

# Framework to Automate the Reimbursement in the Courier Service in Peru based on Blockchain

Enzo Hinojosa-Dueñas, Bachelor<sup>1</sup>, Miguel Bustillos-Alayo, Bachelor<sup>2</sup>, and Lenis Wong, PhD<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201822545@upc.edu.pe, u20181f794@upc.edu.pe, pcsilewo@upc.edu.pe

*Abstract– Courier services face substantial customer satisfaction and operational efficiency challenges, exacerbated by traditional processes marred by lack of transparency, delays and the need for intermediary interventions. The need to efficiently manage refunds in situations such as loss, damage or delay is essential to maintain customer satisfaction and service integrity. Therefore, the present study proposes a framework to automate reimbursement in Courier services in Peru by applying Blockchain technology. The proposed framework is composed of 3 phases: (1) Elaboration of the Blockchain technology structure, (2) Creation of smart contracts and (3) Design of web applications. Blockchain technology is used to ensure decentralization and automation. The proposed framework was validated by 2 experts and 10 users by applying 2 experiments and a survey based on expert opinion. The results indicate that with the proposed framework an outstanding reduction in both processing time and number of errors is achieved in the delineated scenarios, where a significant decrease of 99.97% in the time needed to manage refunds stands out. In addition, the survey results show that the "Objective of the solution", the "Technical tools" and the "Application" of the system have an average value of 4.7 (Value close to 5).*

*Keywords– blockchain, system delivery, ethereum, smart contract, refund, courier, token*

# Framework para Automatizar el Reembolso en el Servicio de Courier en Perú Basado en Blockchain

Enzo Hinostroza-Dueñas, Bachiller<sup>1</sup>, Miguel Bustillos-Alayo Bachiller<sup>2</sup>, and Lenis Wong, Doctor<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, u201822545@upc.edu.pe, u20181f794@upc.edu.pe, pcsilewo@upc.edu.pe

**Abstract**– Courier services face substantial customer satisfaction and operational efficiency challenges, exacerbated by traditional processes marred by lack of transparency, delays and the need for intermediary interventions. The need to efficiently manage refunds in situations such as loss, damage or delay is essential to maintain customer satisfaction and service integrity. Therefore, the present study proposes a framework to automate reimbursement in Courier services in Peru by applying Blockchain technology. The proposed framework is composed of 3 phases: (1) Elaboration of the Blockchain technology structure, (2) Creation of smart contracts and (3) Design of web applications. Blockchain technology is used to ensure decentralization and automation. The proposed framework was validated by 2 experts and 10 users by applying 2 experiments and a survey based on expert opinion. The results indicate that with the proposed framework an outstanding reduction in both processing time and number of errors is achieved in the delineated scenarios, where a significant decrease of 99.97% in the time needed to manage refunds stands out. In addition, the survey results show that the "Objective of the solution", the "Technical tools" and the "Application" of the system have an average value of 4.7 (Value close to 5).

**Keywords**– blockchain, system delivery, ethereum, smart contract, refund, courier, token

## I. INTRODUCCIÓN

La satisfacción del cliente y la realización de sus expectativas representan cuestiones de máxima relevancia para cualquier empresa. En este sentido, varias empresas optan por los servicios de Courier para el envío de paquetes o documentos en un tiempo determinado y en una dirección establecida [1]. Sin embargo, la gestión de envíos presenta desafíos significativos con respecto a una adecuada atención al cliente. En ciertos casos, sus procesos tradicionales se caracterizan por la falta de transparencia y trazabilidad, falta de precisión y complicaciones en la gestión de riesgos e interrupciones, la necesidad de construir confianza y reputación en los procesos de registros y principalmente la falta de automatización [2]. Además, muchas de estas empresas de entrega de paquetería requieren la intervención de intermediarios para efectuar los pagos. Como consecuencia, se incrementa la probabilidad de errores y retrasos.

Uno de los principales problemas que presenta el servicio de Courier es la demora debido a los intermediarios bancarios, tales que los plazos estimados de devolución de dinero pueden extenderse hasta 30 días [3]. Asimismo, el acatamiento de los plazos de envío pactados entre la empresa y el cliente desempeñan un rol importante en la satisfacción de los clientes. Durante el año 2020, 03 compañías chilenas de servicio de Courier superaron las 28 mil quejas originadas por el desacato de los plazos de entrega convenidos y la pérdida ocasional de envíos [4]. Además, en el contexto peruano,

durante la quincena de marzo del 2020 hasta el 03 de marzo del 2021, Indecopi recibió 2324 reportes ciudadanos sobre malas prácticas en este rubro a través de su Centro Especial de Monitoreo. Entre las causas identificadas se menciona a la falta de transparencia en los cobros indebidos y la carencia de atención a las quejas y reclamos asociados con los servicios adquiridos [5].

En el ámbito de la gestión de servicios de Courier, se han llevado a cabo diversas investigaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente, así como reducir costos y tiempos. Algunos de los enfoques existentes incluyen la implementación de sistemas de seguimiento en tiempo real [6][7][8], la optimización de rutas de entrega mediante algoritmos avanzados [9][10], la automatización de procesos de gestión de inventarios [11] a través de tecnologías como Blockchain, IoT, IA, entre otras. Aunque estos estudios han abordado aspectos relevantes de la industria de courier, ninguno de ellos ha explorado la optimización de tiempos en el proceso de reembolso.

Por ello, el presente estudio presenta una solución integral mediante la propuesta de un framework para la automatización del proceso de reembolso en los servicios de courier en Perú, aplicando la tecnología Blockchain, con la finalidad de automatizar el proceso de reembolso y así optimizar los tiempos. La propuesta se desarrolla en 3 fases: (1) diseño de arquitectura Blockchain, (2) diseño de contratos inteligentes y (3) diseño de aplicaciones web.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

La revisión sistemática de la literatura se basó en las pautas de Kitchenham et al. [12], en donde se determinó en 3 fases: (1) Planificación, (2) Desarrollo y (3) Resultados. Para completar la fase de planificación se plantearon 4 preguntas: P1: ¿Qué finalidades han sido cubiertas por las diferentes propuestas de obtención de requisitos al emplear Blockchain en los servicios de Courier?, P2: ¿Qué tecnologías se han aplicado en la gestión de procesos de los servicios de Courier?, P3: ¿Qué sectores emplean actualmente la tecnología de Blockchain en su servicio de Courier?, P4: ¿Qué aplicaciones se realizaron en base a la tecnología de Blockchain?

Para la fase de desarrollo se emplearon criterios con la finalidad obtener artículos relevantes con relación al tema propuesto, entre ellos que posean palabras claves como tecnologías, Blockchain, aplicaciones de Blockchain y Sistema de Courier. Además, se analizaron los artículos recopilados en base a una taxonomía relacionadas a las 4 preguntas planteadas (ver Tabla I).

TABLA I  
TAXONOMÍA DE DISTRIBUCIÓN DE ARTÍCULOS POR  
CATEGORÍA

Taxonomía	Referencia
Finalidades (P1)	[31], [24], [3], [21], [27], [23], [13], [2], [18], [31], [25], [21], [30]
Tecnologías (P2)	[9], [3], [24], [11], [27], [23], [13], [29], [2], [25], [10], [26], [21], [16]
Sectores (P3)	[19], [4], [5], [6], [8], [24], [11], [27], [23], [13], [29], [14], [2], [17]
Aplicaciones (P4)	[6], [7], [24], [11], [27], [23], [14], [25], [21], [15], [30], [1]

#### A. Finalidades

Se ha empleado la tecnología de BlockChain para 4 finalidades en el servicio de Courier: Optimización de Rutas, Reducción de Costos, Automatización de Procesos, Seguridad y Transparencia. Entre las finalidades más importantes se tiene “Seguridad y Transparencia” [4], seguido de “Automatización de Procesos” [11]. Respecto a la finalidad de “Seguridad y Transparencia”, en [4][22] argumentan que se brinda mayor seguridad durante la entrega de paquetes y garantiza que los registros sean inmutables al disponer de un buen control de rastreo y monitoreo de los paquetes. Además, en [24][13][31] sostienen que las empresas farmacéuticas pueden monitorear la transacción de envío de productos al disponer de un control de acceso efectivo y registros inmutables, para así evitar falsificaciones y desperdicio de los productos. Por un lado, respecto a la finalidad de “Automatización de Procesos”, en [27][25][30] argumentan que las industrias realizan la automatización de sus procesos y transacciones para la distribución de sus suministros, con la finalidad de reducir los errores e intervención humana mediante el uso de contratos inteligentes. Asimismo, en [11][21] sostienen la automatización del proceso de pagos y transacciones para garantizar la eficiencia y la protección de los datos compartidos. Por otro lado, respecto a la finalidad de “Reducción de Costos”, en [13][2] sostienen que al implementarse la tecnología de Blockchain en la cadena de suministros médicos se prevee el desperdicio de suministros médicos a distribuir, para así obtener una optimización de costos en el inventario. Igualmente, en [23] sostiene que al disponer del registro de cada transacción relacionado con la distribución de alimentos se reducen los costos administrativos. Finalmente, respecto a la finalidad de “Optimización de Rutas”, en [23] sostiene el rastreo eficiente de los productos desde su origen y proceso de producción, a diferencia de [18] que sostiene la optimización de rutas en la red e infraestructura durante la distribución de los datos.

#### B. Tecnologías

Se han empleado 4 tecnologías para las automatizaciones de procesos en el servicio de courier: Blockchain, IoT, Machine Learning y Drones. Entre las tecnologías más importantes se tiene “BlockChain” [3], seguido de “IoT” [11]. Respecto a la tecnología de “BlockChain”, en [24][27][13][29][2] sostienen el uso de la tecnología de Blockchain para gestionar el proceso de registro durante todo el proceso de compra y distribución de los suministros

farmacéuticos, al mantener un registro verificable e inmutable. Además, en [11][23][25][10][26][21] sostienen que el uso de la tecnología garantiza el registro y verificación de manera transparente de las transacciones de las cadenas de suministros, información gubernamental y la venta de datos. Por un lado, respecto a la finalidad de “IoT”, en [11], [21] sostienen el uso de tecnología de IoT como conector para recopilar información sobre las ventas o transacciones. Asimismo, en [27], [13], [2] sostienen el uso de la tecnología para la automatización de sus procesos de monitoreo y rastreo del estado o condiciones de los suministros distribuidos. Por otro lado, respecto a la tecnología de “Machine Learning”, en [13] se sostiene el uso de la tecnología para analizar grandes cantidades de datos en modelos predictivos de la gestión de distribución de vacunas. Finalmente, respecto a la tecnología de “Drones”, [9], [3], [16] sostienen el uso de drones para optimizar del proceso de recojo y/o entrega.

#### C. Sectores

Se han identificados 4 sectores que emplean la tecnología de Blockchain en su servicio de Courier: Comercio Electrónico, Salud, Alimentos, Logística y Transporte. El sector que más emplea la tecnología Blockchain es “Salud” [24], [13], [2], [28], [20] para gestionar eficazmente el proceso de registro y distribución de suministros médicos, además evitar la falsificación y desperdicio de los mismos. Asimismo, el sector de “Alimentos” [15], [10], [22], [2] emplea la tecnología con la finalidad de rastrear y verificar la calidad de los alimentos o productos que generan los diversos suministros hasta su distribución. Igualmente, el sector de “Comercio electrónico [5], [11], [14] emplea la tecnología para gestionar el flujo completo de los procesos de compra, venta y trazabilidad de los envíos. Finalmente, el sector “Logística y Transporte” [19], [4], [8], [27] en donde emplean la tecnología para realizar seguimiento adecuado de la distribución de pedidos logísticos de libros de contabilidad.

#### D. Aplicaciones

Se han visualizado 3 grandes aplicaciones de la tecnología de Blockchain: Contratos Inteligentes, Registro Distribuido y Criptomonedas. La aplicación más empleada es “Contratos Inteligentes”, en [6], [7] se emplean los contratos inteligentes con la finalidad de abordar problemas con relación al pedido y entrega de alimentos en sistemas convencionales, mediante la recopilación de información y calificadoros. Además, en [24], [27], [25], [21], [30] se implementan mecanismos de control de acceso y alertas inmediatas si se registran de vulneraciones de los acuerdos predefinidos de los contenedores, con la finalidad de mejorar y automatizar sus procesos. Asimismo, en [11], [23] se emplearon para automatizar los términos y condiciones de las ventas de datos, agilizar las operaciones y reducir los costos. Igualmente, con respecto a la aplicación de “Registro Distribuido”, en [24], [15] el uso del registro distribuido mejoro la seguridad y eficiencia de los datos, además de facilitar la detección temprana de los productos distribuidos en el sector farmacéutico. Finalmente, con

respecto a la aplicación de “Criptomonedas”, en [24], [15] se adoptó el uso de las criptomonedas en el sector financiero con la finalidad de realizar diversas transacciones como pagos, inversiones y transferencias.

### III. FRAMEWORK PROPUESTO

Se propone un plan para automatizar el proceso de reembolso en el servicio de courier mediante el uso de la tecnología blockchain. Esta propuesta se divide en tres fases: (1) Elaboración de la estructura de la tecnología blockchain, (2) Creación de contratos inteligentes y (3) Diseño de la aplicación web. En la primera fase, se desarrolla la estructura de blockchain utilizando los elementos identificados en el estudio de caso. En la segunda fase, se establecen y ejecutan las reglas del negocio y token digital en los contratos inteligentes. Finalmente, en la tercera fase, se planifica la arquitectura del sistema que respaldará las funciones de la aplicación web (ver Fig. 1).

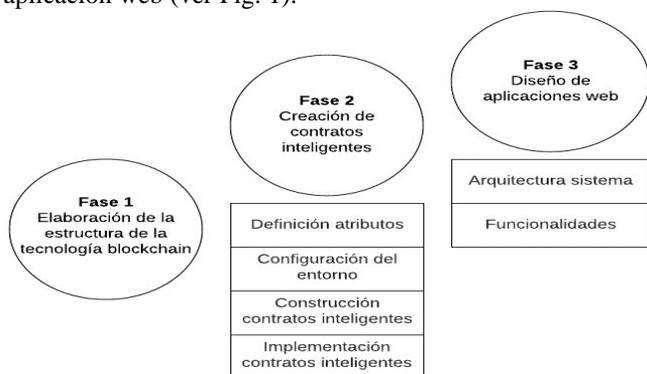


Fig. 1. Conceptualización del marco propuesto

#### Fase 1: Elaboración de la estructura de la tecnología blockchain

La arquitectura se basa en la red Ethereum con los smart contracts principales de “Token” (a) y “Tracking” (b) y se incorpora con un servidor API (c) y una base de datos (d).

Cada componente de la arquitectura cumple un rol importante. (a) “Token” se encarga de la creación y gestión del token digital del framework. (b) “Tracking” administra el seguimiento de estados de envío y el pago o reembolso de estos. (c) El servidor API actúa como una capa de comunicación entre los smart contracts y las aplicaciones cliente. Proporciona endpoints que permite a los usuarios y aplicaciones interactuar con los contratos de manera más sencilla y segura. (d) La base de datos almacena información relevante para el uso de la aplicación web, tales como credenciales de usuarios, historial de seguimiento y registro de transacciones. Estos datos se sincronizan con los smart contracts a medida que ocurren eventos y actualizaciones en la blockchain.

La red de Ethereum se forma por (1) bloques y (2) smart contracts. Los bloques representan un activo digital, en este caso, el seguimiento de envíos, mientras que los smart contracts se dividen en (a) “Token” y (b) “Tracking”, donde

(b) representa las reglas empresariales que establecen el consenso dentro de un contexto dado. Estos se basan en la lógica de “si ocurre tal evento, entonces se produce tal evento”. Los contextos activan los smart contracts a través del uso del API. Su funcionamiento requiere de Ether gas como pago para los mineros por el trabajo computacional para agregar nuevas transacciones al blockchain. Este mecanismo contribuye a la seguridad y confiabilidad de la arquitectura, garantizando que los datos sean inmutables y que todas las transacciones sean transparentes y verificables.

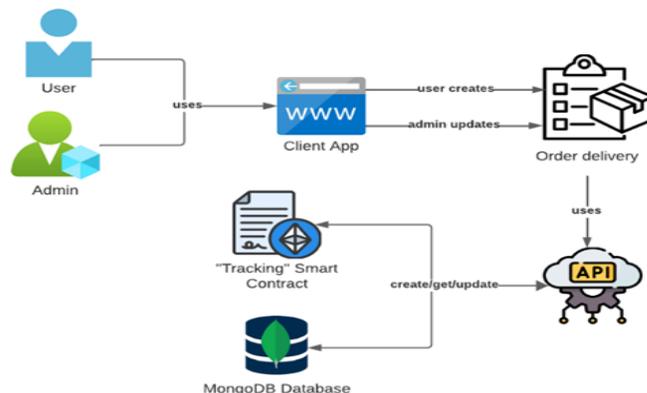


Fig. 2. Arquitectura Blockchain

#### Fase 2. Creación de contratos inteligentes

El framework propuesto requiere la creación de 2 smart contracts: “Token” y “Tracking”. Smart contract “Token”. Gestiona la moneda digital basada en el estándar ERC-20 en Ethereum, su objetivo es el uso de transacciones dentro de un sistema Blockchain. Smart contract “Tracking”. Rastrea pedidos e informa el estado de estos. Su principal función es la gestión de fondos del token del primer contrato inteligente, incluyendo el pago de tarifas de envío y gestión de reembolsos. El diseño y construcción del smart contract “Tracking” se realiza con los siguientes pasos: (1) Definición de atributos, (2) configuración del ambiente de desarrollo, (3) construcción del smart contract y (4) despliegue del smart contract.

1) *Definición de atributos*: El contrato inteligente “Tracking” contiene varios atributos esenciales para el seguimiento de pedidos y un posible reembolso. La Tabla II muestra los nombres de atributos utilizados y el tipo de dato, según el lenguaje de programación Solidity.

TABLA II  
Atributos del Smart Contract “Tracking”

Nombre del atributo	Tipo de Datos
Token	IERC20
TRACKER_ROLE	Bytes32
orderId	String
orderAmount	Uint
productName	String
Status	Enum (Ordered, Shipped, Delivered, Failed, Refunded)
orderCreator	Address

Los atributos correspondientes al smart contract "Tracking" incluyen el contrato "Token" (ERC-20) que se utiliza para las transacciones, pagos y reembolsos relacionados con los pedidos. Además, se define el rol de acceso "TRACKER\_ROLE" con el objetivo de controlar quien puede actualizar el estado de seguimiento. Por otro lado, se utiliza un identificador de pedido "orderId". "orderCreator" almacena la billetera de la persona que creó la orden, el "TrackingStatus" para describir el progreso del pedido. "OrderAmount" que representaría el valor aproximado de ello.

2) *Configuración del ambiente de desarrollo:* Para configurar el ambiente de desarrollo, se requiere un compilador del lenguaje de programación Solidity, un entorno de desarrollo integrado (IDE) y una red Ethereum de prueba como Polygon's Mumbai. En el caso de herramientas adicionales, se requiere instalar la librería OpenZeppelin para las funcionalidades el control de acceso y gestión de tokens (ERC20).

3) *Construcción del Smart contract:* En esta sección se presentan los scripts de creación del Smart Contract "Token" y de los procesos "createTrack" y "updateTrackingStatus" del Smart contract "Tracking" de acuerdo con el flujo de trabajo establecido.

*Smart Contract "Token".* La Tabla III muestra el código fuente del contrato inteligente "Token". Este contrato permite la creación de tokens personalizados con roles definidos para "MINTER\_ROLE" y "BURNER\_ROLE" (line 1 to 5). Asimismo, el constructor configura el contrato y emite 100,000 unidades del token al creador, también asigna roles a fin de controlar quién puede crear y destruir unidades de la criptomoneda (line 3 to 8). Finalmente, la función "mint" permite crear mievas imovodades del token y se agregan al sistema para su circulación (line 14 to 15). "Burn" elimina las unidades existentes del token, reduciendo la cantidad total del dinero en circulación (line 17 to 18).

TABLA III  
SMART CONTRACT "TOKEN"

```

1. contract Token is AccessControl, ERC20Permit {
2.   bytes32 public constant MINTER_ROLE =
3.     keccak256("MINTER_ROLE");
4.   bytes32 public constant BURNER_ROLE =
5.     keccak256("BURNER_ROLE");
6.   constructor(string memory name, string memory symbol)
7.     ERC20(name, symbol) ERC20Permit(name) {
8.     _grantRole(DEFAULT_ADMIN_ROLE, msg.sender);
9.     _grantRole(MINTER_ROLE, msg.sender);
10.    _grantRole(BURNER_ROLE, msg.sender);
11.    _mint(msg.sender, 100000 ** 6); }
12.   function mint(address to, uint256 amount) public
13.     onlyRole(MINTER_ROLE) { _mint(to, amount); }
14.   function burn(address from, uint256 amount) public
15.     onlyRole(BURNER_ROLE) { _burn(from, amount); } }

```

Por otro lado, la Tabla IV muestra el código de la función createTrack en el contrato inteligente "Tracking". Esta función permite registrar un nuevo seguimiento de un pedido,

exigiendo datos esenciales como número de pedido, valor estimado del pedido, nombre del producto (line 1 to 2). Luego, realiza comprobaciones para asegurar que los datos sean válidos y que existan fondos suficientes tanto para el seguro del paquete como para la tarifa de envío (line 3 to 6). Luego, registra el nuevo seguimiento con su estado inicial como "Ordered" y su fecha de vencimiento establecida a 5 días después de la creación (line 13 to 17).

TABLA IV  
CREATETRACK SMART CONTRACT "TRACKING"

```

1.   function createTrack(string calldata orderId, uint
2.     orderAmount, string calldata productName) public {
3.     require(token.balanceOf(owner()) >= orderAmount,
4.       "Insufficient balance to pay package insurance");
5.     require(token.balanceOf(msg.sender) >= shippingFee,
6.       "Insufficient balance to pay shipping fee");
7.     SafeERC20.safeTransferFrom(token, owner(), address(this),
8.       orderAmount);
9.     SafeERC20.safeTransferFrom(token, msg.sender,
10.      address(this), shippingFee);
11.    orderTracking[orderId] = TrackingOrder{
12.      orderCreator: msg.sender, orderAmount: orderAmount,
13.      createdAt: block.timestamp, expiredAt: block.timestamp + 5 days,
14.      package: Package({productName: productName}),
15.      status: TrackingStatus.Ordered}; }

```

Asimismo, la Tabla V muestra el código de la función updateTrackingStatus del contrato inteligente "Tracking". Esta función permite cambiar el estado de seguimiento de una orden, requiriendo que el remitente posea el rol de "TRACKER\_ROLE". Primero, obtiene el estado de seguimiento actual, actualiza al nuevo estado, y calcula la cantidad de tokens a liberar (line 3 to 6). Luego, realiza transferencias seguras de tokens según el estado: en caso de "Failed", los tokens se envían al creador del pedido; si es "Refunded", se transfiere la tarifa de envío al creador; en otros casos, los tokens se envían al creador del contrato (line 8 to 12). Finalmente, emite un evento para notificar la actualización del estado del seguimiento (line 13).

TABLA V  
UPDATETRACKINGSTATUS SMART CONTRACT "TRACKING"

```

1.   function updateTrackingStatus(
2.     string calldata orderId, TrackingStatus status) public
3.     onlyRole(TRACKER_ROLE) validTracking(orderId, status) {
4.     TrackingStatus currStatus = orderTracking[orderId].status;
5.     orderTracking[orderId].status = status;
6.     address orderCreator = orderTracking[orderId].orderCreator;
7.     uint releaseTokens = orderTracking[orderId].orderAmount +
8.       shippingFee;
9.     if (status == TrackingStatus.Failed) {
10.      SafeERC20.safeTransfer(token, orderCreator, releaseTokens);
11.    } else if (status == TrackingStatus.Refunded) {
12.      SafeERC20.safeTransfer(token, orderCreator, shippingFee);
13.    } else { SafeERC20.safeTransfer(token, owner(), releaseTokens); }
14.    emit TrackingStatusUpdated(orderId, currStatus, status); } }

```

### Fase 3: Diseño de la aplicación web

La arquitectura de la aplicación web, representada en la Figura 3, consta de tres capas. En el lado del cliente (Front end), se emplea la librería React con el lenguaje de programación Typescript. En el lado del servidor (Back end), se utiliza el framework NestJs también con el lenguaje de programación Typescript.

La arquitectura web se compone por 3 capas: (1) Capa de presentación, (2) Capa de Datos y (3) Entorno de Blockchain. La capa de presentación se encuentra alojada por el servicio de GitHub Pages. Asimismo, para la capa de datos, se utilizó una base de datos no relacional MongoDB alojada por el servicio Cloud MongoDB Atlas, esta base de datos se utiliza para guardar información adicional relacionada a la lógica de negocio, también, está compuesta por un servicio REST desarrollado con el framework Nestjs alojada por el servicio de Railway. Finalmente, el entorno de Blockchain para la criptomoneda utiliza el standard ERC-20 en el que se desarrolla el token utilizado por la aplicación, para las Reglas de Negocio utiliza el Token para el proceso de reembolso y orden de encomiendas.

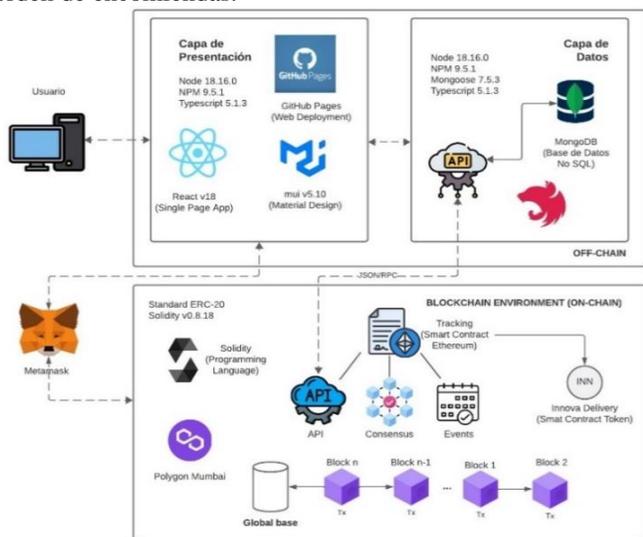


Fig. 3. System architecture

Los principales actores que interactúan con el framework propuesto son el usuario y el administrador. La información de la orden de delivery se almacena de forma inmutable en la red Ethereum y en la base de datos MongoDB. La aplicación web provee diferentes funcionalidades para cada actor de acuerdo con el proceso del negocio (ver Tabla VI).

TABLA VI  
FUNCIONALIDADES DEL SISTEMA

Actor	Funcionalidades
Usuario	Crear una orden de delivery Registrarse una cuenta de usuario Ingresar a su cuenta de usuario Visualizar su orden
Administrador	Ingresar a su cuenta administrador Visualizar todas las ordenes registradas en el sistema Modificar el estado de una orden de delivery

### IV. VALIDACIÓN

Para validar el framework propuesto, se llevó a cabo una prueba de entorno en una empresa de courier del Perú, en la que participo un experto en el rubro de envíos de encomiendas por transportes interprovinciales, un experto con conocimientos en la tecnología de Blockchain y 10 usuarios con conocimientos relacionados al proyecto.

La validación del framework se realizó en dos sesiones por el experto y los usuarios con una duración aproximada de treinta minutos por el periodo de una semana (Tabla VII). Las sesiones de los escenarios se realizaron de manera virtual en la herramienta de videoconferencia de Google Meet y la encuesta por medio de un cuestionario en línea en Google Form.

TABLA VII EXPERIMENTACIÓN ESCENARIOS

Escenarios	Duración	Participantes
Sin framework	3 días	2 expertos y 10 usuarios
Con framework	3 días	2 expertos y 10 usuarios

En los primeros tres días, se realizaron las sesiones con los expertos y los usuarios en donde se realizaron preguntas previas con relación a los servicios que emplean y experiencias previas con los servicios de courier. Durante los siguientes tres días, se realizó una última sesión con los expertos y los usuarios con la propuesta del framework. En donde se llevaron a cabo las siguientes actividades: (i) explicación completa del framework propuesto, (ii) explicación de la interfaz, (iii) uso de la plataforma web desde la creación del contrato inteligente hasta el proceso de reembolso automático y (iv) encuesta de valoración. Asimismo, luego de la segunda sesión se obtuvo recomendaciones de mejora sobre la interfaz y uso de la plataforma web en los resultados de la encuesta.

Finalmente, se envió una encuesta del Google Form a cada usuario y experto. La Tabla VIII muestra las preguntas cerradas realizadas a los expertos y la Tabla IX, las preguntas cerradas a los usuarios. Además, para ambas encuestas se empleó el formato de puntuación de la escala de Likert (1=totalmente en desacuerdo, 2=en desacuerdo, 3=no estoy de acuerdo y tampoco en desacuerdo, 4=de acuerdo, 5=totalmente de acuerdo) en la encuesta final de valoración.

TABLA VIII PREGUNTAS DE ENCUESTA PARA EXPERTOS

Categoría	Pregunta
Servicios	Q1. ¿Considera que la gestión de Reembolsos es necesario para los usuarios en los servicios de Courier? Q2. ¿Considera que el tiempo de respuesta durante la gestión de Reembolsos es importante para los usuarios?
Objetivo de la solución	Q3. ¿Consideras que el uso de la tecnología de Blockchain ayudaría en la gestión de Reembolsos en los servicios de Courier? Q4. ¿Estaría dispuesto a implementar la aplicación web en sistema de servicios de Courier?
Herramientas Técnicas	Q5. ¿Considera que la sección de Reembolsos ayudaría a los usuarios ante un incidente con su encomienda? Q6. ¿Considera que la sección Resumen de Pedidos de

	encomiendas ayudaría a los usuarios a realizar un mejor seguimiento de sus envíos?
Usabilidad	Q7. ¿Consideras que la aplicación web propuesta es fácil de emplear?

TABLA IX PREGUNTAS DE ENCUESTA PARA USUARIOS

Categoría	Pregunta
Usabilidad	Q1. ¿Consideras que la aplicación web propuesta es fácil de emplear?
Aplicación	Q2. ¿Consideras que el uso de la aplicación web mejora las transacciones y el proceso de reembolsos?
Herramientas técnicas	Q3. ¿Consideras que la sección Resumen de Pedidos de encomiendas te ayudaría a realizar un mejor seguimiento de tus envíos? Q4. ¿Consideras que la sección de Reembolsos te ayudaría ante un incidente con tu encomienda?
Objetivo de la solución	Q5. ¿Estarías dispuesto a emplear la aplicación web para gestionar el envío de tus encomiendas?

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla X presenta los resultados de las métricas de Usabilidad en relación con el número de reclamaciones sobre reembolsos y el tiempo promedio de devolución del dinero desde la solicitud, con el propósito de medir las variables en ambos escenarios.

TABLA X RESULTADOS OBTENIDOS EN AMBOS ESCENARIOS

Escenarios	Número de reclamaciones (reembolsos)	Tiempo promedio de reembolsos
Sin framework	Entre 30 a 40 reclamaciones al mes	De 7 a 10 días hábiles
Con framework	Entre 20 a 25 reclamaciones al mes	Entre 3 a 5 minutos

Al finalizar las sesiones con los usuarios y expertos se obtuvo la siguiente información:

Por un lado, la Figura 4 muestra los resultados obtenidos de la encuesta realizada a los dos expertos agrupados por cuatro categorías (servicios, objetivo de la solución, herramientas técnicas y usabilidad) y siete preguntas en base a la escala de Likert.

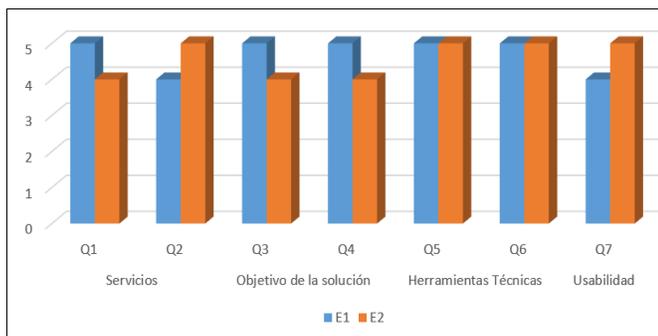


Fig. 4. Resumen de las respuestas de los expertos en la encuesta

En promedio, la categoría del uso “herramientas técnicas” como gestión de reembolsos obtuvo un valor de 5, a diferencia de la categoría de “Usabilidad” de la plataforma que tuvo 4,9.

Además, las categorías de la variable de “Servicios” y cumplimiento del “Objetivo de la solución” obtuvieron un 4,8.

Por otro lado, la Figura 5 muestra los resultados obtenidos de la encuesta obtenida a los 10 usuarios agrupados por las cinco preguntas (ver Tabla XII) en base a la escala de Likert.

En promedio, la pregunta Q1 tuvo en promedio 4,1, a diferencia de la pregunta Q2 que obtuvo un promedio de 3,8. Además, las preguntas Q4 y Q5 obtuvieron un 4,5 como promedio. Finalmente, la pregunta Q3, consiguió un promedio de 4,6.

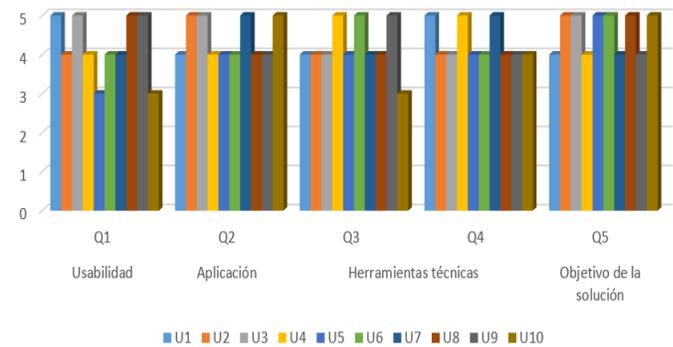


Fig. 5. Resumen de las respuestas de los usuarios en la encuesta

## VI. CONCLUSIÓN Y TRABAJO FUTURO

En la literatura, se han documentado numerosos trabajos que emplean diversas tecnologías, tales como IoT, IA y blockchain, con el fin de mejorar la eficiencia y la satisfacción del cliente, así como reducir costos y tiempos logísticos. Sin embargo, no consideran la optimización de tiempos en el proceso de reembolso.

En este estudio se propuso un marco para automatizar el reembolso en los servicios de Courier en el Perú mediante la aplicación de blockchain. Esta propuesta se desarrolló en 3 fases: (1) Elaboración de la estructura de la tecnología de Blockchain, (2) Creación de contratos inteligentes y (3) Diseño de aplicaciones web. El marco fue validado en una empresa de encomiendas del Perú aplicando dos sesiones y dos escenarios respectivamente, asimismo, un juicio de expertos y usuarios.

Los resultados mostraron que en la sesión 2 (con la propuesta), en ambos escenarios definidos, se redujo el número de reclamaciones y el tiempo de reembolsos. En la sesión 2 se logró una reducción del tiempo de reembolso del 99,98% y una disminución del número de reclamaciones de casi un 60% aprox. en el escenario 2 respecto al escenario 1. Asimismo, los resultados de la encuesta mostraron que, empleando el marco propuesto, las categorías "usabilidad", "objetivo de la solución" y "servicios" tuvo un valor promedio de 4,9, 4,8 y 4,8, respectivamente. Finalmente, los resultados de la validación con los usuarios otorgaron una calificación de 4,3, el cual se acercan a la puntuación máxima de 5 (totalmente de acuerdo).

Para futuros trabajos, se plantea la integración de una nueva funcionalidad de seguimiento en tiempo real para los envíos. Se pretende continuar aprovechar las ventajas de la tecnología blockchain con el objetivo de ofrecer un seguimiento claro y seguro de cada fase del proceso de envío, logrando así añadir una capa adicional de confianza y seguridad en las operaciones, al mismo tiempo, establecer un estándar más elevado en cuanto a la calidad y eficiencia en la gestión logística de entregas.

#### AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a los expertos y usuarios que participaron en las pruebas de validación. Asimismo, expresamos nuestro sincero agradecimiento al Departamento de Investigación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas por su valioso respaldo durante la ejecución de esta labor investigativa.

#### REFERENCIAS

- [1] Albayati, H., Kim, S., & Rho, J. (2020, August). Accepting financial transactions using blockchain technology and cryptocurrency: A customer perspective approach. *Technology in Society*, 62. doi:10.1016/j.techsoc.2020.101320
- [2] Celiz, R., De La Cruz, Y., & Sanchez, D. (2 July 2018). Cloud Model for Purchase Management in Health Sector of Peru based on IoT and Blockchain. 2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, IEMCON 2018 (págs. 328 - 334). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/IEMCON.2018.8615063
- [3] Singh, M., Aujla, G. S., Bali, R. S., Batth, R. S., Singh, A., Vashisht, S., & Jindal, A. (2022). CovaDel a blockchain-enabled secure and QoS-aware drone delivery framework for COVID-like pandemics (Vol. 104). *Computing (Vienna/New York)*. doi:10.1007/s00607-022-01064-7
- [4] Müller, M., & Rodriguez Garzon, S. (2020). Blockchain-based Trusted Cross-organizational Deliveries of Sensor-equipped Parcels. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. 11997 LNCS, págs. 191 - 202. Springer. doi:10.1007/978-3-030-48340-1\_15
- [5] Madhwal, Y., Borbon-Galvez, Y., Etemadi, N., Yanovich, Y., & Creazza, A. (2022). Proof of Delivery Smart Contract for Performance Measurements. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 10, 69147 - 69159. doi:10.1109/ACCESS.2022.3185634
- [6] Talha Talukder, A., Islam Mahmud, M., Sultana, A., Hasan Pranto, T., Bahalul Haque, A., & M. Rahman, R. (2022). A customer satisfaction centric food delivery system based on blockchain and smart contract. (Taylor, & L. Francis, Edits.) *Journal of Information and Telecommunication*, 6(4), 501 - 524. doi:10.1080/24751839.2022.2117121
- [7] Zhang, L., & Kim, D. (2 de June de 2022). A Peer-to-Peer Smart Food Delivery Platform Based on Smart Contract. *Electronics (Switzerland)*, 11(12). doi:10.3390/electronics11121806
- [8] Hribernik, M., Zero, K., Kummer, S., & Herold, D. (2020, November). City logistics: Towards a blockchain decision framework for collaborative parcel deliveries in micro-hubs. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 8. doi:10.1016/j.trip.2020.100274
- [9] Wu, M., & Pei, Z. (May de 2023). Multi-Location Assortment Optimization with Drone and Human Courier Joint Delivery. *Applied Sciences*, 13(9). doi:10.3390/app13095441
- [10] Santos Lopez, F., Portella Delgado, J., Santos De La Cruz, E., & Caceres, E. (n.d.). Performance-based Software Architecture Design and Blockchain as a Service for Peruvian E-government. *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences, ICSESS* (pp. 1 - 5). IEEE Computer Society. doi:10.1109/ICSESS52187.2021.9522149
- [11] Suliman, A., Husain, Z., Abououf, M., Alblooshi, M., & Salah, K. (1 de January de 2019). Monetization of IoT data using smart contracts. *IET Networks*, 8(1), 32 - 37. doi:10.1049/iet-net.2018.5026
- [12] Y. M. C. M. L. X. X. M. Cai Z., "Research and Design of Blockchain System for Logistic Tracing," in 4th International Conference on Information Science and Systems, ICISS 2021, Edinburgh, United Kingdom, 2021.
- [13] Hu, H., Xu, J., Liu, M., & Lim, M. (February de 2023). Vaccine supply chain management: An intelligent system utilizing blockchain, IoT and machine learning. *Journal of Business Research*, 156. doi:10.1016/j.jbusres.2022.113480
- [14] Ismanto, L., Ar, H., Fajar, A., Sfenrianto, & Bachtiar, S. (2019). Blockchain as E-Commerce Platform in Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*. 1179. Institute of Physics Publishing. doi:10.1088/1742-6596/1179/1/012114https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1179/1/012114/meta
- [15] Kuo, T.-T., Kim, H.-E., & Ohno-Machado, L. (1 de November de 2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24(6), 1211 - 1220. doi:10.1093/jamia/ocx068
- [16] Kyriakakis, N., Aronis, S., Marinaki, M., & Marinakis, Y. (August de 2023). A GRASP/VND algorithm for the energy minimizing drone routing problem with pickups and deliveries. *Computers and Industrial Engineering*, 182. doi:10.1016/j.cie.2023.109340
- [17] Lin, Q., Wang, H., Pei, X., & Wang, J. (2019). Food Safety Traceability System Based on Blockchain and EPCIS. *IEEE Access*, 7(8640818), 20698 - 20707. doi:10.1109/ACCESS.2019.2897792
- [18] Cech, H., Grobmann, M., & Krieger, U. (June 2019). A Fog Computing Architecture to Share Sensor Data by Means of Blockchain Functionality. *Proceedings - 2019 IEEE International Conference on Fog Computing, ICFC 2019* (pp. 31 - 40). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/ICFC.2019.00013
- [19] Cai Z., Y. M. (2021). Research and Design of Blockchain System for Logistic Tracing. In A. I. Series (Ed.), 4th International Conference on Information Science and Systems, ICISS 2021, (pp. 28-34). Edinburgh, United Kingdom. doi:10.1145/3459955.3460596
- [20] Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Arshad, J., Debe, M., Al-Hammadi, Y., & Ellahham, S. (2021). A blockchain-based approach for drug traceability in healthcare supply chain. *IEEE Access*, 9, 9728 - 9743. doi:10.1109/ACCESS.2021.3049920
- [21] Rishabh Garg. (11 de November de 2022). Ethereum based Smart Contracts for Trade & Finance. *Open Science Index, Economics and Management Engineering*, 16, 12. doi:10.5281/zenodo.5854730
- [22] Helo, P., & Hao, Y. (October de 2019). Blockchains in operations and supply chains: A model and reference implementation. *Computers and Industrial Engineering*, 136, 242 - 251. doi:10.1016/j.cie.2019.07.023
- [23] Shahid, A., Almogren, A., Javaid, N., Al-Zahrani, F., Zuair, M., & Alam, M. (2020). Blockchain-Based Agri-Food Supply Chain: A Complete Solution. *IEEE Access*, 8, 69230 - 69243. doi:10.1109/ACCESS.2020.2986257
- [24] Bapatla, A., Mohanty, S., Koungianos, E., Puthal, D., & Bapatla, A. (March de 2023). PharmaChain: A blockchain to ensure counterfeit-free pharmaceutical supply chain. (J. Wiley, & S. Inc, Edits.) *IET Networks*, 12(2), 53 - 76. doi:10.1049/ntw2.12041
- [25] Su, S., Wang, K., & Kim, H. (July 2018). Smartsupply: Smart Contract Based Validation for Supply Chain Blockchain. *Proceedings - IEEE 2018 International Congress on Cybermatics: 2018* (págs. 988 - 993). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi:10.1109/Cybermatics\_2018.2018.00186
- [26] Howson, P., Oakes, S., Baynham-Herd, Z., & Swords, J. (2019, March). Cryptocarbon: The promises and pitfalls of forest protection on a blockchain. 100, 1 - 9. doi:10.1016/j.geoforum.2019.02.011
- [27] Alkhoori, O., Hassan, A., Almansoori, O., Debe, M., Salah, K., Jayaraman, R., . . . Rehman, M. (2021). Design and Implementation of CryptoCargo: A Blockchain-Powered Smart Shipping Container for Vaccine Distribution. *IEEE Access*, 9, 53786 - 53803. doi:10.1109/ACCESS.2021.3070911

- [28] Vangipuram, S., Mohanty, S., & Kougianos, E. (September 2021). CoviChain: A Blockchain Based Framework for Nonrepudiable Contact Tracing in Healthcare Cyber-Physical Systems During Pandemic Outbreaks. *SN Computer Science*, 2(5). doi:10.1007/s42979-021-00746-x
- [29] Garcia, A., Davila, J., & Lenis, W. (2022). Framework to Improve the Traceability of the Coffee Production Chain in Perú by Applying a Blockchain Architecture. *Conference of Open Innovation Association, FRUCT. 2022*, págs. 93 - 101. IEEE Computer Society. doi:10.23919/FRUCT56874.2022.9953846
- [30] Doku, R., Chaudhary, V., & Danda, B. (2021). Blockchain Technology: Emerging Applications and Use Cases for Secure and Trustworthy Smart Systems. *MDPI*, 4-18. doi:10.3390/jcp1010002
- [31] Egala, B., Pradhan, A., Badarla, V., & Mohanty, S. (2021, July 15). Fortified-Chain: A Blockchain-Based Framework for Security and Privacy-Assured Internet of Medical Things with Effective Access Control. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(14), 11717 - 11731. doi:10.1109/JIOT.2021.3058946