros). A nivel mundial, los bancos reconocieron que, al abrir su repositorio de datos a través de API (interfaz de programación de aplicaciones), podrían habilitar servicios de valor agregado a diferentes segmentos de clientes. En el contexto del registro de la propiedad, algunos ciudadanos pueden preferir los procesos manuales orientados al papel (aunque, se observa que muchos registros líderes en todo el mundo están eliminando gradualmente esta opción), otros ciudadanos pueden querer la ayuda de un intermediario (por ejemplo, una entidad sin fines de lucro o del gobierno local) para la transferencia digital y aún otros ciudadanos podrían estar dispuestos a pagar más por los servicios de conserjería.

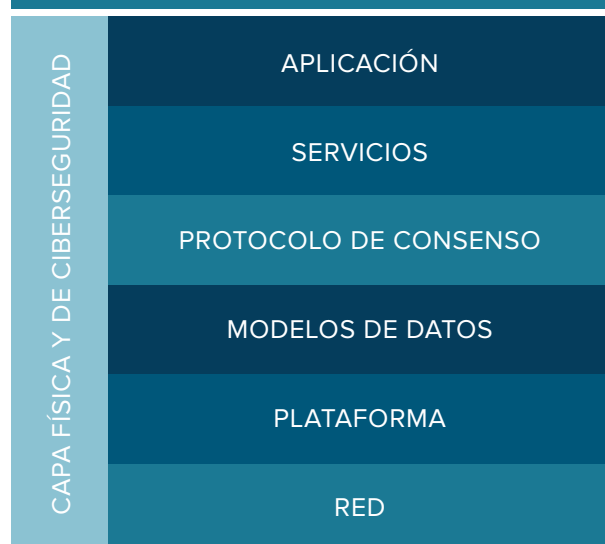
Todos estos enfoques podrían ser aprobados/certificados por el registro, pero desarrollados y financiados por terceros. Como se ha señalado anteriormente, Australia ha seguido con éxito este modelo con su marco nacional de operadores de red de alojamiento electrónico (ELNO).

9.4. El sistema informático LAC PropertyChain y su red como base de una solución técnica estable y de bajo riesgo

La solución LAC PropertyChain demuestra que, a menudo, las transacciones de propiedades complejas pueden ser suficientemente modeladas, codificadas y procesadas utilizando una aplicación distribuida que se ejecuta en una red *blockchain* descentralizada. Aunque la solución debe considerarse un prototipo piloto, la aplicación y la red se mantuvieron bajo pruebas exhaustivas realizadas por la firma FFIT (FFIT, s.f.), el contratista de control de calidad del BID. La aplicación, en sí misma, se implementó varias veces en entornos de prueba, desarrollo y producción y no presentó problemas significativos de rendimiento o red. Las pruebas incluyeron provocar un error de nodo para probar la resistencia de la red. FFIT informó que, en múltiples simulaciones, la red demostró ser “tolerante a fallas” y, una vez que se reinició un nodo, la red se recuperó por completo y pudo participar en el consenso y almacenar datos.

Dado que la solución se diseñó utilizando un marco modular (**figura 6**), la aplicación y el modelo de datos subyacente se pueden modificar y ampliar para incorporar procesos de propiedad adicionales como la primera inscripción de la propiedad, las transferencias de propiedad, etc. Además, múltiples aplicaciones de *blockchain* pueden operar en la misma red. Por ejemplo, la red piloto (compuesta por cuatro nodos), que actualmente opera en la nube en Bolivia y Brasil, puede alojar aplicaciones de propiedad adicionales de Perú u otros países de la región.

FIGURA 6. ARQUITECTURA MODULAR DE ALTO NIVEL DE LAC PROPERTYCHAIN



Fuente: elaboración propia.

9.5. Las tecnologías *blockchain* todavía son relativamente nuevas y una comprensión más completa de los beneficios y casos de uso requiere educación adicional y experiencia práctica

Si bien la capacitación técnica y la educación fueron incorporados a lo largo del proyecto, se observaron **brechas continuas entre las partes interesadas clave en la comprensión de la aplicación y los beneficios de la tecnología *blockchain***. Esto es de esperar considerando que *blockchain* es una tecnología emergente y relativamente compleja. Además, la naturaleza de un “sistema sin confianza” basado en las transacciones y repositorios de datos descentralizados es muy divergente de las prácticas actuales de almacenamiento de datos y las estructuras organizativas, en gran medida jerárquicas, que controlan la mayoría de las aplicaciones comerciales y gubernamentales de negocios.

También se reconoce que el nivel de adopción de tecnología sigue siendo desigual en todo el sector inmobiliario en Perú. Por lo tanto, si bien la SUNARP pudo imple-

mentar un portal digital para procesar las solicitudes de propiedad, el uso de la tecnología entre los notarios y otros participantes del ecosistema aún se encuentra en proceso de evolución. En muchos casos, las objeciones planteadas no se enfocaron en la solución propuesta, sino en la preocupación sobre los impactos negativos que la tecnología en sí misma puede producir con el posible desuso o cambio de papeles de los propietarios e intermediarios comerciales. Los principales beneficios de la tecnología *blockchain* en el contexto de las transacciones de propiedad están asociados con la prevención del fraude, identificación de la procedencia de los datos con respecto a las acciones de las partes en una transacción, la mayor seguridad y la redundancia de datos mediante el uso de criptografía y libros de datos sincronizados y descentralizados, y el cumplimiento legal a través de contratos inteligentes modificados (es decir, leyes codificadas). Un gran número de partes interesadas, en particular representantes de bancos e industria de la construcción, acogieron con satisfacción estas características. Algunas partes interesadas en los dominios del sector público, abogados y notarios avalan estas ventajas en relación con el impacto potencialmente disruptivo para sus negocios. Como se señaló en las recomendaciones, una combinación de exposición adicional a las tecnologías a lo largo del tiempo y la educación debería abordar este desafío.

Los principales beneficios de la tecnología *blockchain* en el contexto de las transacciones de propiedad están asociados con la prevención del fraude, identificación de la procedencia de los datos con respecto a las acciones de las partes en una transacción, la mayor seguridad y la redundancia de datos mediante el uso de criptografía y libros de datos sincronizados y descentralizados, y el cumplimiento legal a través de contratos inteligentes modificados (es decir, leyes codificadas).

10. Un camino para seguir

Como respuesta a los hallazgos clave discutidos anteriormente, en esta sección, se presentan y se debaten **cuatro posibles líneas de acción propuestas** a partir de las lecciones aprendidas hasta ahora.

10.1. La solución LAC PropertyChain debe estar disponible en la región a través de una licencia de código abierto. Los Gobiernos deben promover un mayor desarrollo de la solución

Uno de los diferenciadores clave asociados con los proyectos de *blockchain* está vinculado con los conceptos de código abierto y basado en componentes. El concepto más conocido es el *software* de código abierto, un *software* informático que se publica bajo una licencia en la que el propietario otorga a los usuarios los derechos para usar, estudiar, cambiar y distribuir el *software* y su código fuente a cualquier persona y para cualquier propósito. **La mayoría, si no todo, del software relacionado con blockchain es de código abierto.** Dejando de lado las consideraciones ideológicas, una de las creencias centrales de construir un sistema con código abierto es ganar eficiencia. Crear una comunidad de desarrolladores con diferentes perspectivas y conjuntos de habilidades, todos trabajando en la misma base de código, puede aumentar exponencialmente la seguridad, el número y la complejidad de las aplicaciones creadas.

En el contexto de LAC PropertyChain, el código abierto significa que las entidades gubernamentales y comerciales de los países miembros pueden utilizar la base de código como punto de partida para configurar sus propias soluciones de transacción de propiedades. Los equipos pueden desarrollar sus propios pilotos, agregar nuevas transacciones de propiedades (por ejemplo, transferencia de propiedades), desarrollar características adicionales, mantener su propia red de nodos y desarrollar proyectos de integración con socios. El Gobierno de Canadá, en respuesta a la pandemia de la COVID-19, lanzó Open Call, que es un catálogo vivo de herramientas gratuitas y fáciles de (re)usar que abordan los desafíos comunes relacionados con la COVID-19.

El enfoque basado en componentes es un principio de diseño del sistema que se ocupa de las interrelaciones de los componentes, los cuales pueden seleccionarse y ensamblarse en varias combinaciones para satisfacer los requisitos específicos del usuario. En el contexto de *blockchain*, la composición puede darse no solamente para componentes dentro de una organización centralizada, sino con sistemas y protocolos externos. En el mundo *blockchain*, los token que se emiten desde una cadena de bloques (por ejemplo, Chromia, Ethereum o Bitcoin) se pueden utilizar, por ejemplo, en un protocolo financiero descentralizado para préstamos (por ejemplo, Aave, Compound o Maker). Para LAC PropertyChain, estas características posibilitan la integración con otros préstamos inmobiliarios o protocolos financieros, lo que facilitaría a los propietarios la garantía de sus activos.

Poner el código fuente de LAC PropertyChain disponible abiertamente permitiría a los desarrolladores de toda la región **personalizar, extender, iterar e integrarse con la aplicación y otros protocolos, y hacer crecer la comunidad a su alrededor.** Los países miembros del BID pueden ser un conducto a través del cual las entidades privadas y las organizaciones no gubernamentales (ONG) reciben información sobre la LAC PropertyChain y protegen el repositorio de códigos. Los registros de la propiedad, que buscan conectarse con los desarrolladores técnicos y empresarios, pueden celebrar hackatones de propiedades y otros eventos de innovación. Her Majesty's Land Registry (HMLR), el registro de la propiedad en el Reino Unido, comenzó una iniciativa llamada Digital Street, que apoya la innovación de la industria inmobiliaria.

10.2. Los Gobiernos deben incorporar/financiar un ecosistema basado en blockchain en los proyectos de registro de propiedad en toda la región

Esta recomendación consiste en complementar el alcance del proyecto piloto para abordar las necesidades específicas de los ciudadanos de bajos ingresos en el sector informal. Al aplicar el concepto de administración de tierras con adecuación a los propósitos (*fit for*

purpose land administration), se propone un sistema intermedio que permita la captura de datos de transacciones informales de una manera que sea fácilmente absorbida por el registro de la propiedad. Puede verse como una estrategia innovadora que se basa en el resultado piloto para ampliar efectivamente el alcance de los servicios de registro de propiedades. La actividad propuesta puede incorporarse como parte de los componentes de fortalecimiento institucional de los programas de formalización de propiedades o como parte de las estrategias desplegadas por las oficinas de registros y catastros para extender sus servicios a áreas distantes.

Aunque el objetivo inicial del piloto centra la atención en mejorar la seguridad de las transacciones para aquellos agentes económicos que ya participan del mercado inmobiliario formal, es muy importante considerar las oportunidades que esta iniciativa brinda a los ciudadanos que carecen de los recursos para pagar los costos de la formalidad.

Grandes grupos de campesinos y comunidades rurales realizan actividades productivas en mercados informales que pueden alcanzar cierto dinamismo, pero que están limitados a los círculos de confianza de familiares y amigos, con acceso limitado a mercados y créditos ampliados, y vulnerables a las amenazas de actores política o económicamente poderosos. Esto mismo puede decirse de la próspera actividad económica que muestran los ciudadanos que viven en los asentamientos informales que configuran, en gran medida, el paisaje de las ciudades latinoamericanas.

La principal respuesta política ha sido el despliegue de programas de formalización de propiedades en gran escala, donde los Gobiernos desempeñan un papel importante en la facilitación de reformas legales e institucionales para la regularización y el registro de cientos de miles de títulos de propiedad. Muchos de estos programas incluyen reformas para modernizar los servicios de registro de propiedades, pero las agencias catastrales y los registros públicos aún no pueden extender sus servicios a las áreas rurales remotas, donde es difícil encontrar abogados y notarios para preparar las escrituras públicas requeridas para solicitar el registro. Además, las oficinas de catastros y registros públicos solo se pueden encontrar en las principales ciudades y centros provinciales donde los ingresos permiten la sostenibilidad financiera. Las campañas para promover la “cultura del registro” tienen un efecto muy limitado porque incluso los ciudadanos informados consideran que los costos de transacción son inasequibles.

Algunas soluciones innovadoras como la creación de oficinas de registro itinerantes —generalmente autobuses equipados con computadoras que transportan notarios y registradores a lugares distantes— se han probado

en países como Colombia y Perú, pero su efectividad es limitada porque no se pueden desplegar de manera regular y su presencia es solo esporádica (Grisaffi et al., 2021). Se considera que una tecnología descentralizada como *blockchain* puede ayudar. En Brasil, un método simple basado en la electrónica para transferir dinero entre empresas y ciudadanos privados, cualquier día, a cualquier hora, llamado PiX, promovió la inclusión financiera. Los ciudadanos de bajos ingresos adoptaron en gran medida la tecnología, impresionando a toda la sociedad. Este grupo de ciudadanos encontró un sistema seguro y fácil de usar (Smolarsky, 2021).

Las personas que operan en el sector informal buscan formas de asegurar sus transacciones, pero lo hacen recurriendo a los mecanismos que funcionan para ellos. Las cooperativas de productores, los consejos vecinales y otras organizaciones de base socialmente legítimas reemplazan a las agencias estatales llevando libros para registrar y actualizar los acuerdos de tenencia social. Paradójicamente, muchas veces las leyes de regularización de la tierra aceptan estos registros informales como evidencia útil para demostrar los derechos posesorios.

La solución de registro de propiedad basada en *blockchain* abre grandes posibilidades para cerrar la brecha entre las autoridades de administración y las poblaciones de bajos ingresos. Los mecanismos de transacción informal generalmente imitan los formularios oficiales, contienen los datos básicos como la descripción de la propiedad, los nombres de las partes, los números de identificación, las firmas y las huellas dactilares, y muestran los sellos y firmas de la organización informal. Obviamente, dado que no cumplen con los requisitos legales, no tienen valor para las autoridades de registro.

La solución *blockchain* se puede utilizar para elevar estas formas no oficiales a un nivel intermedio entre la situación actual (es decir, registros de forma libre, sin guardianes legalmente reconocidos, susceptibles de manipulación y fraude) y la situación óptima (difícilmente accesible para la gran mayoría). El modelo propuesto adaptaría el prototipo existente utilizando las siguientes características:

- El sistema funcionaría a través de la asistencia de socios que gozan de legitimidad social, por lo que su adopción se produciría sin fricciones.
- Estos socios estarían capacitados y certificados en el uso del sistema, que sería simple y fácil de usar.
- Los socios también podrían ser organizaciones de la sociedad civil con presencia local, jueces de paz u oficinas municipales de propiedades que actúen como agentes de las instituciones nacionales de registro y catastro.

- La información de las transacciones se capturaría utilizando formatos normalizados para facilitar su absorción sin fisuras por las bases de datos oficiales.
- El sistema incluiría mecanismos adicionales de verificación cruzada, como el establecimiento de normas para la intervención de testigos o autoridades locales.
- La validación de la identidad de los agentes certificados y las características de inmutabilidad de *blockchain* reducirían los incentivos y las oportunidades de fraude.

No se trata de proponer otra solución de talla única, sino de un modelo que pueda utilizar un enfoque descentralizado y modular para adaptarse a diferentes entornos utilizando una variedad de interfaces de sistema.

- Para las localizaciones sin conectividad a internet, las transacciones se registrarían uniformemente en formato digital a través de dispositivos electrónicos fuera de línea (computadoras portátiles o tabletas). Aunque esta modalidad no opera fácilmente en un entorno *blockchain* (hay algunos ejemplos en los que sí funciona, como el caso de la trazabilidad de alpaca en Perú), por lo que no tendría la seguridad de validación de identidad inmediata, la estandarización de datos facilita la futura formalización de los acuerdos. Hay que tener en cuenta que las claves criptográficas se pueden almacenar en teléfonos inteligentes, por lo que, incluso sin acceso a internet, los documentos electrónicos se pueden firmar y publicar en la cadena de bloques cuando los usuarios acceden a la red.
- El protocolo puede incluir mecanismos de comunicación simples (como mensajes de texto o llamadas telefónicas), para que los socios informen a los usuarios cuando han abierto un archivo o completado una transacción. De esta manera, la ocurrencia de la transacción se puede vincular a un número de código (es decir, un hash de transacción), que puede servir como un mecanismo de control.
- Para lugares con suficiente conectividad, la transacción se puede llevar a cabo en el entorno *blockchain* (o transmisiones retrasadas cuando el acceso a la red esté disponible). Las entidades oficiales podrían incluir, en sus planes operativos anuales, la confirmación de equipos itinerantes integrados por notarios y registradores, que serán los encargados de realizar visitas periódicas a los lugares donde operan estos agentes. Durante estas visitas, los datos de la transacción serían verificados y controlada la calidad, y, cuando se cumplieran los requisitos legales, se incorporarían al registro.
- Las transacciones que cumplen con los aspectos contractuales, pero carecen de una condición legal

que exija corrección a través de un procedimiento legal complejo, no serán registradas. Como ejemplo, cuando la parte vendedora es un heredero que no ha sido reconocido formalmente como tal, el expediente seguiría siendo válido como prueba del contrato.

10.3. Los países deben coordinarse para desarrollar un marco legal modelo para facilitar el desarrollo de sistemas de registro de propiedad basado en *blockchain*

La mayoría de los países de ALC comparten la historia común del dominio colonial, principalmente, de España. Después de los movimientos de independencia liderados por las élites de ascendencia española, los primeros registros de la propiedad de las nuevas repúblicas siguieron la ley hipotecaria española de 1861. Como resultado, la mayoría de los sistemas de registro de la propiedad de ALC se construyeron en torno a los mismos principios, y se clasifican como sistemas declarativos de escrituras, donde los notarios públicos desempeñan el papel de guardianes que verifican las identidades de las partes y preparan las escrituras públicas que posteriormente son evaluadas por los registradores.

Evidentemente, cada país ha evolucionado con el tiempo y sus instituciones nacionales se han adaptado a distintos patrones de tenencia de la tierra y eventos históricos. Sin embargo, como se puede confirmar en las conferencias anuales de registro de ALC patrocinadas por la Organización de los Estados Americanos (OEA), el origen común y los principios de diseño siguen siendo muy relevantes y los principales temas son compartidos. Los problemas de los procedimientos largos y engorrosos que no pueden proporcionar una mayor seguridad, pero excluyen a los usuarios de bajos ingresos, se derivan de los principios comunes. Otra debilidad común es que las parcelas están mal definidas y la mayoría de los países encuentran serios desafíos para integrar los datos de catastro y registro. Esto también se deriva del hecho de que el sistema de registro de escrituras en toda ALC se creó sin representación gráfica de los objetos de derecho.

Por lo tanto, **se puede decir que existe, en la mayoría de los países de ALC, un marco legal común en el origen con variaciones adaptativas.** Esta situación brinda grandes oportunidades para que los países socios del BID promuevan de manera eficiente un sistema informático basado en *blockchain* a través de la región, expandiendo la base de conocimientos acumulada durante el piloto y haciendo un balance de las características de código abierto y orientada a componentes descritos anteriormente.

Para facilitar la adopción de dicho sistema en la región de ALC, se recomienda el desarrollo de un conjunto de herramientas legales/regulatorias para auxiliar a los gobiernos:

- **Una metodología estándar** que permita trazar los procesos legales, identificar a los actores involucrados y los pasos que no se derivan de la ley, sino de las prácticas comunes.
- **Una descripción de las opciones disponibles** para introducir las transacciones basadas en *blockchain*, sus pros y sus contras. Estas opciones incluyen modelar la solución *blockchain* con cambios mínimos o nulos en las leyes actuales; modelar la solución haciendo balance de los elementos de seguridad para llevar a cabo una simplificación administrativa agresiva (por ejemplo, proponiendo una forma alternativa de escrituras públicas y reformulando el papel de los notarios); y una solución intermedia, para la cual se pueden describir opciones detalladas.
- **Enumerar los problemas legales comunes** y describir las posibles respuestas, que incluyen el reconocimiento legal de las firmas basadas en *blockchain* y cómo se relacionan con las leyes nacionales sobre firmas digitales, el reconocimiento legal de marcas de tiempo, el respaldo legal requerido para proporcionar validaciones (quién validó las transacciones) y documentos (es decir, los datos asociados con una transacción o contrato). Como ejemplo, la Unión Europea proporciona recomendaciones adicionales para el desarrollo de un marco legal y regulatorio de *blockchain* y contratos inteligentes que se consideran relevantes para ALC (LAC PropertyChain, s.f.).
- **Elaborar definiciones simples, pero utilizables de la tecnología.** Definir claramente qué son *blockchain* y contratos inteligentes bajo la óptica de la ley para tener una definición compartida para los funcionarios del país y las partes interesadas.
- **Comunicar las interpretaciones legales** de la manera más amplia posible a la comunidad en general. Ayudar a los responsables de la formulación de políticas a desarrollar una comprensión de la tecnología. Producir material de difusión y metodologías para que las autoridades nacionales y todo el ecosistema entiendan qué es *blockchain*, qué se puede (y qué no) lograr con él.

10.4. Se deben alentar a las asociaciones público-privadas como una forma de facilitar el desarrollo de soluciones basadas en *blockchain*

Como parte del desarrollo del SBM, se identificaron **tres posibles modelos de gobierno u operación** para administrar de la red de propiedad *blockchain*, como se introdujo anteriormente:

- Operador centralizado.
- Modelo de consorcio.
- Descentralizado (proveedor).

Si bien cada uno de estos marcos de gobierno tiene ventajas y desventajas, **se recomienda un enfoque que utilice el modelo de consorcio o de proveedor descentralizado**. Incluso se ha visto una combinación en la que un consorcio es administrado por un proveedor del sector privado u ONG, pero gobernado por una junta compuesta por miembros del consorcio. Se reconoce que los consorcios, a menudo, son difíciles de administrar, ya que los miembros, muchas veces, tienen agendas en competencia. Una sola entidad del sector privado (por ejemplo, un integrador de tecnología o una empresa PropTech) o una ONG podría ser más que suficiente.

En el contexto de LAC PropertyChain, las reclamaciones hechas para agregar o modificar cambios al registro de la propiedad son en gran parte transacciones privadas. Si bien el registro de la propiedad es el árbitro final para aprobar o rechazar una solicitud basada en el cumplimiento de la regulación, el proceso de presentación es principalmente privado hasta el punto de la presentación. Por razones de eficiencia, transparencia y prevención del fraude, se recomienda preservar esta importante separación de funciones entre la transmisión y la adjudicación de la transacción de registro.

Se compara esto con el proceso de preparación de formularios de impuestos en los Estados Unidos, donde los proveedores de tecnología del sector privado (por ejemplo, TurboTax) y los preparadores de impuestos (por ejemplo, H&R Block) desarrollan soluciones que están certificadas por el Servicio de Impuestos Internos de los Estados Unidos (IRS), pero el IRS no es el mecanismo de prestación de servicios. Esto ha resultado en una enorme innovación y reducción de costos para el beneficio de individuos y empresas (más del 90% de los contribuyentes estadounidenses utilizan IRS eFile). De la misma manera, se preferiría que las entidades privadas desarrollaran y mantuvieran el sistema de transmisión y los registros de propiedad (por ejemplo, SUNARP) desarrollaran la regulación, crearan interfaces electrónicas y certificaran a los proveedores.

La colaboración público-privada es un modelo común en todo el mundo. En Colombia, los servicios de registro de empresas son brindados por cámaras de comercio individuales en todo el país. Como organizaciones técnicas sin fines de lucro, estas entidades están reguladas por el Gobierno:

«Las Cámaras de Comercio son entidades privadas (organizaciones sin fines de lucro) con funciones regulatorias delegadas, según la Ley 28 de 1931, como el mantenimiento de registros públicos. Las Cámaras de Comercio son las entidades autorizadas en Colombia para desempeñar las funciones de Registro Mercantil Público. Hay 57 Cámaras de Comercio y cada una de ellas tiene un alcance territorial. La Superintendencia de Industria y Comercio tiene la atribución de supervisar y sancionar a las Cámaras de Comercio. (The European Union Blockchain Observatory and Forum, 2019).»

En Australia, los Estados de Nueva Gales del Sur, Victoria y Australia del Sur han privatizado sus registros de propiedad. Por ejemplo, en Nueva Gales del Sur, el operador privado del registro, durante treinta y cinco años, pagaba una tarifa inicial y recaudaba todos los ingresos sin pagos continuos al Estado.

El BID ha financiado tradicionalmente a entidades gubernamentales para desarrollar programas sociales y económicos. Se sugiere que las instituciones multilaterales de financiamiento proporcionen financiamiento y apoyo de seguimiento principalmente (se pueden proporcionar fondos a un gobierno para apoyar el desarrollo de la regulación y las interfaces tecnológicas) a entidades privadas u otras entidades no gubernamentales para apoyar los esfuerzos futuros. **Proporcionar financiamiento inicial, tal vez en asociación con BID Invest, crearía una base sólida para lanzar estas capacidades en Perú y en otros países de la región.**

11. Observaciones finales

Este documento representa una pequeña parte del desarrollo técnico total, el análisis comercial y los comentarios de las partes interesadas que se completaron como parte del proyecto. Se insta a los lectores que estén interesados en conocer más detalles a revisar **otros documentos del proyecto que cubran los flujos y requisitos de los procesos comerciales, las especificaciones técnicas y la arquitectura, y el modelo de negocio sustentable completo**. También hay una gran cantidad de información detallada sobre el proyecto publicada en el sitio web de LAC PropertyChain (Lac PropertyChain, s.f.) tanto en español como en inglés.

Según la “Visión Pública 2025 Reinvertir en las Américas: Una Década de Oportunidades” del BID, la economía digital brinda una enorme oportunidad para la región. Como señala el informe:

«La reciente convergencia de las tecnologías digitales ha desencadenado innovaciones que han permeado en todos los sectores y que posiblemente generarán una nueva revolución industrial. El uso de plataformas digitales en línea podría aumentar el PIB mundial gracias a una mayor productividad, el aumento del empleo y una mayor participación en el

mercado laboral. Para 2025, hasta 540 millones de personas podrían beneficiarse de las plataformas de intermediación laboral en línea. (BID, 2019, p. 11)»

El documento también señala que:

«La economía digital es incipiente en América Latina y el Caribe y, para asegurar la prosperidad de la región a mediano y a largo plazo, los países han de estar atentos a las oportunidades y riesgos asociados con las tecnologías disruptivas. Si logran adaptarse y sacar partido de los efectos transformadores de esas tecnologías, las economías se beneficiarán de dividendos a largo plazo en términos de crecimiento, innovación e inclusión social. (BID, 2018, p. 12)»

El proyecto LAC PropertyChain ha brindado la oportunidad de desarrollar y evaluar una tecnología potencialmente disruptiva durante uno de los momentos más desafiantes experimentados por los países de América Latina (junto con el resto del mundo). Finalmente, es importante tener en cuenta que este proyecto es solo el primer paso. Se aprendieron lecciones importantes y se sugirió un camino a seguir. Cuando se trata de innovación, el conocimiento es el principal activo.

REFERENCIAS

- **Ali, D. A., Deininger, K., Mahofa, G. y Nyakulama, R. (2021).** Mantener los beneficios del registro de tierras al abordar los desafíos de la reversión a la informalidad en Ruanda. *Política de Uso de la Tierra*, 110: 104317.
- **Banco Interamericano de Desarrollo (2021).** Visión 2025. Reinvertir en las Américas: una década de oportunidades. BID. Recuperado de <https://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=EZSHARE-328957462-89>
- **Banco Mundial (2019).** *Doing business 2019*. Banco Mundial. <https://archive.doingbusiness.org/en/data/exploretopics/registering-property>
- **Castro, M. y Liskov, B. (1999).** Practical Byzantine Fault Tolerance. *Proceedings of the Third Symposium on Operating Systems Design and Implementation*. Recuperado de <https://pmg.csail.mit.edu/papers/osdi99.pdf>
- **Deininger, K. (2004).** Políticas de tierras para el crecimiento y la reducción de la pobreza. Banco Mundial.
- **FFIT (s.f.).** Sitio web. Recuperado de www.ffit.com.br
- **Grisaffi, T., Farthing, L., Ledebur, K., Paredes, M., & Pastor, A. (2021).** De los delincuentes a los ciudadanos: La aplicabilidad de la política de control de la coca basada en la comunidad de Bolivia a Perú. *Desarrollo Mundial*, 146: 105610.
- **Instituto Nacional de Estadística e Informática (s.f.).** Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/estadisticas-de-seguridad-ciudadana/1/>
- **Jalasof (s.f.).** Sitio web. Recuperado de <https://jalasoft.com/about/>
- **LAC Property Chain (s.f.).** Recuperado de <https://www.lacpropertychain.com>
- **Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D. y Mtero, F. (2017).** El impacto de las intervenciones sobre los derechos de propiedad de la tierra en la inversión y la productividad agrícola en los países en desarrollo: una revisión sistemática. *Revista de Efectividad en el Desarrollo*, 9(1), 61-81.
- **Mills, D., et al. (2016).** “Distributed ledger technology in payments, clearing, and settlement,” Finance and Economics Discussion Series 2016-095, 10-11 Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System. Recuperado de <https://doi.org/10.7016/FEDs.2016.095>
- **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (s.f.)** Colombia case study. OCDE. Recuperado de <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/dc74ac65-en/index.html?itemId=/content/component/dc74ac65-en>
- **Pozo Sánchez, J. (2015).** ¿Se acabó el fraude inmobiliario con la Ley 30313? IUS360. Recuperado de <https://ius360.com/se-acabo-el-fraude-inmobiliario-con-la-ley-30313>
- **Redacción EC (13 de noviembre de 2014).** ¿Quién es Rodolfo Orellana? Así funcionaba su red delictiva. *El Comercio*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/politica/justicia/rodolfo-orellana-funcionaba-red-delictiva-381571-noticia/>
- **RENIEC (s.f.).** Servicios en línea. Sitio web. Recuperado de <https://www.reniec.gob.pe/portal/masServiciosLinea.htm>
- **Smolarsky, A. F. (2021).** Cómo los pagos electrónicos pueden apoyar el logro de los objetivos de inclusión financiera. Tesis doctoral.
- **Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (s.f.).** Sitio web. Recuperado de <https://www.gob.pe/sunarp>
- **The European Union Blockchain Observatory and Forum (2019).** Legal and regulatory framework of blockchains and smart contracts.
- **Zaldívar Del Águila, R. y Duffó Sánchez, V. (2021).** Dos Siglos Sin Ti: La falta de un verdadero catastro en el Perú y sus consecuencias. *Forseti. Revista de Derecho*, 10(14): 72-110.



www.iadb.org/es
