

Universidad Siglo 21



Licenciatura en Informática

Trabajo Final de Graduación

Sistema autónomo de cobro de pasajes para el transporte público con
Blockchain

Enrique Antonio Guzmán
VINFO1999
DNI 33093972

Año 2020

Resumen

Este trabajo aborda la problemática de auditabilidad y control del sistema actual de cobro del boleto del transporte urbano de pasajeros en la Argentina y brinda una solución a ella mediante el soporte que pueden aportar las tecnologías de bases de datos descentralizadas con cadenas de bloques. A su vez intenta cambiar el foco de atención y pasar de la simple transacción de pago, carente de utilidad para el cliente, hacia el empoderamiento de este mediante un sistema de información capaz de enriquecer su experiencia y producir información útil para el mejoramiento del servicio.

Durante el desarrollo se descubre qué tan conveniente es un sistema descentralizado donde no existe un único actor que acapara los datos y es el dueño de estos, sino que se ofrece delegar esa responsabilidad en nodos que se encuentran distribuidos en cada empresa prestadora del servicio de transporte, lo que garantiza que, incluso con algunos de ellos fuera de servicio, la información estará siempre disponible.

Finalmente, el trabajo se concreta en una aplicación que permite, desde el teléfono inteligente del cliente, no sólo efectivizar el pago del boleto, sino también le brinda el control de la información de sus viajes y del servicio.

Palabras clave: auditabilidad, cadena de bloques, transporte público, boleto electrónico.

Abstract

This work addresses the problem of auditability and control of the current public transportation ticket payment system in Argentina and gives a solution to it through the support of decentralized data bases technologies. At the same time, it tries to change the attention focused on the simple payment transaction, useless for the client, to empowering him with an information system that is able to enrich his experience and to produce useful information for service improvement.

During the development the convenience of a decentralized system is discovered, where non a unique actor or owner of the data is allowed, but also offering the delegation of this responsibility in distributed nodes, placed in the service provider companies. It guarantees the information availability, even when some nodes are down.

Finally, the work is materialized in a smartphone application that allows not only to pay the bus ticket, but also gives the client the control of the information of its journeys and the service itself.

Keywords: auditability, blockchain, public transportation, electronic ticket.

Índice

Título.....	8
Introducción.....	8
Antecedentes.....	8
Descripción del área problemática.....	8
Justificación.....	9
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
Marco teórico.....	10
Dominio del problema.....	10
Actividad del cliente.....	11
TICs.....	11
Competencias.....	13
Diseño metodológico.....	15
Herramientas tecnológicas.....	15
Herramientas de recopilación de datos.....	18
Diagrama de Gantt – Planificación.....	18
Relevamiento.....	19
Relevamiento estructural.....	19
Relevamiento funcional.....	20
Relevamiento de documentación.....	23
Proceso de negocios.....	23
Diagnóstico y Propuesta.....	24
Diagnóstico.....	24
Propuesta.....	26
Objetivos, Límites y Alcances del Prototipo.....	26
Objetivos del prototipo.....	26
Límites.....	26
Alcance.....	26
Descripción del sistema.....	27
Product Backlog.....	27
Historias de usuario.....	28
Sprint Backlog.....	34
Diagrama de clase.....	40

Diagrama de entidad-relación.....	41
Prototipos de interfaces de pantallas.....	42
Diagrama de arquitectura.....	45
Seguridad.....	45
Acceso a la aplicación.....	45
Política de respaldo de la información.....	46
Análisis de costos.....	47
Honorarios de desarrollo.....	47
Costos operativos.....	48
Análisis de riesgos.....	50
Conclusiones.....	52
Demo.....	52
Referencias.....	53
Anexos.....	54

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Diagrama de Gantt del Trabajo.....	18
Ilustración 2. Organigrama de la empresa modelada.	20
Ilustración 3. Diagrama BPM de los procesos de negocio.....	23
Ilustración 6. Diagrama de Clases.....	40
Ilustración 7. Diagrama Entidad Relación del Prototipo.....	41
Ilustración 8. Prototipo de pantalla de bienvenida.	42
Ilustración 9. Prototipo de pantalla de registro.	43
Ilustración 10. Prototipo de pantalla inicial.....	43
Ilustración 11. Prototipo de pantalla de Consultas Inicial.	44
Ilustración 12. Prototipo de pantalla de Consultas de recorridos.....	44
Ilustración 13. Diagrama de arquitectura del prototipo.....	45
Ilustración 4. Planilla del Conductor.....	54
Ilustración 5. Planilla del Encargado de Operaciones.....	55

Índice de tablas

Tabla 1. Competencias más importantes	15
Tabla 2. Product Backlog	28
Tabla 3. Historia de usuario US-001	29
Tabla 4. Historia de usuario US-002	30
Tabla 5. Historia de usuario US-003	30
Tabla 6. Historia de usuario US-005	31
Tabla 7. Historia de usuario US-006	31
Tabla 8. Historia de usuario US-007	32
Tabla 9. Historia de usuario US-009	32
Tabla 10. Historia de usuario US-010	33
Tabla 11. Historia de usuario US-011	34
Tabla 12. Historia de usuario US-014	34
Tabla 13. Elemento US-001 del primer Sprint, según Product Backlog.....	35
Tabla 14. Elemento US-002 del primer Sprint, según Product Backlog.....	36
Tabla 15. Elemento US-003 del primer Sprint, según Product Backlog.....	36
Tabla 16. Elemento US-005 del primer Sprint, según Product Backlog.....	37
Tabla 17. Elemento US-006 del primer Sprint, según Product Backlog.....	37
Tabla 18. Elemento US-007 del primer Sprint, según Product Backlog.....	38
Tabla 19. Elemento US-009 del primer Sprint, según Product Backlog.....	38
Tabla 20. Elemento US-010 del primer Sprint, según Product Backlog.....	39
Tabla 21. Elemento US-011 del primer Sprint, según Product Backlog.....	39
Tabla 22. Elemento US-014 del primer Sprint, según Product Backlog.....	40
Tabla 23. Políticas de acceso a la aplicación.....	46
Tabla 24. Política de respaldo de la información.....	47
Tabla 25. Costos de recursos humanos para el desarrollo del proyecto	47
Tabla 26. Costos de recursos de hardware para el desarrollo del proyecto	49
Tabla 27. Costos de recursos de software para el desarrollo del proyecto.....	49
Tabla 28. Análisis de riesgos del proyecto.....	51

Título

Sistema autónomo de cobro de pasajes para el transporte público con Blockchain.

Introducción

El presente trabajo estudia el sistema de cobro de pasajes para el transporte público en la República Argentina.

Antecedentes

El sistema de cobro del servicio de transporte público, en cualquier ciudad del mundo, ha ido atravesando diferentes estadios tecnológicos a lo largo de su historia. Desde los antiguos boletos en papel hasta las más modernas soluciones con tarjetas sin contacto y abonos prepagos, guardan una característica común: todos los sistemas requieren un intermediario confiable que verifique la correcta consecución del pago. Ya sea en la figura del chofer, quien cobra el boleto manualmente, o verifica que el cliente del servicio acerque la tarjeta al lector de un validador, o también en la figura del inspector, que pide el boleto al pasajero en auditorias aleatorias a los colectivos buscando evitar evasiones; en cualquier caso, el inconveniente es claro: siempre se requiere de la confiabilidad de un tercero.

Descripción del área problemática

Como en todo sistema donde participa el hombre existe la posibilidad de que las reglas establecidas para el funcionamiento de estos no se cumplan debidamente. Puede suceder que el chofer ofrezca preferencias para con algún cliente a quien conoce o por quien simpatiza, el inspector puede realizar una auditoría poco imparcial en complicidad con el conductor, o incluso el desborde del sistema de transporte puede hacer que se haga difícil para estos operadores, con buena intención, controlar sin error a cada pasajero. En cualquier caso, el problema clave es la auditabilidad del sistema.

Por otro lado, el sistema actual aplica tarifas escalonadas por cada viaje, en las cuales un viaje corto o uno largo, que estén dentro del mismo rango tarifario, obliga a pagar el mismo importe a ambos clientes. En el primer caso desfavorece al pasajero y en el segundo lo

beneficia. Pero en ambos casos no deja de ser impreciso el sistema de aplicación tarifario, con lo cual se tiene en cuenta el problema de aplicación del precio justo.

De acuerdo con lo enunciado, el proyecto pretende establecer las bases de un sistema que permita que el cobro del boleto del transporte público sea eficiente, no requiera control o fiscalización alguna salvo la confianza aportada por Smart Contracts, operando sobre Blockchain, y todo validado desde el celular del cliente.

Justificación

Dada la dificultad que presenta el sistema actual para ser auditado sin dudar de la confiabilidad de los resultados, es que este trabajo permite construir un modelo seguro y confiable para el cobro de boleto, valiéndose de un mecanismo basado en Blockchain para soportar las transacciones entre las partes, permitiendo la trazabilidad de cada operación.

A su vez, ofrece una respuesta para el control del pago del boleto y la justa aplicación de tarifas, valiéndose de la imparcialidad y autonomía que brindan los Smart Contracts, ya que éstos no requieren de un tercero para auto ejecutarse tras cumplirse una condición preestablecida.

Ambos aspectos aportan confiabilidad a la sociedad en general sobre el funcionamiento del sistema ya que no permanece bajo el control central de ningún organismo o empresa, al tiempo que también brinda seguridad al usuario y a las empresas prestadoras del servicio.

Finalmente, a nivel tecnológico, ofrece la posibilidad de obtener información más precisa sobre los hábitos de movilidad de los usuarios, con la posibilidad de traducirlo en mejoras en el servicio, sin comprometer la privacidad de los clientes.

Objetivo general

Analizar y diseñar un sistema que permita al transporte público de pasajeros el cobro del viaje recorrido, desde el punto inicial hasta el arribo a destino, mediado por la confianza y auditabilidad ofrecida por Blockchain, y gestionado a partir del Smartphone del cliente.

Objetivos específicos

- Indagar en el funcionamiento de la tecnología Blockchain y de los Smart Contracts.

- Indagar en la aplicación de tecnología NFC que permita determinar cuando los pasajeros abordan la unidad y cuando abandonan la misma.
- Automatizar el control del pago del boleto del transporte público.
- Gestionar los datos de viajes del cliente a partir de su teléfono inteligente.

Marco teórico

Dominio del problema

El transporte urbano de pasajeros, a nivel de definición y explotación del servicio, está reglado bajo el decreto 656/94. El mismo entiende a éstos como “servicios de transporte por automotor de pasajeros de carácter urbano y suburbano de Jurisdicción Nacional (...).”¹

El ente nacional encargado de controlar y fiscalizar el transporte terrestre nacional, incluido el transporte público de pasajeros, es la Comisión Nacional de Regulación del Transporte, como lo establece su decreto constitutivo. De tal manera, establece que entre sus facultades se encuentra “aplicar y hacer cumplir las leyes, decretos y demás normas reglamentarias en materia de transporte.”²

A su vez compete al Ministerio de Transporte “entender en la supervisión, el fomento y el desarrollo técnico y económico de los sistemas de transporte.”³

Una cadena de bloques, por su traducción del término en inglés blockchain y denominado así de ahora en adelante, “no es otra cosa que una base de datos que se halla distribuida entre diferentes participantes, protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones relacionados entre sí matemáticamente.” (Preukschat, 2017, p. 14)

En lo que respecta a la tecnología Blockchain en el dominio jurídico, “en la Argentina no se han tomado aún medidas determinantes que impacten en este tipo de negocios (...).” (Mora & Palazzi, 2019, p. 140). Sin embargo, una referencia al tema puede encontrarse en el decreto 182/19, referente a Firma Digital. Al hablar de la conservación de los documentos electrónicos, la citada norma expresa:

¹ Art. 2 Decreto 656/94. Autotransporte Público de Pasajeros. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.

² Art. 6. Anexo 1. Decreto 1388/96. Comisión Nacional de Regulación del Transporte. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.

³ Inc. 12. Art. 21. Ley 22520. Ley de Ministerios. Poder Ejecutivo Nacional.

La exigencia legal de conservar documentos, registros o datos, conforme a la legislación vigente en la materia, queda satisfecha con la conservación de los correspondientes documentos digitales firmados digitalmente. Los documentos, registros o datos electrónicos, deberán ser almacenados por los intervinientes o por prestadores de servicios de confianza aceptados por los intervinientes, durante los plazos establecidos en las normas específicas. La conservación de documentos, registros o datos en formato electrónico deberá garantizar su integridad, accesibilidad y disponibilidad.⁴

Actividad del cliente

Está determinada por el artículo séptimo del decreto 656/94, que determina que se constituye como servicio público de transporte de pasajeros, urbano o suburbano, “todos aquellos que tengan por objeto satisfacer con continuidad, regularidad, generalidad, obligatoriedad y uniformidad, en igualdad de condiciones para todos los usuarios, las necesidades comunitarias de carácter general en materia de transporte.”⁵

TICs

El desarrollo detrás de la tecnología blockchain se apoya en varios autores. Uno de los primeros trabajos que gestó las bases del concepto fue el de los científicos W. Scott Stornetta y Stuart Haber (1991). En su investigación proponen “procedimientos computacionalmente prácticos para documentos digitales con sello de tiempo para hacer inviable para un usuario modificar hacia atrás o hacia adelante la fecha de dichos documentos, incluso con la alteración del servicio de estampas de tiempo”. Esto resulta importante dado que “mantiene la completa privacidad de los documentos en sí mismos, y no requiere mantenimiento de registros por el servicio de estampas de tiempo” (p. 1).

El debut inicial de las blockchain como hoy se conocen se suscitó en enero de 2009, con el lanzamiento de Bitcoin (Preukschat, 2017). Este sistema se constituyó como:

El caso más importante del género llamado “monedas virtuales”, las cuales han sido definidas como una representación digital de valor que puede ser

⁴ Art. 3. Decreto 182/19. Firma Digital. Secretaría de Gobierno de Modernización.

⁵ Art. 7. Decreto 656/94. Autotransporte Público de Pasajeros. Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos.

intercambiada digitalmente, y que funcionan como un medio de cambio, y/o una unidad de cuenta, y/o almacenamiento de valor, pero que no tienen curso legal en ninguna jurisdicción, sino que cumplen con las funciones mencionadas sólo por acuerdo entre las partes. Además, el Sistema Bitcoin es el primer caso de las llamadas “criptomonedas”, que es una especie dentro del género “monedas virtuales” que incluye a los sistemas descentralizados que utilizan criptografía asimétrica de clave pública para su funcionamiento (Mora & Palazzi, 2019, p.116).

Si bien la blockchain del Sistema Bitcoin goza de gran importancia dado que ha sido la primera en aparecer y, además, es la de mayor envergadura actualmente (Mora & Palazzi, 2019), existen otras, entre las que destaca Ethereum, que entre 2013 y 2015 vió la luz, de la mano de Vitalik Buterin. Destaca por ser “la primera plataforma de desarrollo de aplicaciones descentralizadas basadas en una cadena de bloques pública y contratos inteligentes” (Mora & Palazzi, 2019, p.124). De este modo “a partir de la blockchain de Ethereum, surgió una segunda fase del fenómeno blockchain (...), mediante la cual se implementan los llamados “contratos inteligentes” ” (p.122).

La aproximación al concepto de Smart Contracts (Contratos Inteligentes, por sus siglas en inglés) se adjudica al criptógrafo Nick Szabo, quien desarrolló el mismo en varios trabajos (Mora & Palazzi, 2019). Al respecto, el autor señala:

La idea básica detrás de los contratos inteligentes es que muchos tipos de cláusulas contractuales (como colaterales, compromisos, delimitación de derechos de propiedad, etc.) pueden ser embebidos en el hardware y en el software con el que trabajamos, de manera tal que el incumplimiento del contrato (y si se quiere a veces de manera prohibitiva) sea costoso para el infractor (Szabo, 1997, <https://bit.ly/2ySGq3S>).

Por otro lado, Pascual (como se citó en Valencia, 2019) manifiesta que “la gran aportación de los Smart Contracts es que no tenga que haber un tercero que verifique si los hechos han sucedido o no”. Así, esto permite “nuevas formas de formalizar y securizar relaciones digitales que son mucho más funcionales que sus inanimados ancestros en papel” (Szabo, 1997, <https://bit.ly/2ySGq3S>). En esta línea afirman Mora y Palazzi (2019) que “para el cumplimiento de los contratos inteligentes hace falta muchas veces también una fuente

externa de información, para corroborar si algo relevante ha ocurrido o no, y activar así la función “si ocurre esto, haz eso” (p. 129). Es por ello que resulta útil la tecnología NFC, por sus siglas en inglés, que refieren a Comunicación de Campo Cercano.

NFC, de acuerdo cómo lo expresa Fernández (2014) es:

Una tecnología sin cables de corto alcance que, basada en la tecnología RFID, permite realizar una comunicación simple, intuitiva y segura entre dos dispositivos que se encuentran a una distancia de pocos centímetros. Esta tecnología, NFC, es la combinación entre RFID (Identificación por Radio Frecuencia) y la tecnología Smart Cards (implementada en aquellas tarjetas que requieren contacto, como las tarjetas de pago, GSM de telefonía, etc.) con el propósito de crear una forma de comunicación, identificación, elaboración de pagos y almacenamiento de datos mucho más segura para los dispositivos electrónicos móviles (p. 2).

Uno de los estándares utilizados en esta tecnología es el NFCIP-1 (Bateman, Cortés, Cruz, & Paz, 2020). Se trata de un protocolo que hace posible “la comunicación inalámbrica entre dos entidades (punto a punto): aplicaciones de red y dispositivos electrónicos” (p. 74). La importancia de esta tecnología radica en su corto radio de acción, debido a que “resulta idóneo para atender servicios que impliquen una necesaria privacidad, y al estar tan cerca ambos dispositivos se evitan los errores en la comunicación y se asegura una mayor eficacia en la transmisión de datos” (p. 74).

Competencias

En la actualidad en nuestro país no existen soluciones para el pago del boleto del transporte público que combinen una base de datos descentralizada como blockchain, Smart Contracts y NFC. Sí se encuentra generalizada la solución SUBE⁶, que combina una tarjeta con tecnología RFID, de la cual se presentan a continuación sus características, junto con otras soluciones reconocidas a nivel mundial que servirán de referencia:

⁶ Art. 1. Resolución 533/2012. Boleto Electrónico. Ministerio del Interior y Transporte.

Nombre de la solución	Características principales
Octopus ⁷ (Hong Kong)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema que utiliza tarjetas inteligentes sin contacto, Sony Felica de 1 KB de memoria (no siguen el estándar ISO 14443) - Integración con ferris, buses, trenes, taxis, tranvías, funiculares, combis y coaches (buses especiales de horario predeterminado). - También se integra en parquímetros y para compras de bajo monto en centros comerciales, como medio de acceso a edificios públicos, y permite el control de asistencia en universidades y escuelas. - Además, asigna tarjetas diferentes para diferentes grupos tarifarios (niños entre 3 y 11 años, adultos y mayores de 60 años).
Oyster Card ⁸ (Londres)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema que utiliza tarjetas inteligentes sin contacto, Philips Mifare de 1KB de memoria, siguiendo el estándar ISO 14443. - Se integra para subtes, trenes, buses y tramlink. - Integra un esquema tarifario por zonas (mediante checkin - checkout) para trenes y subtes, y en buses y trenes urbanos es con tarifa plana.
Bilhete Único ⁹ (Sao Paulo y Río de Janeiro)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema que fue desarrollado mediante tarjetas Philips Mifare de 1KB de memoria, siguiendo el estándar ISO 14443. - Lanzado para colectivos en principio, aunque luego integró el metro y el tren.

⁷ <https://www.octopus.com.hk/>

⁸ <https://oyster.tfl.gov.uk/>

⁹ <http://www.sptrans.com.br>

	<ul style="list-style-type: none"> - Integra un esquema tarifario por tiempo (una tarifa determinada, por hasta 4 viajes en un período de tres horas). Además, a cada grupo tarifario se le asigna una tarjeta diferente (para estudiantes y maestros, jubilados y usuarios con movilidad reducida).
<p>SUBE¹⁰ (Argentina)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema Único de Boleto Electrónico que utiliza una tarjeta inteligente sin contacto Mifare Philips de 1KB de memoria, siguiendo el estándar ISO 14443. - La tarjeta es de tipo “valor almacenado” (la carga realizada es grabada en la memoria de la tarjeta). Por ello, para el funcionamiento de toda la infraestructura del sistema se requiere también de: “lectograbadoras” para conformar la red de recarga, “validadoras” de las transacciones en los colectivos y “concentradores de transacciones” que permiten que se descarguen las transacciones almacenadas en las validadoras. - El sistema se integra para viajes en colectivos, subtes y trenes. - Se encuentra prácticamente difundida en todo en ámbito nacional, con algunas excepciones como en las ciudades de Córdoba, Santiago del Estero, Tucumán, Misiones y en algunas localidades más distantes.

Tabla 1. Competencias más importantes. Fuente: elaboración propia.

Diseño metodológico

Herramientas tecnológicas

Para la obtención de los servicios y las restricciones que cualquier sistema debe cumplir es que se requiere obtener un listado de sus requerimientos. Al hablar de estos

¹⁰ <https://www.argentina.gob.ar/sube>

requerimientos nos referimos a “las necesidades de los clientes por un sistema que atienda cierto propósito” (Somerville, 2011, p.83). De este modo, la Ingeniería de Requerimientos refiere “al proceso de descubrir, analizar, documentar y verificar estos servicios y restricciones” (p. 83). Dada la importancia de determinar con precisión los requerimientos del sistema, es que se utilizó este mecanismo.

Desde el punto de vista del modelo de desarrollo a utilizar, el proyecto se lleva a cabo siguiendo el framework Scrum de desarrollo ágil de software. De acuerdo con Schwaber & Sutherland (2017), Scrum “es un marco de trabajo para desarrollar, entregar y mantener productos complejos” (p. 3). En la praxis los autores manifiestan:

El marco de trabajo Scrum consiste en los Equipos Scrum y sus roles, eventos, artefactos y reglas asociadas. Cada componente dentro del marco de trabajo sirve a un propósito específico y es esencial para el éxito de Scrum y para su uso (p. 3).

De esta manera, este framework se caracteriza por dividir la organización en equipos pequeños de trabajo, auto-organizados; dividir el trabajo en una lista de entregables de tamaño reducido y muy concretos; dividir el tiempo en iteraciones cortas de longitud fija (llamados Sprints), de entre 1 y 4 semanas, con entregas programadas que luego serán inspeccionadas; y finalmente buscando la optimización del proceso, revisando cada iteración (Kniberg & Skarin, 2010).

Para acompañar el desarrollo y hacerlo más transparente en las diferentes iteraciones del proceso de Scrum es que se utilizarán artefactos de UML como técnica de modelado. De acuerdo con lo que manifiestan Nuno, et al. (2016) en ambientes de trabajo como los que plantea Scrum “un buen modelado de requerimientos, incluyendo el uso de modelos UML, puede ser ventajoso. (...) Existe aquí una necesidad de sincronización de esfuerzos que puede realizarse bien utilizando artefactos como una arquitectura” (p. 482).

Por UML (Lenguaje de Modelado Unificado, por sus siglas en inglés), se entiende “un lenguaje visual” (Jacobson, Booch, & Rumbaugh, 2000, p. 27) que goza de unas características y define “reglas sintácticas que especifican cómo combinar elementos del lenguaje” (p. 27). Siguiendo a los mismos autores en otra de sus obras:

Es un lenguaje de modelado visual que se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software. Captura de-

cisiones y conocimiento sobre los sistemas que se deben construir. Se usa para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener, y controlar la información sobre tales sistemas. Está pensado para usarse con todos los métodos de desarrollo, etapas del ciclo de vida, dominios de aplicación y medios (Rumbaugh, Jacobson, & Booch, 2000, p. 3).

En este sentido, se utiliza durante el desarrollo diagramas de clases, diagramas de casos de uso, diagrama de secuencia, diagrama de comunicación, diagrama de entidad – relación y diagrama de despliegue.

En el análisis y diseño del sistema se sigue el Paradigma Orientado a Objetos. En él “las entidades del mundo se denominan clases, y serán los elementos básicos del diseño y la posterior implementación” (Villalobos & Casallas, 2006, p. 15). Las clases, a su vez, poseen atributos, que son “las características que las describen” (p. 17). Además, las clases prestan servicios a las demás clases, denominados métodos. Ellos se utilizan para “resolver un problema puntual, dentro del contexto del problema global que se quiere resolver” (p. 34). En este sentido, como lenguaje de programación se utiliza Java¹¹, “que es un lenguaje orientado a objetos muy difundido” (p. 8).

Para el desarrollo de Contratos Inteligentes se suele utilizar “un lenguaje de programación llamado “solidity^{12” “ (Mora & Palazzi, 2019, p. 125), que está diseñado para desarrollar los Smart Contracts para ser corridos sobre la Máquina Virtual de Ethereum (Ethereum, 2020).}

Para el modelado de los datos, se tiene en cuenta el concepto de Bases de Datos Relacional como lo entienden Reinoso, Maldonado, Muñoz, Damiano, & Abrutsky (2012):

El concepto fundamental, en el Modelo Relacional, es que los datos se representan de una sola manera, en el nivel de abstracción que es visible al usuario, y es, específicamente, como una estructura tabular —conformada por filas y columnas— o como una tabla con valores. A esta estructura se la denomina formalmente relación (p. 27).

En este sentido una base de datos, de acuerdo con lo expresado por Reinoso et al., (2012), “es un conjunto de datos estructurados y definidos a través de un proceso específico,

¹¹ <https://www.java.com/>

¹² <https://github.com/ethereum/solidity>

que busca evitar la redundancia, y que se almacenará en algún medio de almacenamiento masivo, como un disco”. Es por tanto que el diseño de software utilizando bases de datos relacionales ofrece, como ventajas, “seguridad, consistencia, gestión del acceso concurrente por parte de cientos y miles de usuarios simultáneamente, acceso remoto, interoperabilidad, entre otras” (p. 38). Como sistema de gestión de base de datos se utiliza MySQL¹³.

Herramientas de recopilación de datos

Las herramientas de recopilación de datos utilizada principalmente son la observación y el análisis de documentación relacionada, como planillas de turnos, supervisores y choferes en empresas prestadoras de servicios de transporte.

Diagrama de Gantt – Planificación

Todo el desarrollo de todo el trabajo se organiza de acuerdo con la siguiente planificación:

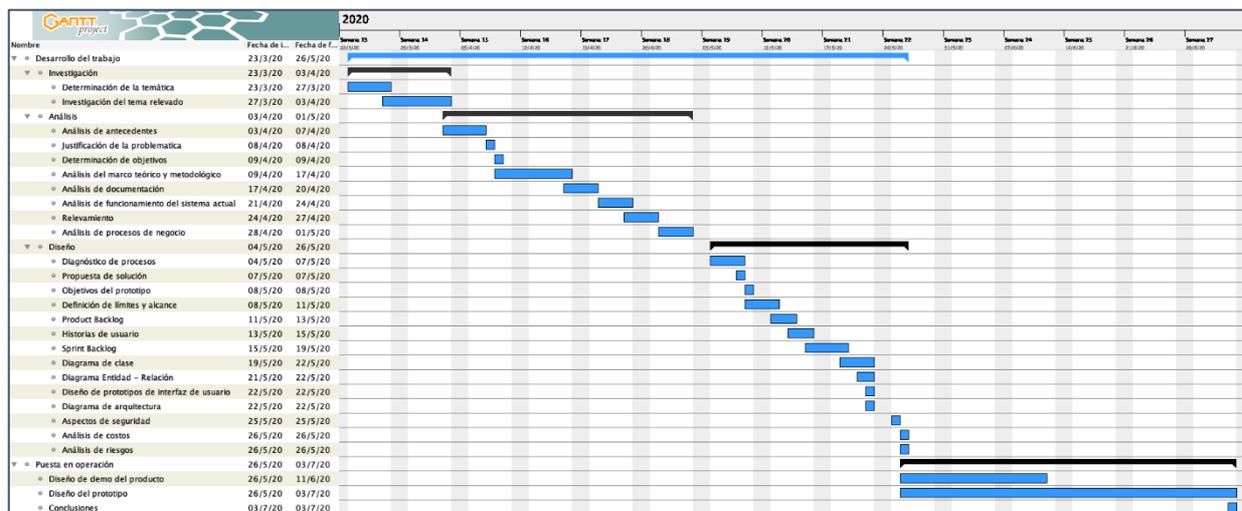


Ilustración 1. Diagrama de Gantt del Trabajo. Fuente: GanttProject (Versión 2.8.11)[software]. (2020). Obtenido de <http://www.ganttproject.biz>

¹³ <https://www.mysql.com>

Relevamiento

Para el proyecto no se toma como referencia una única empresa, sino que se lleva a cabo sobre una empresa modelada, a partir del análisis documental y la observación del funcionamiento habitual de las organizaciones del rubro.

Relevamiento estructural

El sistema actual presente en la mayoría de las líneas de buses del país, y por tanto en esta empresa modelada, funciona mediante el sistema SUBE. A nivel del usuario final se cuenta con tarjetas sin contacto de circuito integrado, tipo Mifare de 1 KB de memoria, las cuales almacenan el saldo que el cliente posee. Para el proceso de carga, recarga y consulta, se cuenta con un método de interacción segura con las tarjetas denominado Lectograbador SUBE, acompañado con un Módulo de Seguridad (SAM). Estos se encuentran dispersos en los diferentes puntos de carga, por lo general tercerizados en comercios y almacenes pequeños. Los mismos están preparados para ser integrados en diferentes entornos, como pueden ser sistemas POS, PC convencionales, expendedoras, entre otros.

Todas las unidades de transporte (se las referenciará de ahora en más sólo como *unidades*) cuentan con equipos Validadores. Estos dispositivos gozan de las siguientes características: un lector de tarjetas inteligentes sin contacto, 1 o 2 zócalos para insertar módulos SAM, un visor de 2 líneas por 16 caracteres que muestra los datos del equipo, fecha y hora actual, tarifa a cobrar y demás información útil al usuario; indicadores luminosos y audibles que indican el resultado de la transacción actual, memoria interna de 1 MB como mínimo, memoria de almacenamiento tipo flash con 4 MB o superior para el almacenamiento de unos 10 días de transacciones, un puerto serial RS232 y uno RS485 para interconexión con otros equipos. Además, incluye mecanismos anticolidión para evitar cobros múltiples ante la presencia de más de una tarjeta en el radio de alcance del validador, y un módulo GPS para georeferenciar las transacciones.

En las terminales de las empresas de transporte se cuenta con equipos Concentradores de Descarga de Transacciones, que se comunican mediante conexión WiFi a

los Validadores a Bordo de las unidades para la descarga de datos tras cada regreso al garaje. Estos son equipos tipo PC convencionales de prestaciones medias.

Para la concreción del proyecto se utilizó los equipos existentes a nivel de oficina, como los Concentradores de Descarga de Transacciones.

Además, fue necesario la adquisición de lectores NFC compatibles con el estándar ISO 14443 A y B y Mifare. De estos dispositivos son necesarios dos por cada unidad de transporte.

Relevamiento funcional

En el modelo de organización propuesto, se sigue una estructura jerárquica tradicional, como la siguiente:

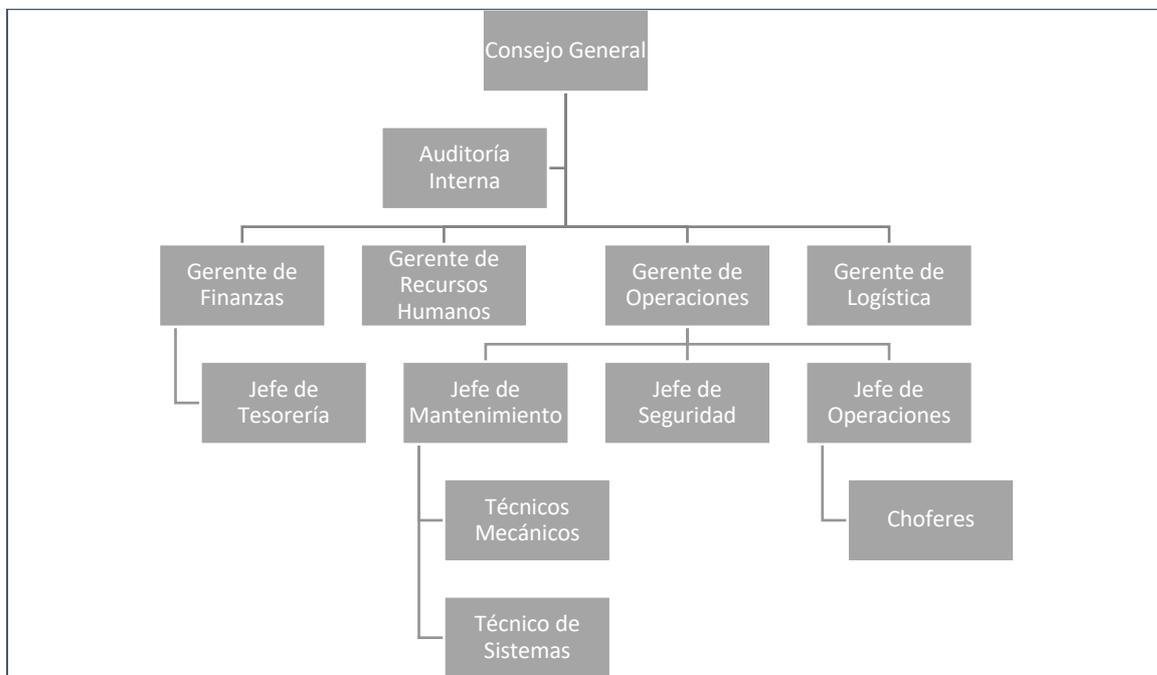


Ilustración 2. Organigrama de la empresa modelada. Fuente: elaboración propia

Las áreas afectadas por el proyecto son las dependientes de la Gerencia de Operaciones. La misma se encarga de todo lo referente al funcionamiento de la operatoria habitual de la empresa, para asegurar la consecución de los objetivos. Cuenta con las siguientes jefaturas:

- Jefe de Mantenimiento: lleva acabo las tareas de control del mantenimiento físico de las unidades rodantes, principalmente, e incorpora también la función de control del

correcto funcionamiento de los equipos Validadores y Concentradores de Descarga de Transacciones.

- Jefe de Seguridad: la seguridad a bordo de las unidades para choferes y pasajeros, incluyendo también la seguridad del equipamiento físico de los mismos. Coordina aspectos técnicos de la seguridad de los sistemas con el Jefe de Mantenimiento.
- Jefe de Operaciones: supervisa las operaciones de las unidades y de los choferes, y coordina con la Gerencia de Logística tramos, circuitos y recorridos de estos. Además, es el encargado de la supervisar las salidas y los arribos de las unidades al garaje de la terminal de la empresa.

Del presente relevamiento funcional surge el relevamiento de procesos de negocio involucrados.

Proceso: recoger pasajero.

Roles: cliente, chofer.

Pasos:

1. El cliente solicita arribar a la unidad mediante una señal preestablecida.
2. El chofer reconoce la solicitud del cliente y detiene la misma
3. El chofer abre la puerta de la unidad.
4. El cliente ingresa a la unidad.

Proceso: cobrar boleto.

Roles: cliente, chofer.

Pasos:

1. El cliente comunica al chofer cuál es el destino al que se dirige, de manera de que el chofer pueda establecer la tarifa.
2. El chofer selecciona el importe de la tarifa en el teclado dispuesto para tal fin.
3. El cliente aproxima su tarjeta al Validador y éste descuenta el importe.

Proceso: despachar pasajero.

Roles: cliente, chofer.

Pasos:

1. El cliente solicita descender de la unidad una vez que ha llegado al destino deseado, mediante el timbre dispuesto a tal fin.
2. El chofer procede a detener la unidad en la próxima parada habilitada y a abrir las puertas de esta.
3. El cliente desciende de la unidad.
4. Tras asegurar que el pasajero está seguro, el chofer procede a cerrar la puerta de la unidad.
5. El chofer, finalmente, retoma la marcha por el recorrido establecido.

Proceso: rendir recorrido.

Roles: chofer, encargado de operaciones.

Pasos:

1. Tras completar el recorrido establecido para la unidad, el chofer retorna al garaje de la terminal de la empresa a fin de rendir las transacciones.
2. El encargado de operaciones, que aguarda en la entrada del garaje, recibe la unidad.
3. El encargado anota en la planilla del encargado la hora de finalización del recorrido y cualquier novedad habiente.
4. El encargado asigna a la unidad una bahía disponible e indica al chofer que puede ingresar.
5. El chofer estaciona la unidad en la bahía establecida.
6. El chofer presiona en su teclado la función Rendir, que inicia el proceso de transmisión de transacciones desde el vehículo hacia el Concentrados de Descarga de Transacciones.
7. El chofer firma y completa la Planilla del Conductor, con los datos de inicio y fin del recorrido.
8. El chofer firma la planilla del encargado de operaciones.
9. El encargado de operaciones confirma la correcta recepción de transacciones, y dispone la unidad para un nuevo recorrido.

Relevamiento de documentación

Entre la documentación asociada a los procesos de negocio de la empresa, se encuentran la Planilla del Chofer y la Planilla del Encargado de Operaciones. La primera de ellas es mantenida por el conductor durante toda su jornada laboral. La misma es completada a medida que finaliza cada recorrido, con los datos de inicio y fin de este, y consignando cualquier novedad que acontezca. Tras la finalización de un recorrido y abordar una nueva unidad, el chofer lleva consigo la planilla para continuar la carga de datos. Finalmente, al finalizar su jornada laboral, el chofer entrega la planilla firmada al Encargado de turno.

La planilla del Encargado de Operaciones, por su parte, recoge los diferentes tramos recorridos por cada chofer, con los datos de duración de estos. Es de utilidad para condensar en un único documento todas las operaciones del día y realizar las auditorías correspondientes para mejorar la calidad del servicio.

Ambos documentos se encuentran incluidos en el Anexo 1.

Proceso de negocios

En concordancia con el relevamiento realizado de los procesos de negocio, se presenta el siguiente esquema que los agrupa.

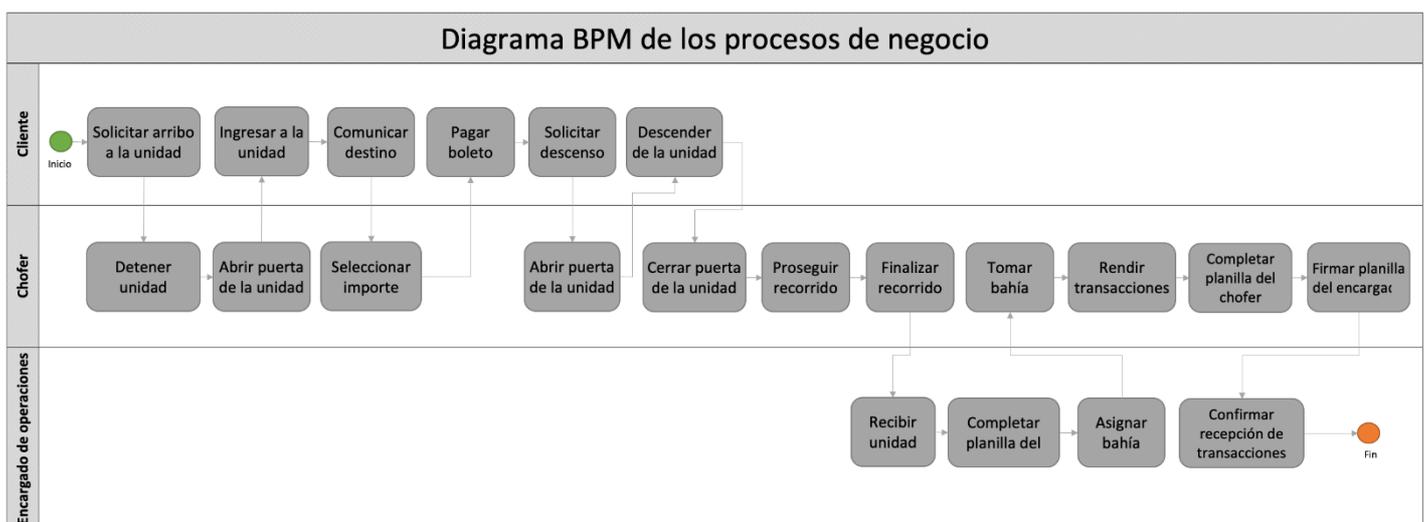


Ilustración 3. Diagrama BPM de los procesos de negocio. Fuente: elaboración propia.

Diagnóstico y Propuesta

Diagnóstico

En cada uno de los procesos descritos se presenta un procedimiento sencillo y efectivo para cumplir con su objetivo de negocio. Sin embargo, se presentan algunos problemas de estos y sus causas a continuación.

Proceso: recoger pasajero

Problema: no se posee registro de dónde ha sido recogido un pasajero.

Causa: esto es debido a que el proceso actual no permite capturar información de los puntos donde el cliente solicita el servicio, de manera tal de ofrecer datos útiles para el mejoramiento de la calidad de éste. Si se quisiera contar con esta información sólo es posible obtenerla mediante la consulta a los choferes de las unidades.

Proceso: recoger pasajero

Problema: no permite saber con exactitud cuál es el recorrido que efectúa una unidad ni cuánto falta para el arribo del próximo vehículo.

Causa: el proceso actual no ofrece un mecanismo de captura y entrega de información en tiempo real para la consulta del estado del servicio, de las unidades ni de estimaciones de demora de los vehículos o de duración del viaje, de manera de contar con información relevante para el usuario.

Proceso: cobrar boleto

Problema: el cobro del boleto requiere de un tercero que audite su cumplimiento.

Causa: el proceso no ofrece un mecanismo que valide si el cliente que abordó a la unidad ha pagado o no el pasaje, por lo que requiere que el chofer controle el proceso por cada pasajero y también que un auditor verifique el correcto cumplimiento.

Proceso: cobrar boleto.

Problema: el control tarifario es impreciso.

Causa: dado que el proceso actual se configura con tarifas por tramos preestablecidos, anula toda posibilidad de que el cliente pague el monto justo por la distancia recorrida, de modo tal que dos clientes dentro del mismo tramo, pero recorriendo la mitad de éste, por ejemplo, pagarán el mismo importe.

Proceso: cobrar boleto.

Problema: el sistema no ofrece posibilidades de modificar el contrato inicial.

Causa: dado que el cliente abona la totalidad del pasaje al inicio del recorrido, si éste debe abandonar el mismo por cualquier inconveniente, el sistema no ofrece la posibilidad de devolver la parte proporcional del viaje no consumido.

Proceso: despachar pasajero.

Problema: no puede efectuarse un control adecuado del punto en el cual debe bajar el cliente.

Causa: el proceso actual obliga al chofer a controlar que cada pasajero descienda en el límite del tramo por el cual pagó. Es decir que es posible que un cliente abone por un tramo de menor costo y continúe su viaje hacia un tramo de mayor importe, violando así las reglas de negocio establecidas.

Proceso: rendir recorrido

Problema: el sistema actual no ofrece datos en tiempo real que beneficie la toma de decisiones.

Causa: dado que el sistema actualmente implementado requiere de la finalización del recorrido para realizar la rendición, en la cual se vuelcan los datos de los pasajes abonados por los clientes. Esto puede verse demorado si se presenta alguna falla que impida la descarga de datos, dilatando así más la disponibilidad de datos para obtener información útil.

Proceso: rendir recorrido.

Problema: no ofrece la posibilidad de analizar en detalle los datos del servicio prestado para hacer mejoras en el mismo.

Causa: falta de un mecanismo para la recolección de datos útiles sin violar la privacidad de los usuarios, como conocer qué paradas son las más concurridas para reajustar la oferta de manera dinámica, determinar horarios de mayor y menor afluencia, conocer en qué momentos las unidades están realizando viajes poco productivos, entre otros.

Propuesta

Para dar respuesta a la problemática planteada en cada proceso de negocio, se propuso el desarrollo de un sistema que permita la administración y gestión del pago del pasaje del transporte público por parte del cliente, que se encuentre libre de intermediarios y de requerimientos de controles externos y satisfaga la necesidad de información para la toma de decisiones, tanto de las empresas prestadoras del servicio, como del propio usuario.

Objetivos, Límites y Alcances del Prototipo

Objetivos del prototipo

Ejecutar y administrar el pago del servicio de transporte público de pasajeros, y generar información útil y oportuna para la mejora del servicio.

Límites

El prototipo contempla desde que el cliente sube al transporte y paga el boleto, hasta que finaliza su viaje y desciende de la unidad.

Alcance

El prototipo cubre los siguientes procesos:

- Registrar usuario del servicio;
- Cobrar pasaje del usuario;
- Registrar recorrido realizado;
- Devolver saldo a favor del cliente;

No contempla el registro medios de pago y la carga de saldos para que el usuario abone el servicio, sino que se dan por supuestos para los fines del prototipo. Además, tampoco se aborda la programación de la blockchain, sino que ésta será simulada.

Descripción del sistema

Product Backlog

Las historias de usuario que se presentan muestran las funcionalidades principales del sistema. Sin embargo, se asignaron al Sprint aquellas que pertenecen al núcleo del negocio y que fueron incorporadas al desarrollo. Éstas últimas se observan con estatus *en progreso*.

ID	Historia de Usuario	Dependencia	Asignado a Sprint	Estatus	Prioridad
US-001	Como un cliente necesito registrarme como un usuario nuevo		Si	En progreso	Media
US-002	Como un cliente necesito ver mis datos de registro	US-001	Si	En progreso	Media
US-003	Como un cliente necesito consultar mi saldo	US-001	Si	En progreso	Media
US-004	Como un cliente necesito ver mis viajes realizados	US-001	No	No iniciado	Baja
US-005	Como un cliente necesito consultar horarios de un recorrido	US-001	Si	En progreso	Media
US-006	Como un cliente necesito saber el tiempo de espera hasta la próxima unidad	US-001	Si	En progreso	Media

US-007	Como un cliente necesito saber el recorrido que realiza una unidad	US-001	Si	En progreso	Media
US-008	Como un cliente necesito conocer la ubicación actual de una unidad	US-001	No	No iniciado	Media
US-009	Como un cliente necesito conocer el importe máximo del boleto de un recorrido	US-001	Si	En progreso	Alta
US-010	Como un cliente necesito registrar el ingreso a la unidad	US-001	Si	En progreso	Alta
US-011	Como un cliente necesito registrar la finalización de mi viaje	US-001 US-010	Si	En progreso	Alta
US-012	Como un cliente necesito modificar mi contraseña	US-001	No	No iniciado	Media
US-013	Como un cliente necesito restablecer mi contraseña	US-001	No	No iniciado	Media
US-014	Como un chofer necesito controlar que el usuario ha sido validado	US-001 US-010	Si	En progreso	Alta

Tabla 2. Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Historias de usuario

A continuación, se presentan en detalle las historias de usuario que representan funcionalidades del núcleo del negocio.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-001		
Rol		Como un cliente		
Requerimiento		Necesito registrarme como un usuario nuevo		
Motivo		Con la finalidad de acceder al servicio de transporte		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Documento ya registrado	En caso de que el documento ya se encuentre registrado en el sistema	cuando el cliente ingrese su DNI en el campo documento	el sistema mostrará un mensaje de error
2	Contraseña inválida	En caso de que la contraseña sea menor a 6 caracteres alfanuméricos	cuando el cliente ingrese una contraseña nueva	el sistema mostrará un mensaje de error indicando ingresar una contraseña alfanumérica mayor a 6 dígitos.
3	Contraseña válida	En caso de que la contraseña sea mayor a 6 caracteres alfanuméricos	cuando el cliente ingrese una contraseña nueva	el sistema mostrará el contrato de servicio a ser aceptado por el cliente
4	Aceptación del contrato de servicio	En caso de que el cliente acepte el contrato de servicio	cuando el cliente presione el botón de aceptación de los términos y condiciones	el sistema mostrará una confirmación de registro exitoso

Tabla 3. Historia de usuario US-001. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-002		
Rol		Como un cliente		
Requerimiento		Necesito ver mis datos de registro		
Motivo		Con la finalidad de cargar o modificar un dato permitido		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado

1	Correo electrónico duplicado	En caso de que el correo ya esté registrado	cuando el cliente ingrese un nuevo correo electrónico	el sistema mostrará un mensaje de error de correo duplicado
2	Correo electrónico inválido	En caso de que el correo presente un formato erróneo	cuando el cliente ingrese un nuevo correo electrónico	el sistema mostrará un mensaje de error de caracteres inválidos

Tabla 4. Historia de usuario US-002. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-003		
Rol		Como un cliente		
Requerimiento		Necesito consultar mi saldo		
Motivo		Con la finalidad de saber si puedo realizar viajes		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Saldo inexistente	En caso de que el cliente no haya realizado una carga de saldo aún a su cuenta	cuando el cliente acceda a la opción de consulta de saldo	el sistema informará que debe realizar una carga de saldo
2	Saldo disponible	En caso de que el cliente haya realizado una carga previa y posea saldo en su cuenta	cuando el cliente acceda a la opción de consulta de saldo	el sistema mostrará el saldo disponible

Tabla 5. Historia de usuario US-003. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-005		
Rol		Como un cliente		
Requerimiento		Necesito consultar horarios de un recorrido		
Motivo		Con la finalidad de conocer en qué momento puedo acceder al servicio que necesito		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado

1	Frecuencia interrumpida	En caso de que el recorrido seleccionado no esté disponible	cuando el cliente seleccione una línea y un recorrido	el sistema mostrará un mensaje informando que el recorrido está fuera de servicio
2	Frecuencia normal	En caso de que el recorrido seleccionado esté disponible	cuando el cliente seleccione una línea, un recorrido y la opción para ver los horarios	el sistema mostrará los horarios del recorrido seleccionado

Tabla 6. Historia de usuario US-005. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-006		
Rol		Como un cliente		
Requerimiento		Necesito saber el tiempo de espera hasta la próxima unidad		
Motivo		Con la finalidad de saber cuánto falta para acceder al servicio		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Frecuencia interrumpida	En caso de que el recorrido seleccionado no esté disponible	cuando el cliente seleccione una línea y un recorrido	el sistema mostrará un mensaje informando que el recorrido está fuera de servicio
2	Frecuencia normal	En caso de que el recorrido seleccionado esté disponible	cuando el cliente seleccione una línea, un recorrido y la opción para ver próxima unidad	el sistema mostrará el tiempo que falta hasta el arribo de la próxima unidad a la ubicación del cliente
3	Frecuencia irregular	En caso de que el recorrido seleccionado esté disponible a una frecuencia distinta a la habitual	cuando el cliente seleccione una línea, un recorrido y la opción para ver próxima unidad	el sistema mostrará el tiempo que falta hasta el arribo de la próxima unidad a la ubicación del cliente, comunicando que la unidad se presenta con retraso

Tabla 7. Historia de usuario US-006. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia	
ID Historia de usuario	US-007
Rol	Como un cliente
Requerimiento	Necesito saber el recorrido que realiza una unidad
Motivo	Con la finalidad de conocer si una unidad circula por donde necesito

Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Recorrido habitual de unidad	En caso de que el recorrido seleccionado esté disponible	cuando el cliente seleccione una línea, un recorrido y la opción para ver el recorrido que realiza una unidad	el sistema mostrará un mapa las calles que componen el recorrido de la unidad

Tabla 8. Historia de usuario US-007. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario	US-009			
Rol	Como un cliente			
Requerimiento	Necesito conocer el importe máximo del boleto de un recorrido			
Motivo	Con la finalidad de estimar el saldo con que debo contar en mi cuenta para iniciar un viaje			
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Tarifa actual	En caso de que el cliente esté registrado y haya iniciado la aplicación	cuando el cliente seleccione la opción para ver las tarifas	el sistema mostrará la tarifa máxima que puede llegar a cobrarse por el recorrido más largo, y el costo de cada kilómetro

Tabla 9. Historia de usuario US-009. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario	US-010			
Rol	Como un cliente			
Requerimiento	Necesito registrar el ingreso a la unidad			
Motivo	Con la finalidad de iniciar un viaje			
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado

1	Cliente inexistente	En caso de que el cliente no se haya registrado, no cuente con la aplicación instalada y configurada en su teléfono inteligente o no cuente con el mismo	cuando el cliente se aproxime al lector de ingreso de la unidad	el sistema no aceptará el ingreso del cliente
2	Saldo insuficiente	En caso de que el cliente esté registrado y cuente con su teléfono inteligente, pero no cuente con saldo suficiente para realizar el viaje	cuando el cliente se aproxime al lector de ingreso de la unidad	el sistema no aceptará el ingreso del cliente
3	Cliente validado	En caso de que el cliente esté registrado y cuente con su teléfono inteligente, y disponga de saldo suficiente para realizar el viaje	cuando el cliente se aproxime al lector de ingreso de la unidad	el sistema consulta al teléfono del cliente su identificación y el saldo disponible en su cuenta, e iniciará el contrato del servicio con esos datos y debitará el importe máximo del boleto

Tabla 10. Historia de usuario US-010. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario	US-011			
Rol	Como un cliente			
Requerimiento	Necesito registrar la finalización de mi viaje			
Motivo	Con la finalidad de que el sistema cobre el precio justo del pasaje por el recorrido efectivamente hecho			
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Dispositivo no detectado	En caso de que el sistema no detecte el teléfono del cliente o éste se encuentre apagado	cuando el cliente se aproxime al lector de egreso de la unidad	el sistema no podrá finalizar el contrato con el cliente por lo cual el mismo deberá realizarlo manualmente, sin que se le pueda hacer reintegro de la diferencia del boleto

2	Dispositivo detectado	En caso de que el sistema detecte el teléfono del cliente	cuando el cliente se aproxime al lector de egreso de la unidad	el sistema finalizará el contrato iniciado, calculando la distancia recorrida por el cliente y devolviendo al mismo el saldo que resultare a su favor.
---	-----------------------	---	--	--

Tabla 11. Historia de usuario US-011. Fuente: elaboración propia.

Enunciado de la historia				
ID Historia de usuario		US-014		
Rol		Como un chofer		
Requerimiento		Necesito controlar que el usuario ha sido validado		
Motivo		Con la finalidad de permitir el ingreso a la unidad		
Criterios de aceptación				
Nº	Título	Contexto	Evento	Resultado / Comportamiento esperado
1	Usuario no registrado	En caso de que el cliente no se haya registrado o no disponga de su celular	cuando el cliente intente registrar su ingreso a la unidad	el sistema debe mostrar una alerta sonora y visual de negación del ingreso
2	Saldo insuficiente	En caso de que el usuario esté registrado, pero no disponga de saldo suficiente en su cuenta	cuando el cliente intente registrar su ingreso a la unidad	el sistema debe mostrar una alerta sonora y visual de negación del ingreso
3	Saldo suficiente	En caso de que el usuario esté registrado y disponga de saldo suficiente en su cuenta	cuando el cliente intente registrar su ingreso a la unidad	el sistema debe mostrar una alerta sonora y visual de confirmación

Tabla 12. Historia de usuario US-014. Fuente: elaboración propia.

Sprint Backlog

Entre las historias del Product Backlog que representan el núcleo del negocio se priorizan las presentadas a continuación para ser realizadas en el primer Sprint. Las mismas están descompuestas en sus tareas relacionadas, e incluyen su respectiva prioridad.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-001	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito registrarme como un usuario nuevo	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Diseñar Smart Contract y su funcionalidad	No iniciado	Alta
5	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
6	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
7	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 13. Elemento US-001 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-002	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito ver mis datos de registro	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 14. Elemento US-002 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-003	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito consultar mi saldo	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 15. Elemento US-003 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-005	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito consultar horarios de un recorrido	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 16. Elemento US-005 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-006	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito saber el tiempo de espera hasta la próxima unidad	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 17. Elemento US-006 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-007	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito saber el recorrido que realiza una unidad	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 18. Elemento US-007 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-009	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito conocer el importe máximo del boleto de un recorrido	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 19. Elemento US-009 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-010	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito registrar el ingreso a la unidad	
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Diseñar Smart Contract y su funcionalidad	No iniciado	Alta
5	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
6	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media

7	Investigar conexión con API de módulo NFC de teléfonos inteligentes Android	No iniciado	Alta
8	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 20. Elemento US-010 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-011	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un cliente, necesito registrar la finalización de mi viaje	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media
3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Diseñar Smart Contract y su funcionalidad	No iniciado	Alta
5	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
6	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
7	Investigar conexión con API de módulo NFC de teléfonos inteligentes Android	No iniciado	Alta
8	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 21. Elemento US-011 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Sprint		1	
ID de ítem de product backlog		US-014	
Enunciado del ítem de Product Backlog		Como un Chofer, necesito controlar que el usuario ha sido validado	
Listado de tareas			
ID	Tarea	Estatus	Prioridad
1	Diseñar las clases correspondientes	En progreso	Alta
2	Diseñar e integrar al diagrama entidad-relación	En progreso	Media

3	Diseñar y codificar estructura de datos en base de datos relacional y descentralizada	En progreso	Alta
4	Realizar codificación de la funcionalidad	En progreso	Alta
5	Diseñar interfaz de usuario	En progreso	Media
6	Diseño de respuesta visual y sonora de confirmación	No iniciado	Baja
7	Realizar testings a nivel unitario y de integración	No iniciado	Media

Tabla 22. Elemento US-014 del primer Sprint, según Product Backlog. Fuente: elaboración propia.

Diagrama de clase

El diagrama de clases presentado a continuación modela la estructura estática de los objetos del sistema.

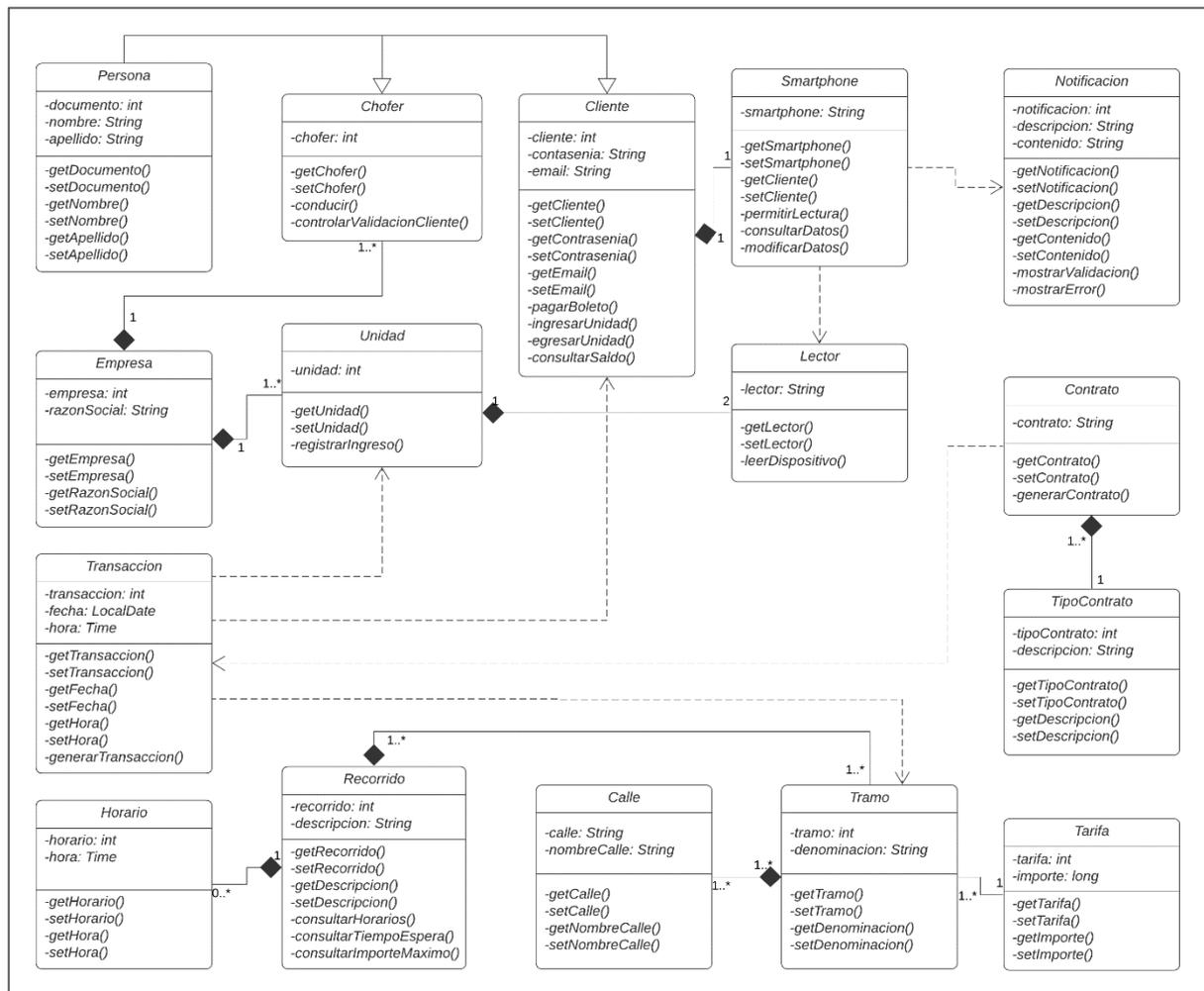


Ilustración 4. Diagrama de Clases. Fuente: elaboración propia.

Diagrama de entidad-relación

El diagrama de entidad-relación modela las estructuras de datos relacionales que se desarrollaron para el prototipado, de manera de facilitar la comprensión de dichas estructuras.

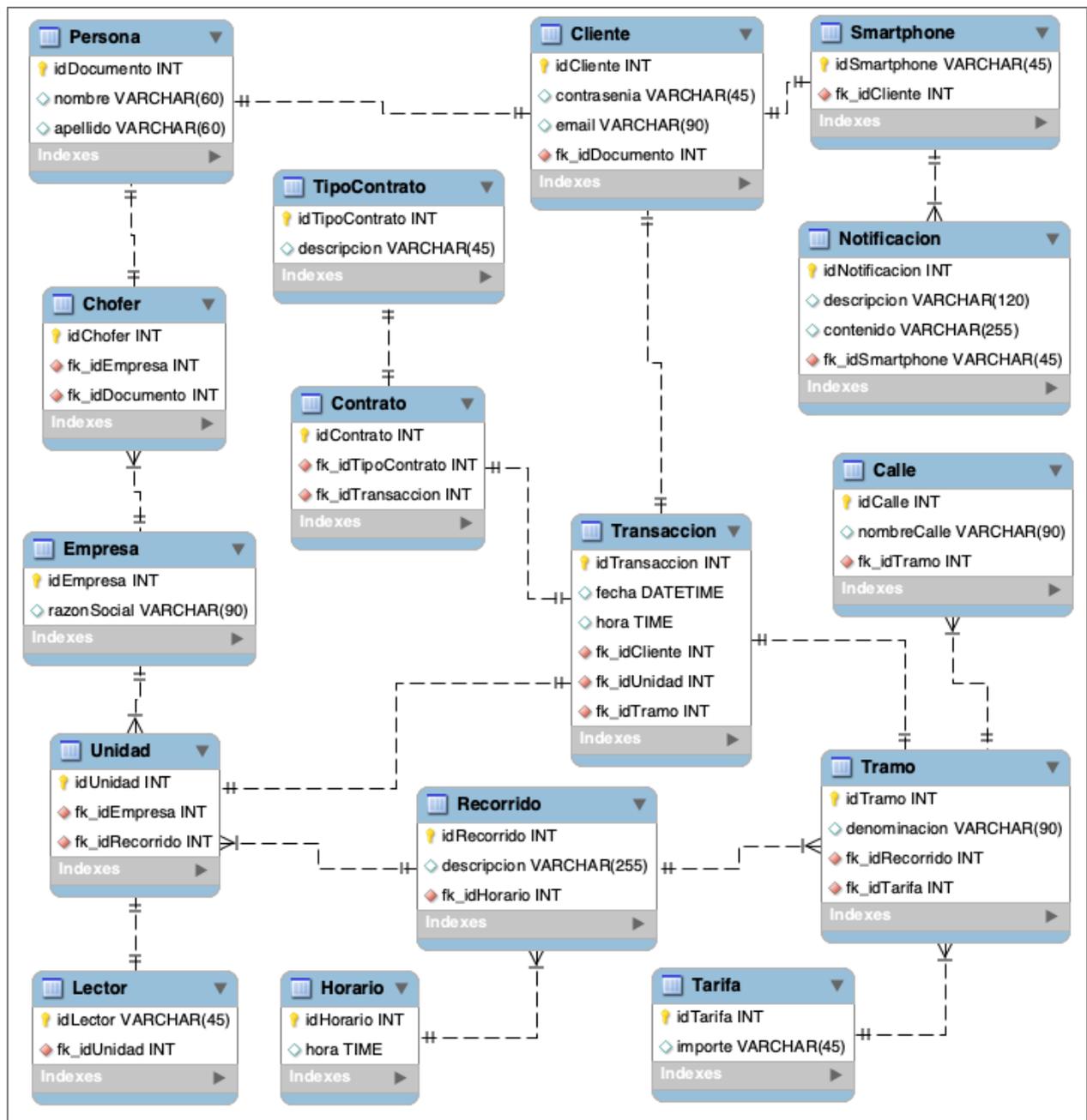


Ilustración 5. Diagrama Entidad Relación del Prototipo. Fuente: elaboración propia.

Prototipos de interfaces de pantallas

Las pantallas del prototipo que se presentan a continuación representan un primer bosquejo del prototipo desarrollado para comprender las principales funcionalidades del núcleo del sistema.



Ilustración 6. Prototipo de pantalla de bienvenida. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 7. Prototipo de pantalla de registro. Fuente: elaboración propia.

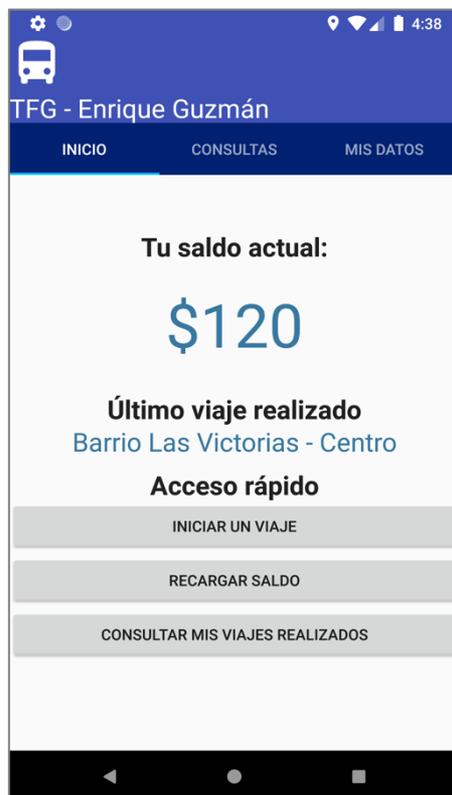


Ilustración 8. Prototipo de pantalla inicial. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 9. Prototipo de pantalla de Consultas Inicial. Fuente: elaboración propia.



Ilustración 10. Prototipo de pantalla de Consultas de recorridos. Fuente: elaboración propia.

Diagrama de arquitectura

El diagrama de arquitectura ofrece una mirada simplificada de cómo es el funcionamiento general del sistema detrás del prototipo.

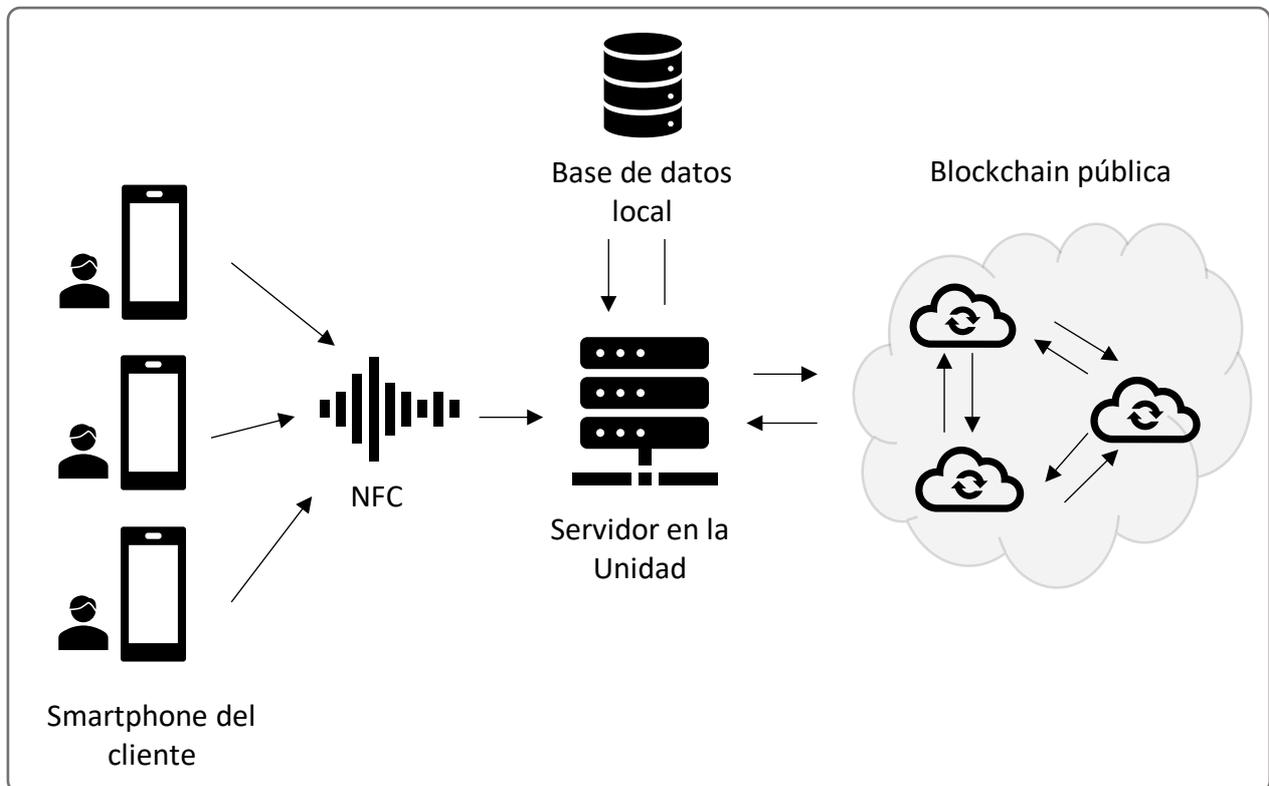


Ilustración 11. Diagrama de arquitectura del prototipo. Fuente: elaboración propia.

Seguridad

Acceso a la aplicación

Para el acceso a la aplicación, se presentan las siguientes consideraciones de seguridad.

Política	Detalle
1	El registro previo del usuario en el sistema es obligatorio para el uso del servicio.
2	La clave del usuario permanece encriptada en el teléfono del usuario mediante funciones hash SHA-256, y no es accedida o consultada por ningún servidor externo.

3	El sistema ofrece dos perfiles de usuario: cliente y administrador.
4	El perfil cliente ofrece acceso al usuario del servicio de transporte público para visualizar la información de este y sus datos personales.
5	El perfil de administrador permite realizar tareas de mantenimiento sobre la plataforma en cada empresa prestadora del servicio, como recorridos, horarios, tarifas, entre otros.
6	La contraseña del usuario, independientemente del perfil ocupado, no puede ser inferior a 6 caracteres alfanuméricos.
7	La contraseña del usuario debe contener al menos una mayúscula y al menos un número.
8	El registro del viaje del cliente requiere que su teléfono se encuentre con la aplicación abierta para mostrar su conformidad.
9	La aplicación exige volver a iniciar sesión tras 5 minutos de inactividad.

Tabla 23. Políticas de acceso a la aplicación. Fuente: elaboración propia.

Política de respaldo de la información

Para mantener la disponibilidad e integridad de la información, se prevé la siguiente política de respaldo.

Política	Detalle
1	Al contar el proyecto con una base de datos descentralizada, la base de datos se replica en todos los nodos que la conforman, uno por cada empresa prestataria del servicio de transporte.
2	Cada unidad cuenta con una base de datos central de carácter temporal que luego se replica en cadena de bloques cada 10 minutos.
3	La base de datos temporal de las unidades cuenta con una replicación en vivo en la misma unidad para cualquier contingencia.
4	En las centrales de las empresas prestadoras de servicios de transporte, la base de datos de los nodos es respaldada diariamente en un servidor secundario de base de datos local.

- 5 A su vez se cuenta con un servicio de respaldo incremental en la nube con hosting privado que se ejecuta diariamente.

Tabla 24. Política de respaldo de la información. Fuente: elaboración propia.

Análisis de costos

Se presentan en este apartado los costos de desarrollo y operativos del proyecto para su puesta en funcionamiento. Los mismos están expresados en pesos argentinos.

Honorarios de desarrollo

Para la valoración de los siguientes honorarios se toma como referencia las estimaciones que ofrece el Consejo Profesional de Ciencias Informáticas de la Provincia de Córdoba en su web <https://www.cpcipc.org.ar/content/honorarios>, en sus valores mínimos de salarios, para enero del año 2020.

Perfil o Rol	Cantidad	Salario Mensual	Salario total para la finalización del proyecto (4 meses)
Analista	1	70197	280788
Ingeniero de software	1	89470	357880
Programador Android	1	78004	312016
Administrador de base de datos	1	70197	280788
Diseñador de UX/UI	1	61281	245124
TOTAL			1476596

Tabla 25. Salarios de recursos humanos para el desarrollo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Costos operativos

A continuación, se presentan los costos operativos de los recursos de hardware del proyecto.

Recursos de hardware	Cantidad	Costo unitario	Fuente	Total
Router LTE Teltonika RUT955	10	46852	https://www.handcell.com.ar/productos/rut955	468520
PC Gigabyte Brix Bri5h 8250U	20	52990	https://www.venex.com.ar/computadoras-y-servidores/mini-pcs/mini-pc-gigabyte-brix-bri5h-i5-8250u.html	1059800
Memoria RAM SO-DIM DDR4 960 GB	40	7999	https://www.venex.com.ar/componentes-de-pc/memorias-ram/memoria-sodimm-ddr4-16gb-kingston-2400mhz.html?keywords=memoria	319960
Disco SSD 1 TB Western Digital	20	12990	https://www.venex.com.ar/almacenamiento/discos-solidos-ssd/disco-solido-ssd-1tb-green-sata-iii-25.html	259800
Lector NFC XL D- Logic	20	8949,98	https://www.shopnfc.com/es/lectores-y-escritores-nfc/300-390-lector-nfc-xl-nfc-reader-de-largo-alcance.html	178999,6
Servidor Intel i7 9700F	1	99990	https://www.venex.com.ar/computadoras-y-servidores/pcs-de-escritorio/pc-intel-i7-8700-coffee-lake-8gb-1tb-wifi.html	99990
Notebook desarrollo ASUS X509JA	5	84999	https://www.gezatek.com.ar/tienda/notebooks/2407-notebook-asus-x509ja-intel-i3-1005-g1--4gb--1tb--156.html	424995

UPS APC 1200VA	2	41969	https://www.venex.com.ar/estabilizadores-ups-y-zapatillas/ups/ups-apc-back-ups-1200va-230v-br1200g.html?keywords=ups	83938
Servidor NAS SynologyDS418	1	61121	https://www.tanyx.com.ar/articulo.php?cod_articulo=DS418	61121
TOTAL				2957123,6

Tabla 26. Costos de recursos de hardware para el desarrollo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Del mismo modo, se presentan también los costos operativos de los recursos de software del proyecto.

Recursos de software	Cantidad	Costo	Fuente	Total
Licencia Windows 10 Profesional	5	12999	https://www.microsoft.com/es-ar/p/windows-10-pro/df77x4d43rkt?icid=Cat-SMB-Nav_2-W10Pro-092217-MSAR&activetab=pivot%3aoverviewtab	64995
Linux Centos OS 7	20	0	https://www.centos.org	0
Windows Server 2019 Standard	1	66047,40	https://www.microsoft.com/es-es/windows-server/pricing	66047,4
IntelliJ Idea Community Edition 2020.1.2	2	0	https://www.jetbrains.com/idea/buy/#commercial?billing=monthly	0
MySQL Community Server 8.0.20	20	0	https://dev.mysql.com/downloads/mysql/	0
MySQL Database Standard Edition 8.0.20	1	141084	https://shop.oracle.com/apex/f?p=dstore:2:0::NO:RIR,RP,2:PROD_HIER_ID:58095029061520477171389	141084
TOTAL				272126,4

Tabla 27. Costos de recursos de software para el desarrollo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Con lo cual se tiene un total de costos de \$4705846. Esto incluye el desarrollo del producto hasta su finalización, estimado en cuatro meses de trabajo, incluido su puesta en operación.

Análisis de riesgos

En el desarrollo del proyecto se presentan también los riesgos asociados al mismo. Los riesgos detectados a continuación se muestran con su probabilidad de ocurrencia, categorizados en alta, intermedia o baja, el grado de impacto que ejercería sobre el proyecto numerado del 1 al 5, siendo 1 el nivel más bajo y 5 el nivel más alto. También se añade una descripción de las acciones que se tomarían en caso de materializarse estos riesgos para mitigar su efecto.

Riesgos asociados al proyecto				Acciones de contingencia
Nro.	Descripción del riesgo	Probabilidad de ocurrencia	Grado de impacto sobre el proyecto	Descripción de la acción
1	Problemas en servidor de base de datos de las unidades	Media	5	1. En todas las unidades se añade un segundo servidor de replicación de la base de datos principal, listo para operar como primario en caso de falla de aquel.
2	Problemas en base de datos del nodo en la central de cada empresa prestadora	Media	5	1. En las centrales se lleva a cabo automáticamente una copia de seguridad incremental cada 10 minutos de la base de datos del servidor principal en un servidor NAS dedicado. 2. En las centrales se realiza una copia de seguridad automático cada hora de la base de datos a un servicio de almacenamiento en la nube de Oracle.
3	Problemas en la conectividad de las unidades	Alta	1	1. En el caso de pérdida de señal del proveedor de internet móvil contratado para las unidades, el router de la misma cuenta con una segunda conexión LTE activa de un segundo prestador. 2. En el caso de que la unidad se quede sin conectividad 4G para el envío de transacciones, el sistema almacena las mismas

				temporalmente hasta que pueda enviarlas tras la recuperación de la señal.
4	Fallo de energía en los lectores o los servidores de las unidades	Baja	5	1. En caso de que falle el suministro energético de los lectores o los servidores durante una operación, cuentan con una reserva de energía que se activa ante fallo del suministro principal para no afectar las operaciones en curso.
5	Hurto o robo de servidores de base de datos en las unidades	Baja	3	1. En caso de robo o hurto de alguno de los dos servidores de las unidades, estos cuentan con cifrado a nivel de disco, con lo que se garantiza la seguridad de la información almacenada.
6	Caída de un nodo de la red por daño o interrupción energética	Media	1	1. En caso de caída de un nodo que compone la cadena de bloques (un servidor en una central prestadora), el resto de los servidores mantienen inalterada la funcionalidad de toda la red.
7	Cliente sin acceso a su teléfono para abonar el boleto	Baja	1	1. Implementar una opción de "Invitado", que permita a un tercero abonar el boleto a otro cliente de manera solidaria.

Tabla 28. Análisis de riesgos del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

El presente trabajo tuvo como objetivo principal brindar una alternativa al sistema de cobro de boleto actual para el transporte público, que lograra superar las dificultades actuales para el control y la auditabilidad de este con una propuesta autónoma y descentralizada. Esto se ha logrado mediante el modelo propuesto con la tecnología blockchain, que garantiza la integridad de las transacciones y a su vez también permite al cliente obtener información que antes le era inaccesible. Esto supone un giro rotundo al modelo centralizado, donde el órgano de contralor siempre jugaba un papel fundamental: aquí se cambia el paradigma para centrarse en el cliente. Y a futuro el trabajo presenta desafíos interesantes. Uno de ellos es toda la operatoria de recarga de saldo para el cliente, que no dependa de un punto de recarga físico, sino que pueda ser vinculado directamente a una cuenta o tarjeta de crédito. Así, en lo personal, este trabajo ha supuesto un desafío importante pero también una oportunidad de crecimiento. Ha implicado ampliar la mirada y modificar algunos esquemas predefinidos para experimentar con otras posibilidades no tradicionales. Pero, por sobre todo, ha resultado en un fortalecimiento de la convicción de que la profesión que he decidido abrazar en mi vida puede, y debe, ofrecer mucho bien a las personas para poder ser auténticamente humana.

Demo

En cualquiera de los siguientes enlaces se ofrece una demo en video que permite tener una primera apreciación de la experiencia de usuario que ofrece el prototipo, mientras se finaliza la codificación de este.

https://1drv.ms/u/s!Anh_oIJZ4o0Ygp0IFdpbPceuqBC0sw?e=ivg8pc

<https://youtu.be/1E7WEIWNmTQ>

Referencias

- Bateman, J., Cortés, C., Cruz, P., y Paz, H. (2020). Diseño de un protocolo RFID propietario para una aplicación específica. *Tecnura*, 13(25), 70-80.
- Ethereum. (1 de Mayo de 2020). *Solidity*. Recuperado de Docs: <https://solidity-eth.readthedocs.io/es/latest/>
- Fernández, J. (2014). La tecnología NFC se acerca a la biblioteca. *Revista de Unidades de Información*, (6), 1-7.
- Haber, S., y Stornetta, S. W. (1991). How to Time-Stamp a Digital Document. *Journal of Cryptology*, 3(2), 99-111.
- Jacobson, I., Booch, G., y Rumbaugh, J. (2000). *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Madrid: Pearson Educación.
- Kniberg, H., y Skarin, M. (2010). *Kanban y Scrum: obteniendo lo mejor de ambos*. Estados Unidos: C4Media Inc.
- Mora, S. J., y Palazzi, P. A. (2019). *Fintech: Aspectos Legales*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Cámara Argentina de Fintech.
- Nuno, S., Fernandes, J., Carvalho, M., Silva, P., Fernandes, F., Rebelo, M., . . . Machado, R. (2016). Using Scrum Together with UML Models: A Collaborative University-Industry R&D Software Project. *ICCSA 2016: 16th International Conference* (págs. 480-495). Beijing: International Conference on Computational Science and Its Applications.
- Preukschat, A. (2017). *Blockchain: la revolución industrial de Internet*. Barcelona: Grupo Planeta.
- Reinosa, E. J., Maldonado, C. A., Muñoz, R., Damiano, L. E., y Abrutsky, M. A. (2012). *Bases de Datos*. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor.
- Rumbaugh, J., Jacobson, I., y Booch, G. (2000). *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia*. Madrid: Pearson Educación.
- Schwaber, K., y Sutherland, J. (Noviembre de 2017). *scrum.org*. Recuperado de <https://www.scrum.org>
- Somerville, I. (2011). *Ingeniería de Software*. México: Pearson Educación.
- Szabo, N. (1 de September de 1997). Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. *First Monday*, 2(9), Recuperado de <https://bit.ly/2ySGq3S>.
- Valencia, J. P. (24 de 8 de 2019). Contratos Inteligentes. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información*, 7(14), 1-10.
- Villalobos, J., y Casallas, R. (2006). *Fundamentos de Programación. Aprendizaje activo basado en casos*. México: Pearson Educación.

Anexos

Anexo 1 - Documentación de los procesos de negocio de la empresa modelada

Planilla del Conductor				
Razón social de la empresa:				
CUIT:		N de planilla:		
Domicilio:				
Fecha	Vehículo N:		Ruta N:	
Conductor:			Placa:	
Recorrido	Hora Salida	Hora Control	Hora Llegada	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

Ilustración 12. Planilla del Conductor. Fuente: elaboración propia.

