BID
Banco Interamericano de Desarrollo

Interoperabilidad en los Sistemas de Recaudo para Transporte Público en América Latina y el Caribe

División de Transporte

Autores:
Manuel Rodríguez Porcel
Fabio Gordillo

Editores:
Isabel Granada
Adriana Palacio
Carlos Mojica
Elías Rubinstein
Andrés Cardona
Javier Garduño

NOTA TÉCNICA Nº
IDB-TN-01539

Noviembre 2018

Interoperabilidad en los Sistemas de Recaudo para Transporte Público en América Latina y el Caribe

Autores:
Manuel Rodríguez Porcel
Fabio Gordillo

Editores:
Isabel Granada
Adriana Palacio
Carlos Mojica
Elías Rubinstein
Andrés Cardona
Javier Garduño

Noviembre 2018

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

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

Interoperabilidad en los sistemas de recaudo para transporte público en América Latina y el Caribe / Manuel Rodríguez Porcel, Fabio Gordillo; editores, Isabel Granada, Adriana Palacio, Carlos Mojica, Elías Rubinstein, Andrés Cardona, Javier Garduño.
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1539)
Incluye referencias bibliográficas.
1. Local transit-Fares-Latin America-Automation. 2. Local transit-Planning-Latin America. 3. Smart cards-Latin America. I. Rodríguez Porcel, Manuel. II. Gordillo, Fabio. III. Granada, Isabel, editora. IV. Palacio, Adriana, editora. V. Mojica, Carlos, editor. VI. Rubinstein, Elías, editor. VII. Cardona, Andrés, editor. VIII. Garduño, Javier, editor. IX. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. X. Serie.
IDB-TN-1539

Códigos JEL: L910, M210, O330, R480

Palabras clave: interoperabilidad, recaudo, transporte público, transporte urbano, sistemas inteligentes de transporte, movilidad como servicio.

Diseño y diagramación: Luyza Serrano
Edición de estilo: Jimena Lechuga

Agradecimientos: Jean Pol Armijos

Contactos:
Manuel Rodríguez Porcel (marodriguez@iadb.org); Fabio Gordillo (fabio.gordillo@gsdplus.com)

http://www.iadb.org

Copyright © 2018 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

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

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

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

Interoperabilidad en los Sistemas de Recaudo para Transporte Público en América Latina y el Caribe

BID
Banco Interamericano de Desarrollo

Interoperabilidad en los Sistemas de Recaudo para Transporte Público en América Latina y el Caribe

Contenido

Glosario

1. Introducción 8

2. Resumen ejecutivo 12

3. Casos de estudio 18

4. Perspectiva institucional 26

Reto 1: Definir la estructura de gobierno y toma de decisiones 27

Reto 2: Asignar roles y responsabilidades 29

Experiencias en la perspectiva institucional 34

5. Perspectiva comercial 42

Reto 1: Distribuir los ingresos 43

Reto 2: Definir comisiones del sistema de interoperabilidad 46

Experiencias en la perspectiva comercial 48

6. Perspectiva técnica 54

Reto 1: Garantizar interoperabilidad entre operadores 55

Reto 2: Seleccionar la tecnología de los medios de pago 60

Reto 3: Garantizar la seguridad del sistema 68

Experiencias en la perspectiva técnica 72

7. Lecciones aprendidas de casos donde no hay interoperabilidad 76

8. Posibilidades futuras de interoperabilidad 82

9. Conclusiones 86

10. Bibliografía 88

Glosario

Bilhete Único (BU): Nombre de la tarjeta con la que opera el sistema de recaudo interoperable en São Paulo.

Breakage: Saldo no utilizado por el usuario en cualquier servicio prepago, el cual es considerado como ganancia por la entidad que recibió el dinero.

Buses de tránsito rápido *Bus Rapid Transit* (BRT): Sistema de buses con paradas fijas en estaciones y carriles prioritarios o segregados.

Cámara de compensación: Subsistema de un sistema interoperable de recaudo que consolida la información transaccional generada por el uso de los medios de pago en todos los dispositivos del sistema y calcula las transferencias de dinero que deben tener lugar entre los actores del sistema, según las reglas de distribución de los ingresos.

Companhia do Metropolitano de São Paulo (CMSP): Empresa pública del Estado de São Paulo encargada de la gestión de las líneas de metro y la operación de algunas de ellas.

Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM): Empresa pública del Estado de São Paulo encargada de la gestión y operación de las líneas de tren.

Comunicación de campo cercano *Near Field Communication* (NFC): Tecnología que permite que un dispositivo electrónico se comporte como si fuera una tarjeta inteligente sin contacto e interactúe con los dispositivos de lectura / escritura de un sistema de recaudo.

Escrow account: En sistemas de recaudo para transporte público, cuenta bancaria creada por una empresa recaudadora donde ésta deposita el dinero recaudado. La cuenta sigue reglas predefinidas (por ejemplo, sobre el saldo mínimo requerido) y recibe órdenes de transferencia para compensar a los distintos actores del sistema.

Europay MasterCard Visa (EMV): Estándar mundial para sistemas de pago que brinda interoperabilidad entre todas las tarjetas y los terminales de pago.

Interfaz de programación de aplicaciones (API – *Application Programming Interface*): Conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece una biblioteca *Escrow account* para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Medios de pago: Elementos aceptados en un sistema de transporte para pagar por un servicio y acceder al mismo.

Metrobús: Entidad pública encargada de la gestión de las líneas de BRT en la Ciudad de México.

Módulo de acceso seguro *Secure Access Module* (Módulo SAM): Pequeño componente de *hardware* que se utiliza para mejorar la seguridad en dispositivos que requieren hacer transacciones seguras, como las terminales de pago. Almacena llaves criptográficas y realiza operaciones de autenticación y cifrado para garantizar la seguridad de las comunicaciones entre el dispositivo y los medios de pago, o el dispositivo y el sistema central.

Módulo de seguridad de *hardware Security Module* (Módulo HSM): Dispositivo de computación basado en *hardware* que genera, almacena y protege llaves de seguridad, y lleva a cabo procesamiento criptográfico.

Movilidad como un servicio *Mobility as a Service* (MaaS): Soluciones de movilidad que se consumen como un servicio. Integra servicios de transporte de proveedores públicos y privados, en medios individuales y colectivos, a través de una única aplicación web o móvil que permite armar un viaje, según las necesidades específicas del usuario, y pagar por él mediante una única cuenta.

Nación Servicios: Operador tecnológico del sistema de recaudo interoperable de Buenos Aires y otras ciudades de Argentina, denominado SUBE.

Normas ISO: Conjunto de documentos creados por la Organización Internacional para Estandarización *International Organization for Standardization* (ISO) que proporcionan requerimientos, especificaciones, guías o características cuyo uso consistente permite asegurar que materiales, productos, procesos y servicios sean los indicados para sus propósitos.

Recaudo basado en cuentas *Account Based Ticketing* (ABT): Sistema de recaudo donde el medio de pago es utilizado para identificar de manera segura al tarjetahabiente y acceder a su cuenta, la cual está almacenada en un sistema central. Las transacciones son realizadas en línea y el procesamiento se lleva a cabo en el sistema central.

Red de recarga: Conjunto de dispositivos de lectura / escritura que permiten la recarga de los medios de pago. Un dispositivo de recarga puede ser atendido o automático.

Servicio de Transportes Eléctricos (STE): Entidad pública encargada de la gestión y operación de las líneas de tren ligero y trolebús en la Ciudad de México.

Sistema de emisión: Subsistema de un sistema de recaudo encargado de inicializar los medios de pago y los módulos SAM requeridos para la emisión de medios de pago, para permitir que los dispositivos de lectura / escritura del sistema puedan interactuar con los medios de pago, y posiblemente para otros componentes del sistema.

Sistema de recaudo de circuito abierto (*open-loop*): Sistema de recaudo desarrollado para aceptar medios de pago que permiten realizar pagos en cualquier comercio. En el caso del transporte público, los dispositivos de lectura / escritura realizan la autenticación del medio de pago, pero las transacciones se hacen en línea.

Sistema de recaudo de circuito cerrado (*closed-loop*): Sistema de recaudo con un medio de pago desarrollado para un propósito específico, en lugar de permitir pagos en cualquier comercio. En el caso del transporte público, estos sistemas permiten realizar transacciones fuera de línea entre el medio de pago y un dispositivo de lectura / escritura.

Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC Metro): Entidad pública encargada de la gestión y operación de las líneas de metro en la Ciudad de México.

Sistema interoperable de recaudo: Sistema de recaudo que permite acceder a todos los servicios de transporte, prestados por múltiples operadores y proveedores, haciendo uso de un único medio de pago.

Sistema Único de Billete Electrónico (SUBE): Nombre de la tarjeta y del sistema de recaudo interoperable de Buenos Aires y otras ciudades de Argentina.

SP Trans (São Paulo Transportes): Entidad pública encargada de concesionar y supervisar la red municipal de buses de la ciudad. Además, maneja la cámara de compensación del sistema de interoperabilidad.

Subterráneos de Buenos Aires Sociedad del Estado (subte): Entidad pública encargada de la gestión de las líneas de metro en Buenos Aires.

1. Introducción

Los sistemas de transporte urbano son un mecanismo de competitividad y productividad para cualquier agente económico o social, y contribuyen en la calidad de vida de los ciudadanos. Sin embargo, tradicionalmente han sido pensados, diseñados e implementados para atender de manera acotada las necesidades de una ciudad.

Actualmente, dado el acelerado crecimiento poblacional y la expansión de las fronteras habitables de las urbes, los sistemas están obligados a integrarse con otros modos de transporte, con el fin de convertir dichas ciudades en ciudades-región[1]. Las formas de pago para acceder a estos sistemas de transporte también han evolucionado: desde dinero en efectivo, pasando por boletos de papel y plástico, hasta los medios electrónicos que se usan en la actualidad.

En América Latina y el Caribe, los sistemas de recaudo interoperables han cobrado fuerza. Garantizar la movilidad de los usuarios de transporte público con un medio de pago único se convierte en el objetivo primordial de la interoperabilidad. No obstante, con cada implementación de nuevos sistemas de transporte, lograr la interoperabilidad e integración se vuelve un reto mayor para la región.

Este documento tiene como objetivo principal ser una guía metodológica y de buenas prácticas para la implementación de sistemas de recaudo interoperables en cualquier ciudad de América Latina y el Caribe. Se busca ilustrar el diseño y desarrollo de un sistema de recaudo interoperable desde las siguientes tres perspectivas: institucional, comercial y técnica. Para cada una de ellas, se identifican los principales retos que hay que abordar, se presentan los principios y estrategias que han sido exitosos para superar tales retos, y se describen las maneras en que éstos fueron abordados en cuatro ciudades: Ciudad de México, Buenos Aires, São Paulo y Lisboa. La tabla que se presenta a continuación describe los retos que se tratan para cada perspectiva.

1 Se entiende como un espacio de extensión variable en el cual se integran distintos territorios que comparten proximidad geográfica y desarrollan relaciones de cooperación.

Tabla 1: Retos abordados en cada perspectiva

Perspectiva	Retos
Institucional	Definir la estructura de gobierno y toma de decisiones
	Asignar roles y responsabilidades
Comercial	Distribuir los ingresos
	Definir comisiones del sistema de interoperabilidad
Técnica	Garantizar interoperabilidad entre operadores
	Seleccionar la tecnología de los medios de pago
	Garantizar la seguridad del sistema

Fuente: Elaboración propia

Organización del documento

Capítulo 1
Corresponde a esta introducción.

Capítulo 2
Presenta un resumen ejecutivo, el cual describe de manera general el contenido tratado en este documento.

Capítulo 3
Se describen los sistemas de transporte de las cuatro ciudades escogidas como casos de estudio.

Capítulo 4
Se analizan los principales retos de definición de estructura de gobierno y asignación de roles y responsabilidades, correspondientes a la perspectiva institucional.

Capítulo 5
Se considera la implementación de un sistema de recaudo interoperable desde la perspectiva comercial, analizando los principales retos de distribución de ingresos y definición de comisiones para el sistema.

Capítulo 6
Se aborda la perspectiva técnica, identificando como principales retos la definición de requerimientos básicos para garantizar la interoperabilidad entre actores, la selección de la tecnología del medio de pago y la especificación de un modelo de seguridad para el sistema.

Capítulo 7
Se discuten lecciones aprendidas a partir de algunos casos en América Latina y el Caribe en los que se presentaron problemas desde cada perspectiva, por no diseñar un sistema de recaudo interoperable.

Capítulo 8
Se discuten los avances tecnológicos en medios de pago y la concepción del sistema de recaudo, principalmente referidos a los conceptos de ABT y MaaS.

Capítulo 9
Se presentan las conclusiones de los temas tratados en el documento, resaltando las recomendaciones principales para el contexto latinoamericano.

2.
Resumen ejecutivo

El diseño e implementación de un sistema de recaudo interoperable requiere considerar diferentes aspectos de naturaleza institucional, comercial y técnica.

Este documento pretende presentar los retos más relevantes desde cada perspectiva mencionada, así como las posibles estrategias de resolución para cada uno. Adicionalmente, con el fin de contextualizar estas estrategias, se presentan cuatro casos de estudio de sistemas de recaudo interoperable que se han implementado (o se están implementando) en diferentes ciudades: Ciudad de México, Buenos Aires, São Paulo y Lisboa. A continuación, se resumen los puntos más importantes tratados en cada perspectiva.

Perspectiva Institucional

Desde la perspectiva institucional se plantean los siguientes retos:

Definir la estructura de gobierno y toma de decisiones: Es importante que exista una institución encargada de la toma de decisiones para el sistema. Las decisiones pueden verse reflejadas en nuevas normas que deberán ser acogidas por los diferentes actores del sistema. Esta institución generalmente puede enmarcarse en alguna de las siguientes tres categorías: un comité donde participen las autoridades y/o los operadores de transporte, una organización pública cuyo único propósito sea la supervisión y planificación del sistema, o una dependencia dentro de la autoridad que administre el transporte público o la movilidad de la ciudad o región.

Asignar roles y responsabilidades: La asignación de roles y distribución de responsabilidades entre actores genera incentivos, desincentivos y sinergias que afectan el funcionamiento del sistema y pueden determinar su éxito o generar problemas estructurales, en el largo plazo. En concreto, puede darse una situación en la que se termine definiendo un único operador de recaudo para todo el sistema, creando un monopolio que otorgue privilegios excesivos al operador, los cuales podrían ser difíciles de modificar.

La identificación de roles y responsabilidades dentro del sistema de recaudo interoperable es una de las primeras tareas que deben llevarse a cabo al diseñar el sistema. Para ello, es posible utilizar la norma ISO 24014-1 como guía, pues describe un modelo institucional con roles y responsabilidades asociadas con la operación de un sistema interoperable de recaudo. No obstante, la asignación de roles y responsabilidades debe realizarse teniendo en cuenta las necesidades y restricciones específicas de la ciudad o región donde se implementará el sistema, así como las instituciones existentes y sus capacidades. Los casos de estudio presentan el marco institucional de cada sistema, donde se puede ver que no existe una receta para la asignación de roles y responsabilidades, pero si es posible evidenciar que en todos los casos se requiere una organización de carácter público que supervise y planifique el sistema.

Perspectiva comercial

Desde la perspectiva comercial se plantean los siguientes retos:

Distribuir los ingresos: El dinero recaudado por concepto de venta y recarga del medio de pago debe ser repartido entre todos los actores del sistema. La distribución de estos ingresos sigue un proceso, el cual usualmente involucra reunir los recursos en una o varias cuentas y utilizar una cámara de compensación para definir la repartición de recursos entre los actores, según un conjunto de reglas definidas previamente. El reto es lograr que el sistema de compensación sea lo suficientemente eficiente, seguro y confiable, para que las partes involucradas en el sistema de transporte interoperable estén dispuestas a utilizarlo.

Definir comisiones del sistema de interoperabilidad: La administración de los ingresos del sistema de recaudo interoperable implica unos costos que se pueden agrupar en tres categorías: recaudo (por venta, recarga y transporte de dinero), validación y compensación. Estos costos se traducen en comisiones sobre el dinero recaudado, las cuales son usadas para calcular la remuneración de cada actor del sistema. No obstante, estas comisiones deben ser definidas de tal forma que se pueda garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo y que se fomente la sana competencia entre operadores de recaudo.

La distribución de ingresos debe realizarse de tal forma que sea transparente para todos los actores. En este sentido, la operación de la cámara de compensación debería estar a cargo de un actor imparcial, como la autoridad supervisora del sistema. La cámara debe calcular las remuneraciones de cada actor, independientemente de que sólo exista una cuenta recaudadora o varias cuentas en el sistema. La descripción de los casos de estudio se basa principalmente en la forma en que se realiza la distribución de los ingresos en cada caso. Los cuatro casos tienen un elemento en común: una única entidad encargada de calcular las remuneraciones.

Al momento de definir comisiones, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Considerar las comisiones de interoperabilidad en caso de ser necesario.
- Las comisiones deben ser las mismas para los distintos operadores.
- La destinación de los saldos no utilizados (*breakage*) y del rendimiento del flotante se deben definir previamente.

Perspectiva técnica

Desde la perspectiva técnica se plantean los siguientes retos:

Garantizar interoperabilidad entre operadores: De cara al usuario, la interoperabilidad significa poder utilizar un único medio de pago en diferentes sistemas de transporte y recargarlo en cualquier punto, así sea de un operador de recaudo diferente. Para lograr esto, se deben definir las características específicas tanto de este medio de pago como de las transacciones que son enviadas entre sistemas centrales por medio de la cámara de compensación.

Seleccionar la tecnología de los medios de pago: Si no se selecciona la tecnología del medio de pago no es posible definir con detalle sus características técnicas. Esto puede ocasionar que dos proveedores tecnológicos ofrezcan tecnologías incompatibles, poniéndose así en riesgo la interoperabilidad.

Garantizar la seguridad del sistema: Con la inclusión de varios actores se puede poner en riesgo la seguridad completa del sistema si, por ejemplo, alguno no cuenta con un esquema de seguridad robusto. Por este motivo es necesario definir un esquema global de gestión de la seguridad cuya administración dependa lo menos posible del privado.

Para afrontar estos retos, se recomienda contar con un estándar de interoperabilidad tecnológica lo necesariamente detallado para no generar ambigüedades al implementar el sistema. El enfoque principal de este estándar debe ser:

- La selección de la tecnología del medio de pago (MIFARE, Calypso, CIPURSE™, tarjetas bancarias, entre otros).
- La interacción entre el medio de pago y los dispositivos de lectura y escritura.
- La interacción entre los sistemas centrales de cada operador de recaudo y la cámara de compensación.
- El esquema global de seguridad (emisión de módulos de acceso seguro, cifrado y firma de transacciones, entre otros).

La siguiente tabla presenta la información más relevante sobre cada caso estudiado teniendo en cuenta las perspectivas y retos tratados en el documento.

Tabla 2: Resumen de los aspectos relevantes para cada caso de estudio

Caso	Perspectiva institucional	Perspectiva comercial	Perspectiva técnica
Ciudad de México	Cada subsistema de transporte que acepta el medio de pago interoperable realiza las funciones de emisión, venta, recarga y validación del medio de pago. STC Metro además está a cargo de la compensación, bajo la supervisión de un comité conformado por los gestores de los sistemas de transporte.	No existen comisiones de interoperabilidad. El total del recaudo se distribuye entre los actores según fórmulas de remuneración preestablecidas. Cada subsistema tiene su propia cuenta. STC Metro emite órdenes de transferencia entre subsistemas.	Existe un estándar de interoperabilidad, de propiedad de la ciudad, basado en Calypso, que incluye las especificaciones del medio de pago, la seguridad, las interfaces entre medio de pago y lectores, y las interfaces entre sistema central y cámara de compensación.
Buenos Aires	Nación Servicios S.A. se encarga de la seguridad, emisión, compensación, venta y recarga. Cada subsistema de transporte está a cargo de la validación del medio de pago y algunos también hacen venta y recarga. El sistema es supervisado por el Ministerio de Transporte.	Existen comisiones por validación y por operación de redes de recarga externa. Hay una cuenta común a cargo de Nación Servicios, una cuenta del operador de trenes y una cuenta del operador de subte. Nación Servicios calcula las remuneraciones de cada actor y emite órdenes de transferencia.	Nación Servicios creó y actualmente administra el estándar de interoperabilidad, basado en MIFARE Plus. Además, homologa a todos los proveedores que quieran prestar servicios de recarga o validación.
São Paulo	Cada subsistema tiene a cargo las funciones de venta, recarga y validación de medios de pago, mientras que la emisión, seguridad y compensación del sistema está a cargo de SP Trans. El sistema es supervisado por un comité gestor de integración.	Hay una cuenta común del sistema en la que se consigna el dinero recaudado mediante agentes externos. SP Trans luego calcula las remuneraciones de cada actor teniendo en cuenta además el dinero recaudado en estaciones de cada subsistema.	SP Trans administra el estándar de interoperabilidad que se encuentra en transición de MIFARE Classic a MIFARE Plus. También homologa a los proveedores que quieran prestar servicios de recarga o validación.
Lisboa	OTLIS se encarga de las funciones de seguridad, emisión y compensación del sistema. Además, administra una red de recarga externa. Todos los subsistemas de transporte tienen a su cargo la validación de medios de pago y algunos también realizan venta y recarga. La supervisión está a cargo del Instituto de Movilidad y Transporte.	Existe una única cuenta recaudadora administrada por OTLIS, quien tiene a cargo la compensación del sistema. La remuneración a cada actor es calculada y OTLIS descuenta una comisión por cada transacción de venta y recarga. Las remuneraciones se calculan según las fórmulas definidas en los contratos de cada actor.	OTLIS es responsable de especificar, implementar, operar y garantizar la interoperabilidad del sistema de recaudo de la tarjeta VIVA, basada en Calypso. También homologa a los proveedores que quieren prestar servicios de recarga o validación.

Fuente: Elaboración propia

Posibilidades futuras de interoperabilidad

Finalmente, se describen brevemente dos conceptos que a futuro pueden incentivar en mayor medida la interoperabilidad en recaudo para transporte público.

Recaudo basado en cuentas

A diferencia de la mayoría de las implementaciones de sistemas de recaudo en transporte público, las cuales se basan en que el saldo disponible para usar los servicios de transporte está almacenado en una tarjeta, este concepto se fundamenta en que el saldo disponible del usuario se almacena en una cuenta que éste tiene con su recaudador. Esto implica que el saldo va a estar almacenado en el sistema central. Bajo este concepto funcionan las cuentas bancarias y su implementación en sistemas de transporte requiere una alta disponibilidad y robustez de los sistemas de comunicaciones (pues las transacciones generalmente se hacen en línea), además de una mayor penetración de los servicios financieros y bancarios en Latinoamérica, ya que el usuario emplearía su tarjeta bancaria para acceder al servicio de transporte.

Movilidad como un servicio

Este concepto se fundamenta principalmente en el uso de la tecnología para mejorar la calidad de los servicios de movilidad. Idealmente, un usuario podría tener una aplicación en su teléfono inteligente con la que tuviera la opción escoger el medio de transporte, según su preferencia, para trasladarse a una hora y lugar determinados. La aplicación se encargaría de realizar toda la gestión financiera (compra de boletos, reserva de vehículos, pago de taxi) y de proveer al usuario la información necesaria para hacer su viaje. El usuario podría alternar entre diferentes modos de transporte dependiendo de sus preferencias y de las condiciones reales de tráfico o de clima. Hasta ahora, solamente existe una aplicación en el mundo que provee servicios de este tipo, en —Helsinki, Finlandia— la cual se llama Whim.

3.
Casos de estudio

En cada una de las perspectivas que se deben considerar para la implementación y operación de un sistema de recaudo interoperable de transporte se describirá la experiencia de cuatro ciudades. Ciudad de México, Buenos Aires y São Paulo fueron seleccionados por ser casos representativos para el contexto latinoamericano de implementación de estos sistemas. La relevancia de la Ciudad de México radica en cómo se dio origen al esquema interoperable y en su evolución gradual hasta llegar a una implementación madura. En Buenos Aires, una política pública de interoperabilidad de escala nacional ha sido implementada, mediante un proceso caracterizado por la robustez técnica. São Paulo implementó un sistema de transporte interoperable que integra, de manera efectiva, la red metropolitana con la red municipal de transporte del Grande São Paulo. Por otra parte, la experiencia de Lisboa es reconocida por estar a la vanguardia de la tecnología y la calidad del servicio. La siguiente tabla muestra un resumen de las principales variables que describen la situación demográfica y de movilidad en cada ciudad.

Tabla 3. Variables de movilidad en las ciudades de los casos de estudio

	Variable	Buenos Aires*	Ciudad de México*	São Paulo*	Lisboa**
Socioeconómico	Km²	3.883	2.609	2.209	2.957
	Población	15.769.938	20.392.950	20.935.204	2.831.814
	Hab/km² urb.	4.061	7.818	9.477	957
Infraestructura	Sistema vial (km)	44.994	32.548	38.129	843
	Combi/Vans	1.711	73.583		33
	Microbús		35.172	7.061	20
	Bus estándar	18.498	8.863	14.167	1.558
	Articulado	52	348	2,150	90
	Biarticulado		41	347	
	Tren[1]	1.757	43	1.356	109
	Metro[1]	637	2.136	984	357
	Tranvía[1]	17	290[2]		48
	Funicular				8
	Ferry				32
Flota transporte individual	Flota Automóvil	4.000.222	4.190.620	6.290.842	1.345.000
	Flota Motocicleta	940.187	172.162	1.187.565	149.000
	Flota Taxis uso individual	91.591	247.551	30.289	4.683
	Autos/mil hab.	253	205	300	475
	Motos/mil hab.	60	8	57	53
Movilidad	Millones de viajes/día – Transporte individual	16,46	9,10	14,5	3
	Millones de viajes/día – Transporte colectivo	12,5	25,2	14,0	1,5
	Millones de viajes/día – A pie	5,4	8,8	14,4	0,8

Fuente: * CAF – Observatorio de Movilidad Urbana [2]
** Informe y cuentas anuales de operadores de transporte de Lisboa y autoridades [3 4 5 6 7 8 9 10 11]
1: Número de vagones
2: Trolebuses

NOTA: Los datos de las ciudades sudamericanas corresponden a diciembre del 2014. Los mismos fueron extraídos de fuentes públicas durante el año 2015 y 2016.

Luz

Linha 3
Linha 4

A continuación, se presenta una descripción del sistema de transporte de cada ciudad.

México

Ciudad de México

El sistema de transporte público de la Ciudad de México está compuesto por seis subsistemas. La operación de cinco de ellos es realizada o concesionada por entidades públicas. Éstos son:

1 Sistema de Transporte Colectivo (STC) – Metro.

2 Sistema de Corredores de Transporte Público de Pasajeros, denominado Metrobús.

3 Servicio de Transportes Eléctricos (STE), que incluye líneas de trolebús y una de tren ligero.

4 Sistema de Movilidad 1 (M1), que ofrece un servicio de autobuses urbanos de operación pública.

5 Sistema de bicicletas compartidas EcoBici.

6 Sistema de transporte público colectivo, compuesto por propietarios privados que prestan el servicio de transporte en autobuses, en múltiples rutas de la ciudad.

En 2014, la Zona Metropolitana de la Ciudad de México tenía cerca de 20,4 millones de habitantes, a lo largo de un área de 2.609 km². Su sistema vial comprendía 32 mil km, donde diariamente se hicieron 9,1 millones de viajes en transporte individual (vehículo privado o taxi), 25,2 millones de viajes en transporte colectivo y 8,8 millones de viajes a pie[2].

El Metro es un sistema metropolitano de tren masivo compuesto por doce líneas distribuidas por toda la ciudad. Este sistema es operado por el organismo público STC Metro. El Metrobús es un sistema de BRT compuesto por cinco líneas que complementan el Metro. Este sistema es supervisado por el organismo público Metrobús y operado por concesionarios privados. Por otra parte, el STE está compuesto por una línea de tren eléctrico ligero y doce líneas de trolebús que tienen conexiones con el servicio del Metro. Éstos son operados por el organismo público STE. M1 opera cerca de 94 rutas de autobuses que comunican zonas periféricas y populares de la ciudad con las líneas del Metro. EcoBici, por su parte, es un sistema de bicicletas públicas compuesto por más de seis mil bicicletas y más de 400 ciclo-estaciones.

Existe un sistema de recaudo interoperable, basado en la tarjeta CDMX (originalmente, Tarjeta del Distrito Federal, TDF), que permite pagar el pasaje de los sistemas Metro, Metrobús y Tren Ligero, así como acceder al servicio de EcoBici. M1, los trolebuses y los autobuses colectivos no hacen parte de este sistema y exigen que el pasaje se pague con dinero en efectivo. Al STC Metro también se puede acceder utilizando boletos magnéticos.

Argentina

En 2014, el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) tenía cerca de 15,8 millones de habitantes, a lo largo de un área de 3.883 km2. Su sistema vial comprendía 45 mil km, donde diariamente se hicieron 16,5 millones de viajes en transporte individual (vehículo privado o taxi), 12,5 millones de viajes en transporte colectivo y 5,4 millones de viajes a pie[2].

El sistema de transporte del AMBA está compuesto por los subsistemas de metro, los ferrocarriles metropolitanos y los autobuses colectivos. El Subterráneo de Buenos Aires (subte) es la red de metro pesado de la ciudad, compuesta por seis líneas (A, B, C, D, E, H). El sistema también incluye una línea de tranvía conocida como Premetro, la cual tiene dos ramales que conectan los barrios del sur de la ciudad con la línea E del subte. Los Ferrocarriles Metropolitanos de Buenos Aires forman el sistema de ferrocarriles urbanos del AMBA, que se compone de siete líneas. El servicio de colectivos cuenta con 138 líneas operadas por 91 empresas privadas. De esas líneas, 59 corresponden a rutas de colectivos que transitan a través de los seis corredores de Metrobús, un sistema de autobuses de tránsito rápido con carriles exclusivos, estaciones abiertas y validación a bordo.

En los tres subsistemas de transporte se ha implementado el sistema de recaudo interoperable Sistema Único de Boleto Electrónico (SUBE), que no sólo funciona en el AMBA, sino en varias ciudades de Argentina. El SUBE es una iniciativa del gobierno nacional, implementada por Nación Servicios S.A., filial del Banco de la Nación Argentina, empresa de propiedad estatal. La Red SUBE funciona con una tarjeta del mismo nombre que está implementada en una variedad de provincias del país, incluyendo grandes centros urbanos como Buenos Aires, Gran San Juan y Mar del Plata.

Brasil

São Paulo

En 2014, la Región Metropolitana de São Paulo tenía cerca de 21 millones de habitantes, a lo largo de un área de 2.209 km². Su sistema vial comprendía 38 mil km, donde diariamente se hicieron 14,5 millones de viajes en transporte individual (vehículo privado o taxi), 14 millones de viajes en transporte colectivo y 14,4 millones de viajes a pie[2].

El sistema de transporte público de la Región Metropolitana de São Paulo comprende dos redes: la red municipal y la red metropolitana. La primera opera en la Ciudad de São Paulo, mientras que la segunda cubre la totalidad de la Región Metropolitana de São Paulo, conocida como el Grande São Paulo. Los actores encargados de la supervisión y operación de los subsistemas de cada red incluyen compañías del estado y privadas.

La red municipal comprende alrededor de 1.300 rutas municipales de autobuses, cuya operación se encuentra a cargo de varios operadores privados, bajo modelos de concesión y permiso. Esta red opera bajo la supervisión de la empresa del gobierno municipal SP Trans (São Paulo Transportes).

La red Metropolitana, por su parte, integra tres subsistemas de transporte: el metro, los trenes metropolitanos y los autobuses intermunicipales. Los primeros dos son supervisados por la Secretaria dos Transportes Metropolitanos do Estado de São Paulo (STM), mientras que la compañía Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos de São Paulo (EMTU), propiedad del Estado, supervisa el sistema de autobuses intermunicipales. La operación del metro se encuentra repartida entre operadores privados y la Companhia do Metropolitano de São Paulo (CMSP). En cuanto a las tareas de operación para el tren metropolitano y los autobuses intermunicipales, éstas se encuentran a cargo de la Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM) y el Consórcio Metropolitano de Transportes (CMT), respectivamente.

El sistema de interoperabilidad se maneja mediante la tarjeta Bilhete Único (BU). BU es aceptado por los autobuses municipales, el metro y el tren metropolitano, y representa el medio de pago recargable utilizado con mayor frecuencia en el sistema. No obstante, otros medios de pago, tales como la Tarjeta de transporte de la Región Metropolitana de São Paulo (BOM) y los boletos de viaje único Edmonson, son aceptados en algunos subsistemas de transporte. Adicionalmente, aún se puede pagar con dinero en efectivo para acceder a los servicios de autobuses municipales e intermunicipales; de hecho, éste constituye el principal método de pago para ellos.

Portugal

El Área Metropolitana de Lisboa (AML) está compuesta por 18 municipios y tiene una población cercana a los tres millones de habitantes, a lo largo de 2.957 km². Diariamente se hacen tres millones de viajes en transporte individual (vehículo privado o taxi), 1,5 millones de viajes en transporte público y 800 mil viajes a pie[12].

El sistema de transporte público del AML comprende dos redes: la red municipal y la red metropolitana. La primera opera en la Ciudad de Lisboa, mientras que la segunda cubre la totalidad del AML.

La red municipal de la Ciudad de Lisboa comprende cuatro subsistemas de transporte: metro, autobuses, tranvía, funicular y elevador. El metro está compuesto por cuatro líneas con una extensión de 40 km (azul, amarilla, verde y roja), operadas por la empresa pública Metropolitano de Lisboa, Entidad Pública Empresarial (E.P.E.) El subsistema de autobuses está conformado 105 rutas a lo largo de 678 km, el tranvía consta de cinco líneas, el funicular de cuatro y el elevador de uno. Estos tres últimos son operados por la empresa privada Carris S.A.

La red metropolitana integra tres subsistemas de transporte: el de buses intermunicipales, el ferroviario y el de ferry. Éstos permiten ampliar la cobertura e interconectan a la Ciudad de Lisboa con los demás municipios del Área Metropolitana. El subsistema de buses intermunicipales tiene cerca de 300 rutas que son operadas por varias empresas privadas, siendo las más importantes Rodoviária de Lisboa S.A., Vimeca y Barraqueiro Transportes S.A. El subsistema ferroviario está compuesto por cuatro líneas operadas por la empresa pública Comboios de Portugal E.P.E y una línea operada por la empresa privada Fertagus. El ferry, por su parte, consta de cinco rutas que conectan los puertos de navegación del río Tenjo y son operadas por la empresa privada Transtenjo & Soflusa S.A.

El sistema de recaudo interoperable está basado en la tarjeta inteligente sin contacto VIVA, un medio de pago aceptado en los subsistemas de transporte que forman parte del AML. No obstante, en el tranvía y autobuses urbanos e intermunicipales se puede pagar el pasaje con dinero en efectivo. El sistema VIVA fue una iniciativa de los operadores de transporte más importantes del AML, quienes constituyeron la empresa privada OTLIS para garantizar la interoperabilidad en el sistema de recaudo.

4. Perspectiva INSTITUCIONAL

Los roles y responsabilidades que asume cada uno de los actores de un sistema interoperable de transporte deben establecerse de manera clara y precisa. Los objetivos, intereses y requerimientos de todos los actores se reflejan en un conjunto de reglas o mecanismos institucionales. La articulación institucional define los canales de comunicación y mecanismos de colaboración entre actores para alcanzar los fines de la red de interoperabilidad. Cumplir todas las tareas relacionadas con el funcionamiento integral y óptimo de la red —en los ámbitos tecnológico, comercial y financiero— requiere un modelo institucional que armonice los intereses y las reglas de juego que tienen los actores.

En este capítulo se explica la necesidad de establecer un liderazgo institucional que se responsabilice de la implementación y desarrollo del sistema de interoperabilidad y el modelo institucional. Así mismo, se describen los roles del sistema y los modelos que se pueden utilizar para organizarlos. Hacerlo correctamente redundará en el objetivo primordial de lograr la satisfacción de las necesidades de acceso y atención al usuario del sistema de transporte.

Reto 1 Definir la estructura de gobierno y toma de decisiones

Definición del PROBLEMA

La interoperabilidad de un sistema de transporte requiere la participación de varias instancias de gobierno y actores privados.

Los flujos de personas en una área urbana usualmente responden a dinámicas que van más allá de las fronteras políticas, por lo que una integración que atienda las necesidades de los usuarios idealmente abarcará varias jurisdicciones territoriales donde además operan distintas empresas de transporte, ya sean de autobuses municipales, trenes de cercanías, metros o sistemas de BRT. Este conjunto de actores debe organizarse para coordinar y tomar decisiones sobre el desarrollo del modelo de interoperabilidad. Qué tipo de organización conforman, quiénes lo hacen y cómo operan son definiciones que requieren un proceso de negociación y algún tipo de regla o norma jurídica (denominado en adelante ley) que las plasme formalmente.

La ley puede ser de carácter nacional o regional. Todo dependerá del proceso de negociación política y de los objetivos a largo plazo que se pretendan alcanzar. En la Ciudad de México, el alcance del esquema de interoperabilidad inicialmente se pensó de manera local; fue diseñado por Metrobús y se han sumado otros subsistemas de transporte. Por su parte, el esquema de interoperabilidad del Área Metropolitana de Buenos Aires se planteó a escala nacional desde un inicio, y muchos municipios del país lo han adoptado. Una ley debería definir las reglas de juego, al menos del conjunto de ciudades que conformen un área metropolitana cuyos subsistemas de transporte sean fuertemente interdependientes, debido a sus lazos económicos y condiciones de movilidad. No obstante, cualquier sistema siempre recibirá flujos de tráfico exteriores que la ley también debería considerar.

Estratégias de RESOLUCIÓN

La estructura administrativa e institucional que la ley estipule debe tener una cabeza que lidere el diseño del esquema de interoperabilidad, lo implemente y defina políticas tarifarias y de actualización tecnológica. Tal cabeza, que en adelante se denominará "organización de gobierno del esquema de interoperabilidad", usualmente puede enmarcarse en alguna de las siguientes tres categorías:

1

Un comité donde participen las autoridades y/o los operadores de transporte. Representantes de cada entidad tienen asiento en un comité que se reúne regularmente para tomar decisiones sobre el sistema.

2

Una organización de propósito único de naturaleza pública y permanente que cuente con la capacidad técnica y política para liderar la toma de decisiones dentro del esquema de interoperabilidad.

3

La autoridad que administra el sistema de tránsito puede asumir las definiciones de interoperabilidad, preferiblemente creando una dependencia encargada de tal función.

En cada alternativa de gobierno, se debe estipular la estructura directiva que determinará la toma de decisiones. Es deseable que la ley defina una estructura directiva donde tengan representación los actores regionales más importantes, se pueda llegar a consensos, y cuyas decisiones sean vinculantes para terceros con intereses en el esquema de interoperabilidad. Asegurar que el esquema sea efectivamente liderado desde la organización de gobierno permite generar eficiencia, transparencia y celeridad en la implementación de iniciativas.

En un comité deberían tener asiento los principales operadores de transporte, así como los representantes de los gobiernos territoriales que se encuentran en el ámbito del sistema de transporte. Las organizaciones especializadas de interoperabilidad o las autoridades de transporte también deben tener un esquema de junta directiva con representantes de los entes territoriales involucrados, junto con mecanismos de consulta a operadores privados que permitan conocer y evaluar sus propuestas y perspectivas.

Reto 2 Asignar roles y responsabilidades

Definición del PROBLEMA

Los sistemas interoperables de recaudo tienen funciones operacionales que pueden ser distribuidas de varias maneras entre distintos actores.

La asignación de roles y distribución de responsabilidades entre ellos genera incentivos, desincentivos y sinergias que afectan el funcionamiento del sistema y pueden determinar su éxito o generar problemas estructurales en el largo plazo. Estas funciones se pueden agrupar en los siguientes roles:

Gestión de políticas tarifarias y distribución de ingresos:

Definición de las reglas de cobro a los usuarios, que en un sistema interoperable usualmente incluyen descuentos por transferencias y a ciertos grupos poblacionales como niños, tercera edad y usuarios de bajos ingresos o con movilidad reducida. Además, reglas de distribución de ingresos entre los actores del sistema como la organización de gobierno, los operadores de transporte, las empresas recaudadoras, los operadores tecnológicos y las fiducias.

Seguridad

Mecanismos para proteger la información de los usuarios, así como las transacciones y saldos destinados al sistema de transporte.

Definición de las reglas de identificación de todos los elementos y componentes relacionados con el sistema

De esta forma se puede identificar a qué operador y subsistema pertenece determinado dispositivo, así como también individualizar los medios de pago. Esos identificadores tienen que ser universales, para todo el sistema interoperable.

Emisión de medios de pago

La administración del proceso de emisión de tarjetas inteligentes sin contacto u otro medio de pago para que puedan ser individualmente identificadas por los equipos en campo y se ciñan a los protocolos de seguridad definidos para el sistema.

Emisión de medios de pago

La administración del proceso de emisión de tarjetas inteligentes sin contacto u otro medio de pago, de forma tal que puedan ser individualmente identificadas por los equipos en campo y se ciñan a los protocolos de seguridad definidos para el sistema.

Venta y recarga de medios de pago

Administración del proceso por el cual los usuarios adquieren el medio de pago y lo recargan con créditos. Implica la recepción, resguardo, transporte y consignación en cuentas del dinero recaudado por estas transacciones.

Validación de medios de pago

Administración del proceso de acceso a los servicios del sistema de transporte, el cual implica validar el medio a la entrada y/o salida de estaciones y vehículos. La validación se lleva a cabo acercando la tarjeta inteligente sin contacto a un dispositivo de validación.

Compensación

La administración del proceso de compensación donde se definen los montos periódicos que le corresponden a cada actor y se emiten las órdenes de pago. La información requerida para llevar a cabo esta tarea se centraliza en una cámara decompensación.

Planeación del sistema interoperable

Regular las condiciones para el ingreso de otros actores o servicios en el sistema interoperable, así como las modificaciones que pudieran surgir en el mediano y largo plazo (por ejemplo, la inclusión del pago con tarjetas bancarias en los sistemas de transporte).

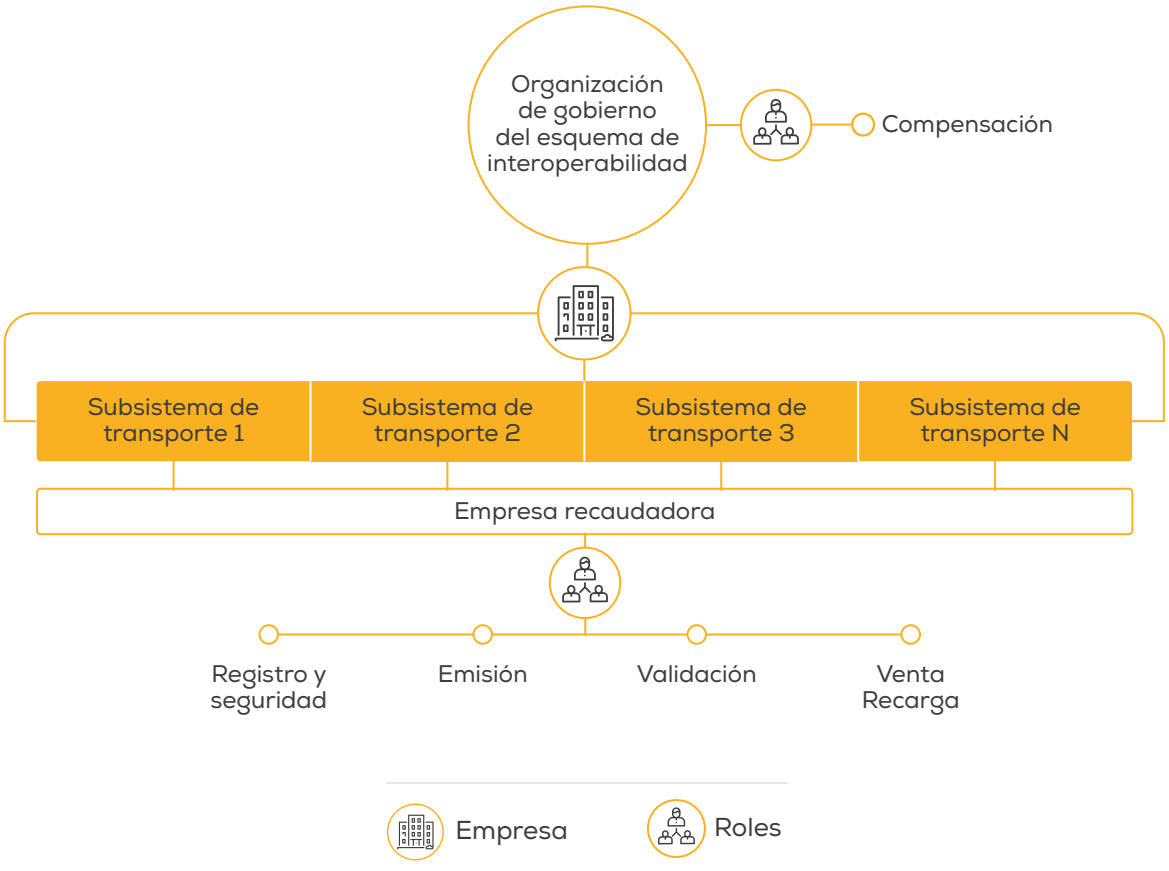
La norma ISO 24014-1 define una arquitectura funcional para sistemas de recaudo interoperables y propone roles para ejecutar las funciones requeridas con el fin de garantizar interoperabilidad entre varios actores en el contexto del uso de un medio de pago electrónico. Los roles listados arriba condensan aquellos consignados en esta norma, teniendo en cuenta la distribución de responsabilidades usual en los sistemas de transporte de América Latina y el Caribe.

El rol de gestión de políticas tarifarias se considera a cargo de la autoridad de transporte de la ciudad o, preferiblemente, la región, puesto que es una atribución de la política pública que afecta directamente la economía del usuario del sistema de transporte.

El modelo de asignación de roles más simple es aquel en que la cabeza del esquema de interoperabilidad se encarga de las funciones de la cámara de compensación y un único recaudador asume el resto de las funciones. En este modelo, el recaudador concentra la responsabilidad de garantizar la interoperabilidad a lo largo de todo el sistema, a nivel operacional y tecnológico. Aunque este modelo es factible y quizás el más expedito de implementar, genera un monopolio en manos del recaudador, otorgándole privilegios excesivos que pueden ser difíciles de modificar.

En caso de que el recaudador único no sea la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad, este modelo indica que tal organización tiene una débil capacidad de gestión. La razón es que se entregan roles de importancia pública a un agente privado, cuyos incentivos más grandes son obtener utilidades y permanecer como el único jugador con capacidad de manejar tales funciones. Por lo tanto, es muy importante definir claramente mecanismos que permitan eliminar, sin traumatismos, el monopolio del recaudador único, en caso de que la ciudad o región lo considere necesario. Esto incluye la posibilidad de introducir nuevas empresas recaudadoras, usualmente mediante contratos donde se acoten las atribuciones del recaudador único, en términos de manejo de información y uso de equipos y tecnologías. En la Figura 1 se ilustra este modelo con un único recaudador.

Figura 1. Modelo de interoperabilidad con un único recaudador



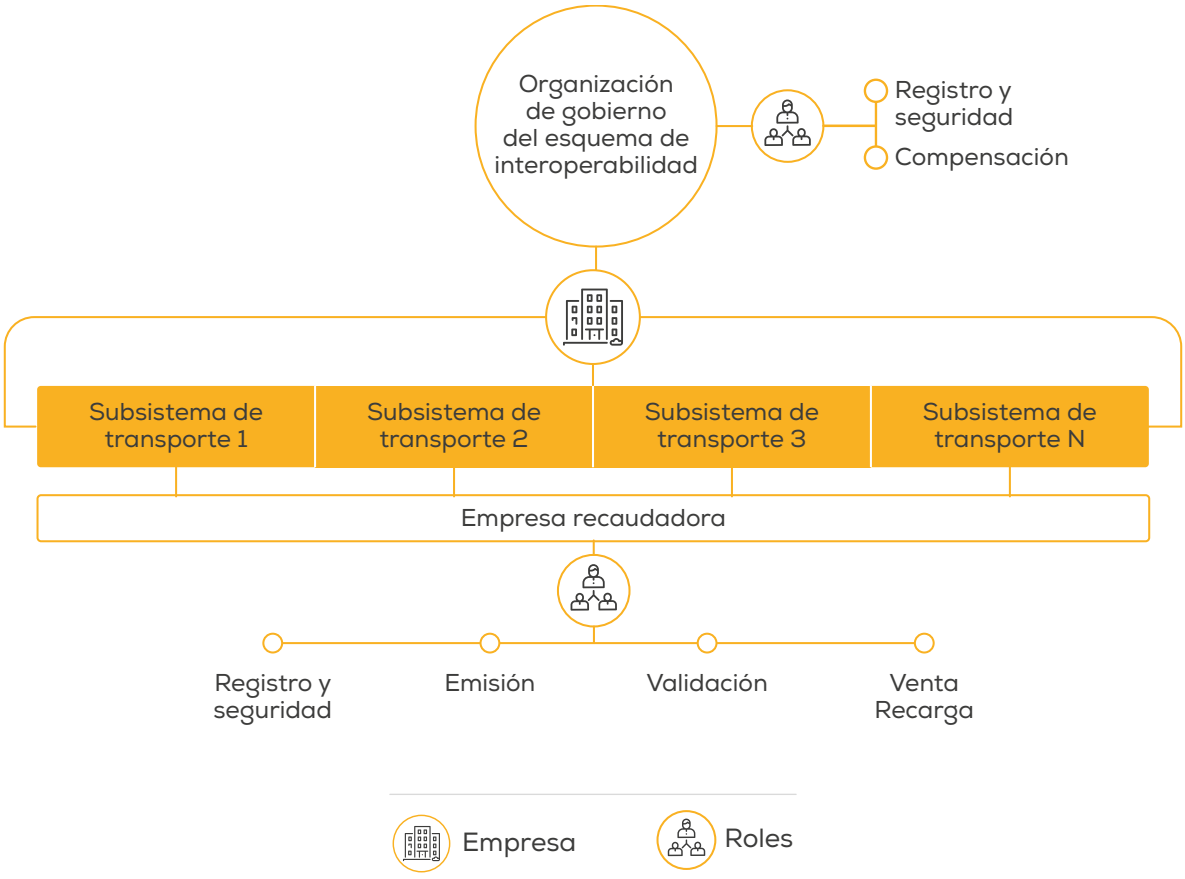
Fuente: Elaboración propia

Estratégias de RESOLUCIÓN

Aunque las combinaciones entre roles y su asignación entre distintos actores dan lugar a muchas posibilidades, en la práctica se observan otros dos modelos básicos para organizar el sistema de interoperabilidad, los cuales ofrecen más libertad a la organización de gobierno, así como más beneficios potenciales para los usuarios.

En el primero de ellos se establecen uno o más recaudadores por subsistema de transporte. Este modelo implica mayor competencia y mayores incentivos para que las empresas recaudadoras brinden buen servicio a los usuarios, en tanto que la organización de gobierno asume las funciones de registro y seguridad. Estas funciones implican la identificación de entidades y componentes del sistema, el manejo de las tecnologías de pago y la gestión de información confidencial, que son actividades esenciales para la operación del sistema. Si una empresa privada fuese responsable de estas funciones, podría interponer barreras a la organización de gobierno cuando ésta quisiese implementar cambios en el sistema o incorporar un nuevo actor. Por lo tanto, este modelo de gestión del sistema de recaudo interoperable requiere mayor planeación y capacidad técnica por parte de la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad. En la Figura 2 se ilustra este modelo con múltiples recaudadores.

Figura 2. Modelo de interoperabilidad con múltiples empresas recaudadoras

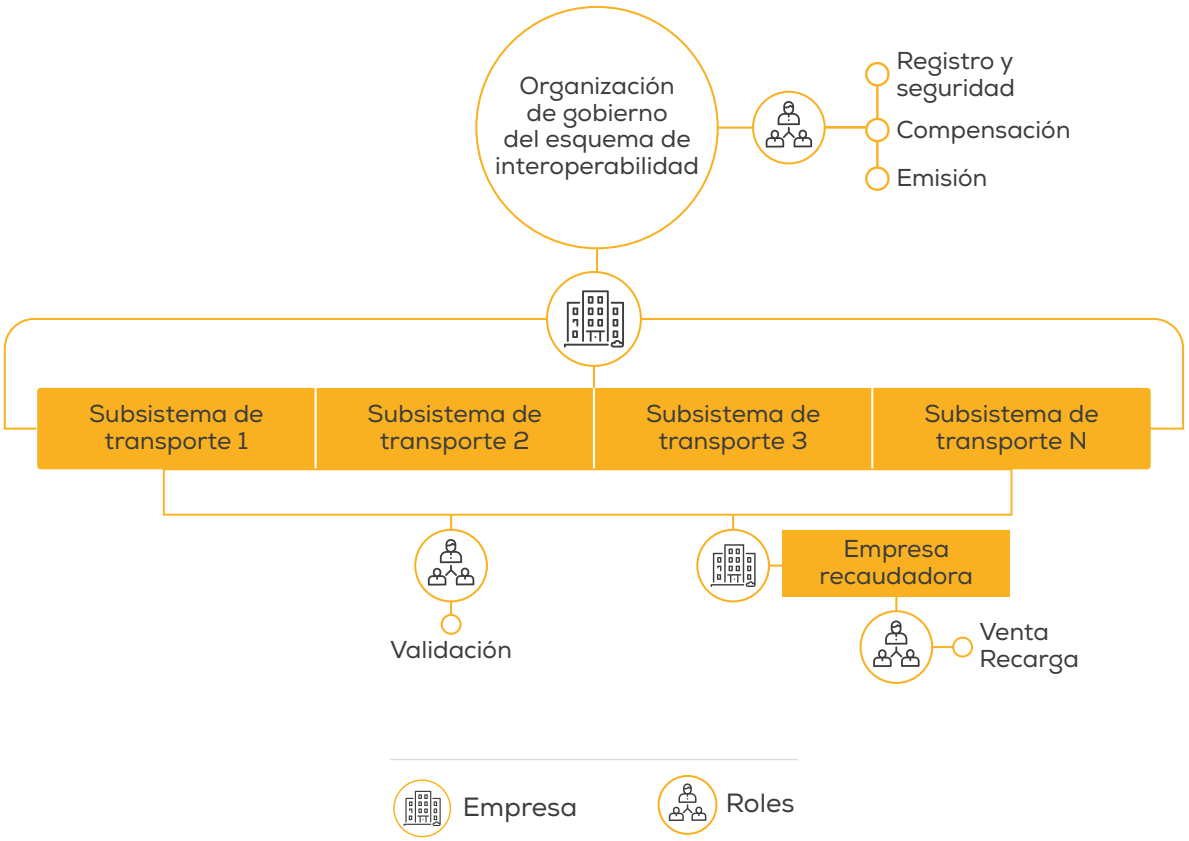


Fuente: Elaboración propia

En el segundo modelo, algunos operadores de transporte asumen la función de validación de medios de pago, mientras que las empresas recaudadoras se dedican a la administración de la red de recarga. Adicionalmente, se requiere que la organización de gobierno sea una entidad sólida administrativa y técnicamente, capaz de asumir la función de emisión de medios de pago, junto con los roles de cámara de compensación, registro y seguridad.

En este punto, cabe resaltar la importancia de adaptar el modelo de interoperabilidad a las condiciones específicas del sistema de transporte de la región en cuestión. Por ejemplo, muchas ciudades de América Latina y el Caribe, al vincular operadores de transporte de subsistemas de autobuses urbanos, enfrentan el riesgo de que éstos no reporten la suma total del monto que perciben por pasajes si se les entrega la función de recaudo. Por tal razón, una solución es permitirles a estos transportadores manejar la validación a bordo de sus autobuses, pero asignar el rol de recaudo a empresas recaudadoras, especializadas en proveer el servicio, a través de una red externa. La Figura 3 presenta un diagrama de este modelo, donde predomina la división de funciones.

Figura 3. Modelo de interoperabilidad con división de funciones



Fuente: Elaboración propia

En la práctica, el diseño e implementación del modelo de gestión de un sistema de recaudo interoperable en una ciudad o región depende del proceso de negociación entre los distintos actores y la capacidad o voluntad de las autoridades de transporte para construir organizaciones de gobierno competentes y sólidas. Debido a esto, cada ciudad define una distribución de roles propia, que usualmente difiere de los modelos descritos en la presente sección. No obstante, el punto de partida siempre debe ser el reconocimiento del sistema de transporte actual. A partir de ahí, la asignación de roles debe buscar adaptarse a la estructura institucional existente, al mismo tiempo en que se generan los incentivos correctos para que cada actor cumpla a cabalidad las funciones que se le deleguen. Así mismo, y como ya se mencionó, es fundamental que el gobierno del sistema de interoperabilidad esté en cabeza de una institución fuerte, capaz de liderar los cambios que necesite el sistema, en términos operativos y tecnológicos, a lo largo del tiempo.

Experiencias en la perspectiva institucional

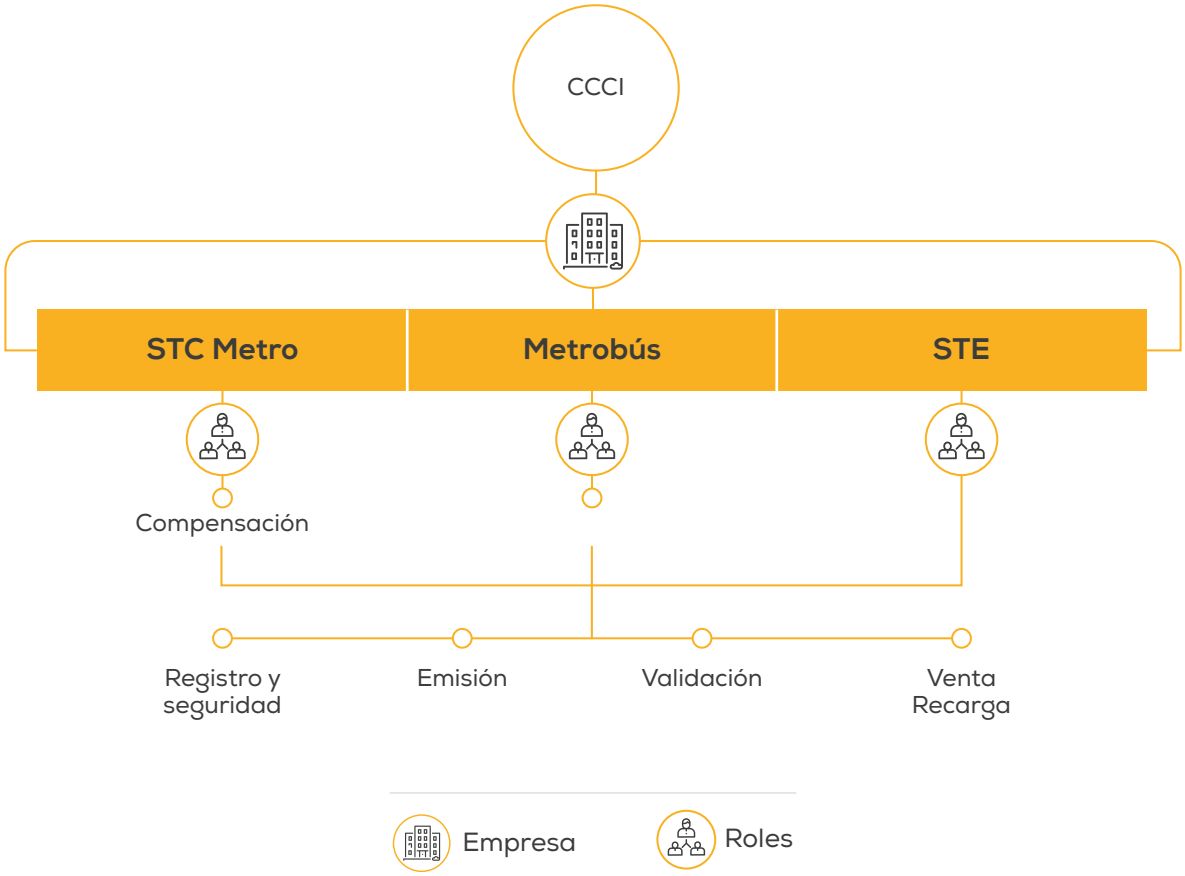
Ciudad de México

Inicialmente, Metrobús y STC Metro implementaron sistemas de tarjetas inteligentes no interoperables. En 2012, celebraron un Convenio de Colaboración Administrativa con el fin de definir los mecanismos necesarios para utilizar la tarjeta CDMX como medio de pago en los dos sistemas. Este convenio establece la creación del Comité de Coordinación para la Compensación de Ingresos por el uso de la tarjeta CDMX (CCCI) con el objetivo de "determinar los montos a compensar entre los organismos de transporte … a través del análisis y validación de la información generada en el periodo, en sus respectivas redes de transporte de pasajeros y, en su caso, proponer las adecuaciones necesarias para ratificar o modificar la compensación de ingresos efectuada".[13] En 2014, el citado convenio fue modificado para incorporar al STE dentro de las acciones establecidas en éste, incluyendo su integración al CCCI.

Con el objetivo de ampliar el alcance del esquema de interoperabilidad, también se han adelantado negociaciones con otras ciudades y subsistemas del área metropolitana, como Puebla y Mexibús, red de BRT que conecta la Ciudad de México con otras ciudades del estado. Sin embargo, las debilidades legales que presenta el esquema de interoperabilidad existente han propiciado que las negociaciones con cada ciudad se adelanten de manera aislada y bajo parámetros de confidencialidad que impiden que otros actores puedan conocer los acuerdos a los que se llegan. El resultado es que, a pesar de los avances de integración tecnológica, la integración comercial no ha sido efectiva. Ambos temas serán discutidos con mayor profundidad en las secciones de las cada perspectiva.

Con respecto a la distribución de funciones, el registro y la seguridad del sistema lo manejan conjuntamente STC Metro, Metrobús, y STE; mientras que la operación de la cámara de compensación es responsabilidad de STC Metro. El cruce de cuentas entre el Metro, el Metrobús y el Tren Ligero es efectuado por STC Metro y aprobado por el CCCI. Cada uno de los tres subsistemas de transporte masivo que han implementado el sistema de recaudo interoperable tiene funciones de emisión, venta, recarga y validación en sus estaciones; y la red de recarga externa la administra Metrobús. En la Figura 4 se ilustra la distribución de roles entre estos actores.

Figura 4. Distribución de roles en la Ciudad de México



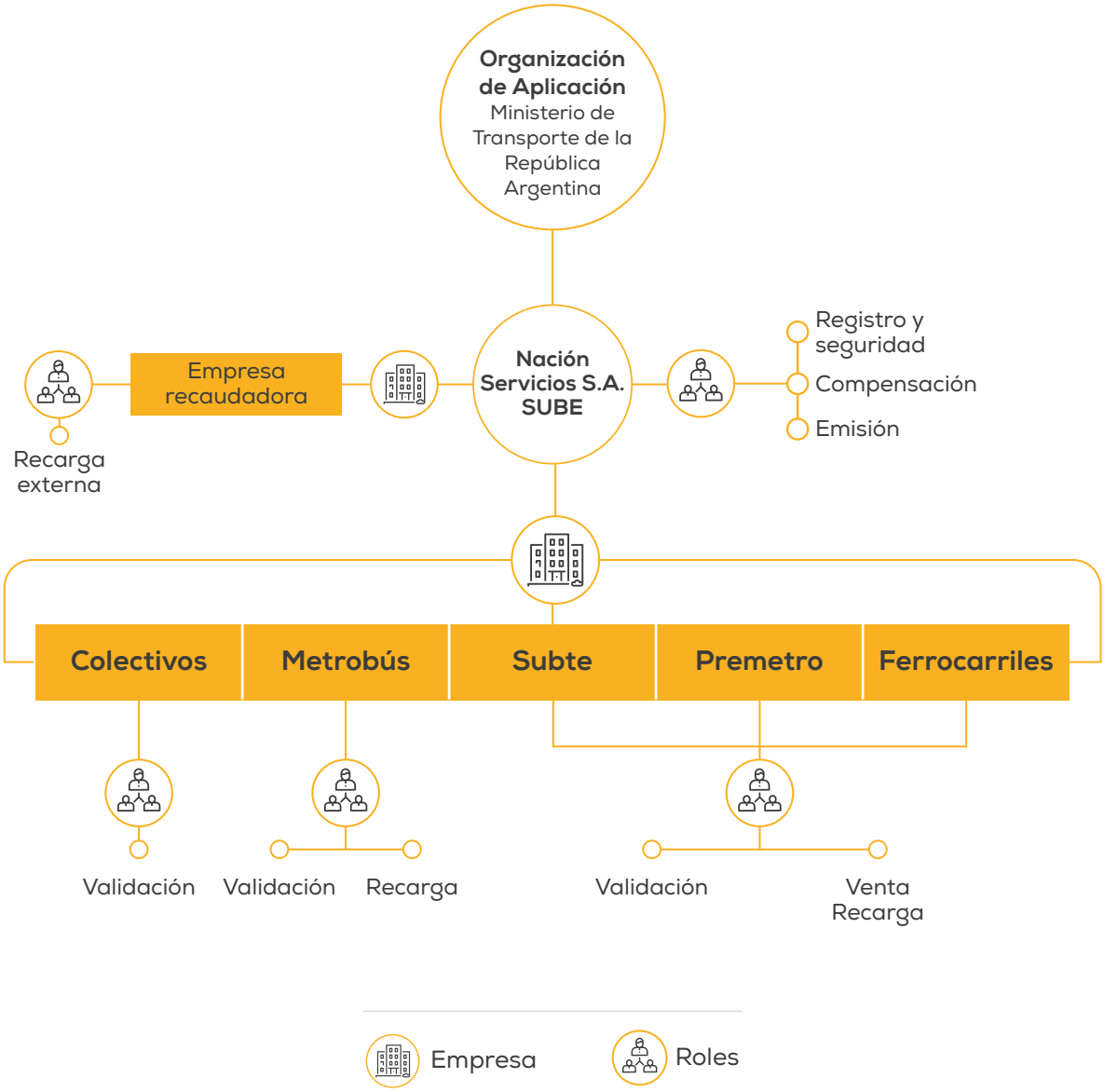
Fuente: Elaboración propia

Buenos Aires

En el caso de Argentina, la Secretaría de Transporte (actual Ministerio de Transporte) celebró un acuerdo marco con la institución estatal financiera, Banco de la Nación Argentina (en adelante, Banco Nación), para administrar la implementación del sistema de recaudo interoperable del país (SUBE). El ministerio se encarga de la gestión normativa y legal que define los requerimientos funcionales y operativos del sistema, así como de propiciar la aprobación de las normas y actos que deban otorgar otras autoridades nacionales o locales. Banco Nación se encarga de la implementación y manejo del sistema tecnológico, a través de su filial, Nación Servicios S.A. La ley definió en qué casos y en qué condiciones las ciudades deberían adoptar el esquema de interoperabilidad[16]. La filial el banco es Nación Servicios S.A. —que administra el SUBE— puede entenderse como una organización de propósito único con gran solidez técnica, liderazgo y control operativo. Dicho control ha permitido llevar la iniciativa a escala nacional, y adaptar rápidamente la tecnología según las necesidades de cada nueva ciudad.

Con respecto a la distribución de responsabilidades, Nación Servicios S.A. tiene a su cargo el registro, la seguridad del sistema, la cámara de compensación y la emisión. Los sistemas de metro y ferrocarriles realizan funciones de venta, recarga y validación. También existe un conjunto de compañías, homologadas por Nación Servicios, que operan una red de recarga externa. La red de autobuses colectivos sólo tiene a cargo la función de validación, mientras que el BRT adicionalmente ofrece recarga en sus estaciones. En la Figura 5 se ilustra la distribución de roles entre los actores del AMBA.

Figura 5. Distribución de roles en el AMBA



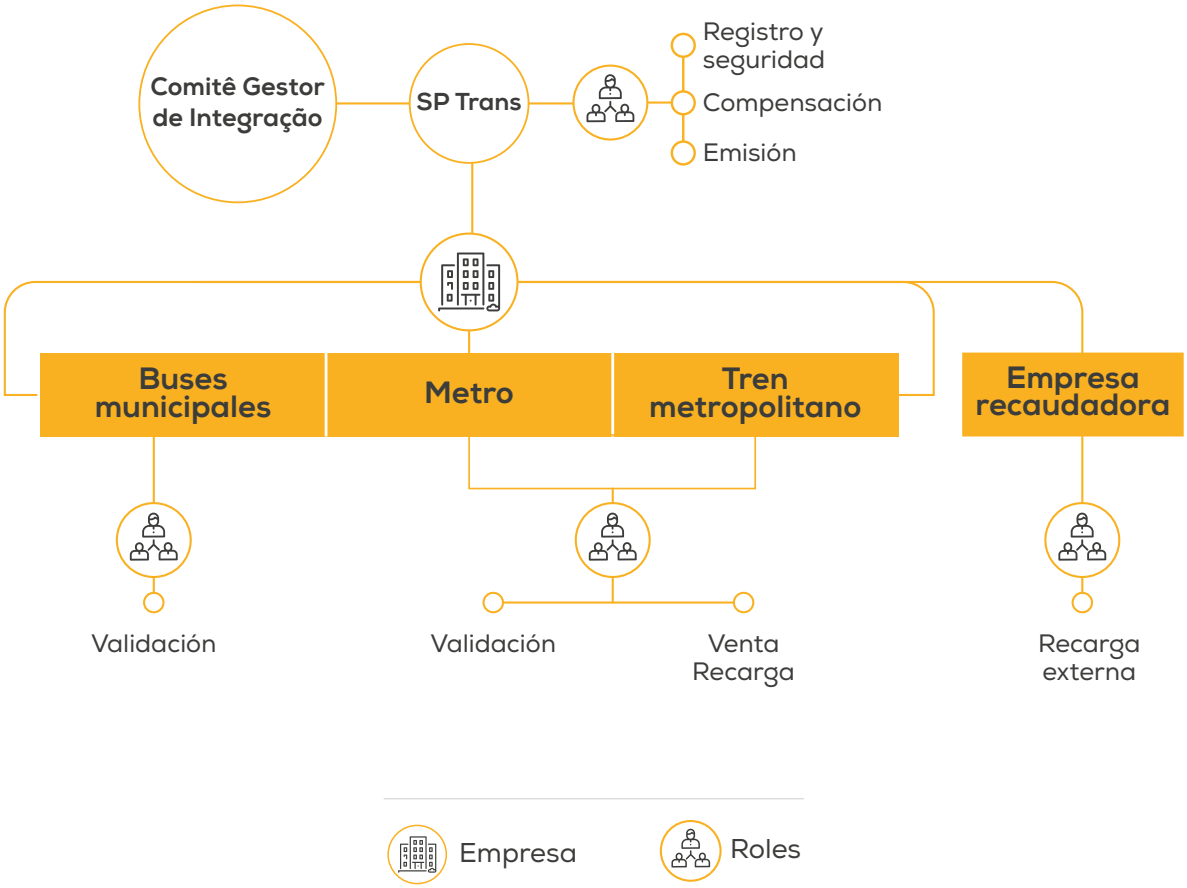
Fuente: Elaboración propia

São Paulo

En São Paulo existe un comité de control del sistema de interoperabilidad (Anexo II – Descrição do Sistema de Bilhetagem Eletrônica) que define la política de interoperabilidad y distribución de ingresos; mientras que la empresa que administra el sistema de autobuses de la Ciudad de São Paulo (SP Trans) también se encarga de gestionar la operación tecnológica de la red interoperable de recaudo, a la que pertenecen el metro y el tren metropolitano. Para asegurar una adecuada gobernanza del esquema, el comité está integrado por tres operadores públicos, tres privados, y representantes tanto de la capital como del Estado. Así mismo, basa sus decisiones en el consenso entre sus participantes y éstas son de obligatorio cumplimiento para todos ellos, siendo SP Trans la encargada de implementar los principales cambios en el sistema de información y tecnología de medios de pago.

Con respecto a la distribución de responsabilidades, en el Estado de São Paulo, SP Trans administra el sistema de recaudo interoperable basado en la tarjeta BU y tiene a cargo el registro, la seguridad del sistema, la cámara de compensación y la emisión del medio de pago. La red de venta y recarga externa, así como de las máquinas automáticas en estaciones, está a cargo de más de 21 empresas acreditadas por SP Trans, mientras que la recarga de puntos atendidos en estaciones y terminales está a cargo de los gestores de transporte respectivos. Por su parte, los operadores privados se encargan de la validación en los vehículos de su propiedad y en las terminales de autobuses. En la Figura 6 se ilustra la distribución de roles entre los actores involucrados.

Figura 6. Distribución de roles en São Paulo



Fuente: Elaboración propia

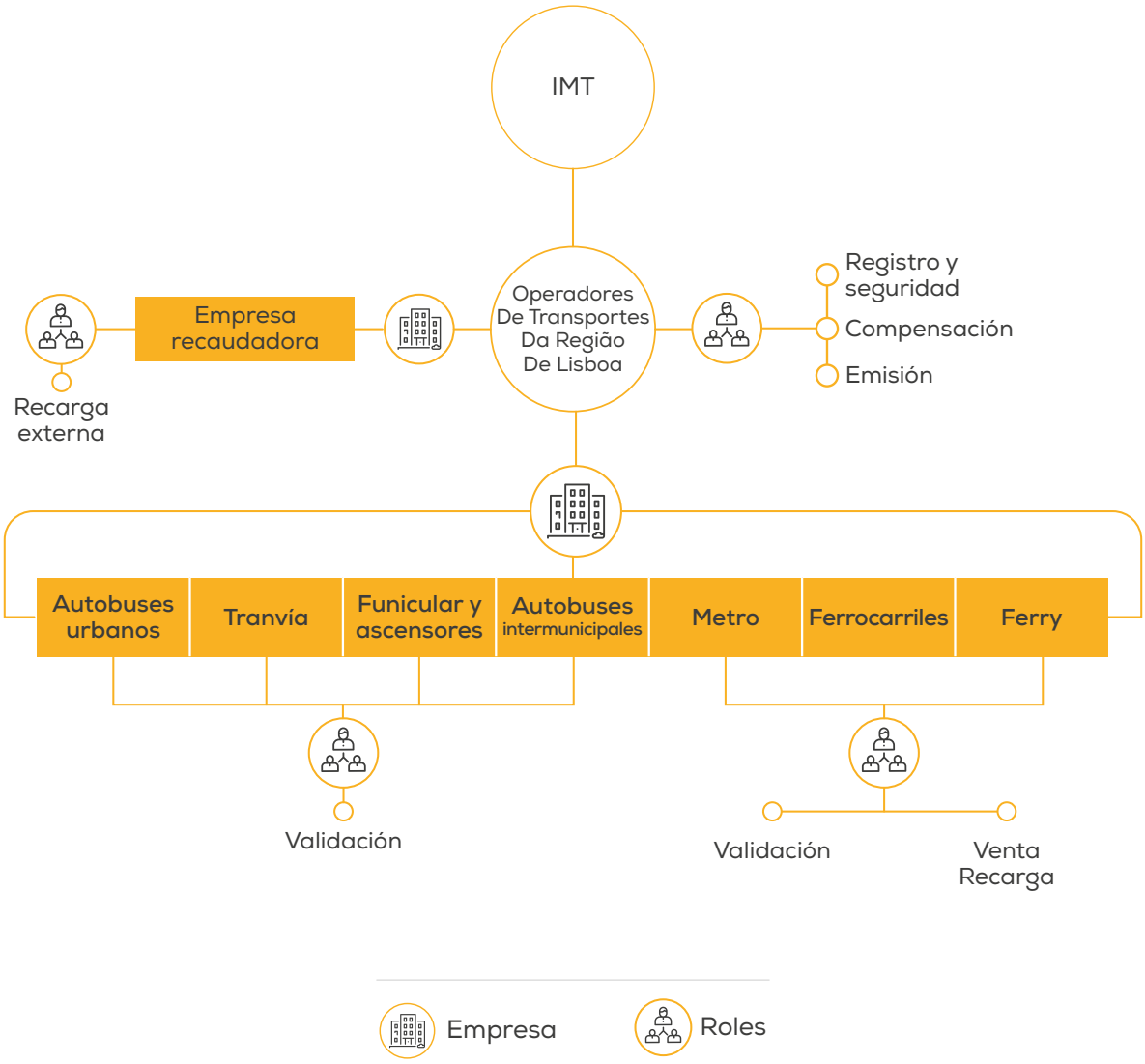
Lisboa

En Lisboa la autoridad de transporte encargada de definir la política tarifaria y supervisar el sistema de recaudo interoperable es el Instituto de Movilidad y Transporte (IMT)[17]. La empresa privada Operadores De Transportes Da Região De Lisboa (OTLIS) está a cargo de la implementación y operación del sistema tecnológico (VIVA), que permite la interoperabilidad entre los diferentes actores a través de un único medio de pago. Esta empresa fue creada en 1996 por las empresas operadoras de transporte Carris S.A., Metropolitano de Lisboa E.P.E., Comboios de Portugal E.P.E., Metropolitano de Lisboa E.P.E., Rodoviária de Lisboa S.A., Barraqueiro Transportes S.A., Transtenjo & Soflusa S.A. y Transportes Sul do Tejo S.A[18]. La Autoridad de Movilidad y Transporte (AMT) se encarga de hacer las compensaciones a los operadores de transporte, las cuales son derivadas de los beneficios otorgados en la política tarifaria definida por el IMT, el cual el IMT es una autoridad regional, mientras que la AMT es una autoridad de carácter nacional.

Con respecto a la distribución de responsabilidades, OTLIS administra el sistema de recaudo interoperable basado en el sistema VIVA, y tiene a su cargo el registro, la seguridad del sistema, la cámara de compensación, la emisión del medio de pago, y una red de recarga externa conformada por cajeros automáticos del banco Multibanco; el portal VIVA que permite hacer recargas por internet; puestos asistidos de recarga para empleados en empresas, y más de 400 puntos en establecimientos comerciales aliados. La red externa beneficia principalmente a los subsistemas de autobuses, tranvía, funiculares y ascensores. Los demás subsistemas de transporte cuentan con su red de recarga propia en estaciones, y la validación está a cargo de cada operador de transporte[19]. Los operadores de transporte se reúnen mensualmente con OTLIS para dar seguimiento a la operación del sistema de recaudo interoperable.

En la Figura 7 se ilustra la distribución de roles entre los actores involucrados.

Figura 7. Distribución de roles en el Área Metropolitana de Lisboa



Fuente: Elaboración propia

5. Perspectiva COMERCIAL

Un sistema de recaudo interoperable organiza operadores de transporte que previamente percibían el recaudo de pasajes directamente, en un medio de pago electrónico único, con el cual se puede otorgar la responsabilidad del recaudo a otros actores. En un contexto de interoperabilidad, los ingresos de todos los operadores del sistema son redistribuidos de acuerdo con unas reglas de compensación. Estos cambios en la operación comercial generan retos: por un lado, establecer un proceso de compensación que genere confianza entre todos los actores y, por otro, unas comisiones que permitan que los operadores del sistema de interoperabilidad sean remunerados adecuadamente. En este capítulo se abordan estos dos retos, sus estrategias de solución y las experiencias de las ciudades que son casos de estudio en este ámbito.

Reto 1 Distribuir los ingresos

Definición del PROBLEMA

Uno de los factores más importantes en el manejo comercial de un sistema interoperable es la forma en que se reparten los ingresos entre los diferentes actores participantes.

Las ventas y recargas de medios de pago se realizan en momentos y sitios diferentes de donde se validan los pasajes, usualmente involucrando varios subsistemas u operadores en el proceso. Por lo tanto, todo componente de la cadena de servicio debe ser considerado a la hora de definir la distribución de los ingresos de un sistema.

La distribución de estos ingresos sigue un proceso, el cual usualmente involucra reunir los recursos en una o varias cuentas y utilizar una cámara de compensación para definir la repartición de recursos entre los actores, según un conjunto de reglas definidas previamente. El reto es lograr que el sistema de compensación sea lo suficientemente eficiente, seguro y confiable, para que las partes involucradas en el sistema de transporte interoperable estén dispuestas a utilizarlo. Además, está presente el objetivo de que sea sostenible financieramente, garantizando que los recursos que genera el sistema de transporte, complementado con potenciales contribuciones directas del sector público, o mediante fuentes adicionales de ingresos que reviertan al sistema, puedan cubrir los gastos que se derivan de la implementación y operación de los procesos de compensación.

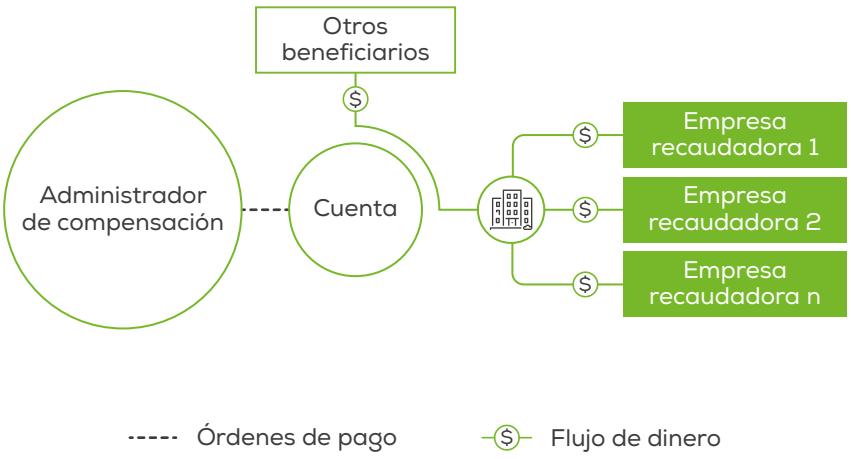
Estratégias de RESOLUCIÓN

Las soluciones de distribución de ingresos que siguen las ciudades usualmente se basan en alguno de los dos modelos que se describen a continuación. En ambos casos, es necesario que existan contratos que definan detalladamente tanto la forma en que se administran y transfieren los recursos, como la forma en que se remunera a cada empresa o entidad del sistema interoperable.

En el primer caso, los actores responsables de la venta y recarga en el sistema consignan sus ingresos en una cuenta única que maneja el responsable del rol de compensación. Esta cuenta es resguardada por una entidad financiera, ya sea un banco o una fiduciaria. Periódicamente, la cámara de compensación calcula el monto que se debe repartir a los beneficiarios del sistema, y el responsable de la compensación transfiere la suma correspondiente a cada uno de ellos. En la Figura 8, el ícono del banco representa la cuenta de recaudo, administrada por el responsable de compensación. Las flechas verdes representan los flujos de dinero recibidos por venta de tarjetas y pasajes, inicialmente captados por los recaudadores y que se dirigen a la cuenta de recaudo para, luego de definidas las compensaciones, ser transferidos a cada uno de los beneficiarios.

Considerando la posible existencia de esquemas o políticas cuyos ingresos estén orientados a la mejora del transporte público, como por ejemplo cobros por congestión o contaminación, este modelo se podría adaptar más fácilmente a la administración total de todos los recursos para el sistema de transporte. En este caso, los ingresos asociados a este tipo de esquemas se consignarían directamente en la cuenta única del sistema de transporte.

Figura 8. Distribución de roles en São Paulo

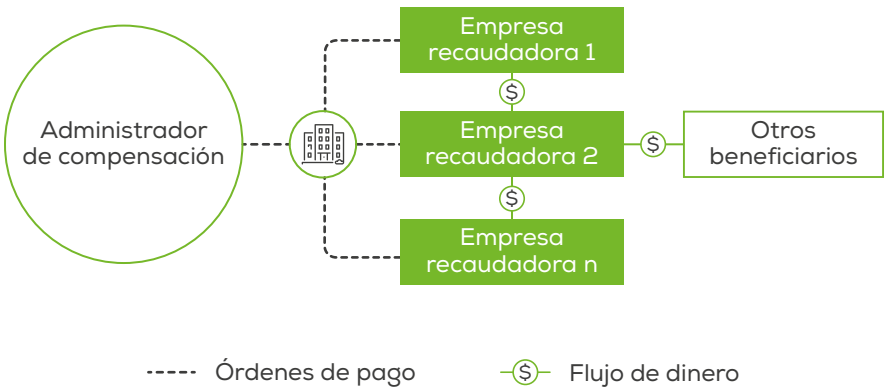


Fuente: Elaboración propia

En el segundo caso, la responsabilidad de manejo de los recursos recae en las empresas que tienen rol de recaudo, donde cada una de ellas tiene una cuenta propia en la que deposita los recursos que recibe. El responsable de la cámara de compensación tiene acceso a la información de las cuentas de las empresas recaudadoras y periódicamente calcula los saldos netos que le corresponden a cada beneficiario. Luego, emite órdenes de transferencia de recursos entre cada una de las cuentas. En la Figura 9 se muestra este esquema, donde los flujos de dinero (en verde) se hacen entre las cuentas de los recaudadores y, si fuera el caso, del resto de los beneficiarios.

En este modelo, es importante que las cuentas de las empresas recaudadoras tengan mecanismos de débito automático que se activen una vez que el responsable de la compensación emita una orden de transferencia de recursos entre cuentas (en lenguaje financiero se llaman *escrow accounts*). Así mismo, es recomendable que los contratos estipulen que las empresas recaudadoras mantengan un nivel mínimo de recursos en sus cuentas; esto con el fin de generar confianza entre todos los actores y prevenir que una orden de transferencia se encuentre con una respuesta de insuficiencia de fondos.

Figura 9. Proceso de compensación con cuentas *escrow*



Fuente: Elaboración propia

Vale la pena resaltar que ambos modelos presentados con anterioridad son casos extremos y que el sistema de interoperabilidad puede presentar combinaciones entre ambos. Por ejemplo, en un esquema interoperable regional, donde la ciudad capital tiene varios subsistemas de transporte, se puede adoptar un modelo en que la compensación sea administrada desde una cuenta de recaudo para estos subsistemas. Adicionalmente, las otras ciudades de la región podrían elegir tener cuentas de recaudo propias para sus servicios de transporte y recibir órdenes de transferencia de saldos.

Reto 2 Definir comisiones del sistema de interoperabilidad

Definición del PROBLEMA

La administración de los ingresos del sistema de recaudo interoperable implica unos costos que se pueden agrupar en tres categorías: recaudo (por venta, recarga y transporte de dinero), validación y compensación.

Los operadores sobre los que recae la responsabilidad de cada rol correspondiente deben ser remunerados de tal forma que se les permita cubrir los costos de operación, hacer inversiones en actualización tecnológica y obtener un retorno por su labor. Al mismo tiempo, se debe estimular un ambiente donde lo primordial sea satisfacer a cabalidad las necesidades de transporte de los usuarios.

En este sentido, la sostenibilidad financiera de los actores del sistema interoperable de recaudo debe garantizarse, ya sea a partir de los ingresos generados por el servicio de transporte, mediante contribuciones públicas, o por fuentes alternativas de financiación (cobros por congestión, estacionamiento en vía, entre otros). Muchos esquemas de remuneración han sido diseñados utilizando medidas de pasajeros transportados y/o km recorridos, para definir el monto que se paga a los operadores de transporte. Los mecanismos de remuneración a los operadores de recaudo también deben ser considerados.

Estratégias de RESOLUCIÓN

Los contratos deben definir de forma precisa el mecanismo de pago al administrador de la cámara de compensación y los operadores de emisión, venta, recarga y validación de medios de pago. La práctica más usual es establecer comisiones sobre el monto total de los recursos recibidos. Sin embargo, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- Los recaudadores deben ser remunerados por las recargas que se realizan en su red. En caso de que un operador de recaudo de un subsistema de transporte reciba recursos que luego sean utilizados en otros subsistemas, también debe reconocerse la comisión de recarga. Un caso ilustrativo ocurre cuando los operadores de transporte tienen también funciones de recarga. En este caso, se puede definir una comisión de interoperabilidad, la cual debe ser reconocida cuando el usuario recarga, por ejemplo, en una estación de metro, pero usa su saldo en el sistema de autobuses. El operador de autobuses debe reconocer al operador de metro la comisión por prestarle su red de recarga.

- Las comisiones deben ser las mismas para los distintos operadores. Establecer una comisión, ya sea de validación o de recarga diferente para un operador o conjunto de ellos, tiende a generar conflictos y acusaciones de entrega de privilegios injustificados a algunos actores.

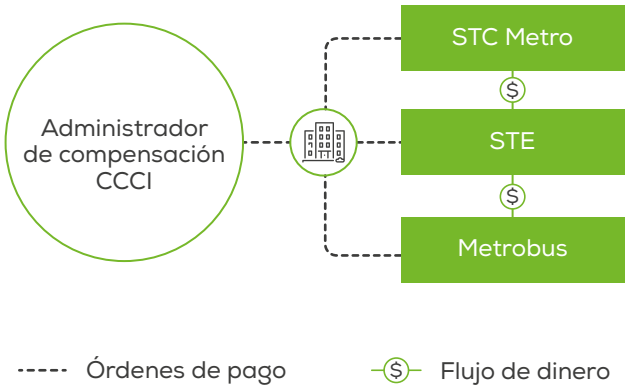
- Los saldos no utilizados (*breakage*) y el rendimiento del flotante pueden ser utilizados para cubrir los gastos del esquema de interoperabilidad. Cierta proporción del valor de recargas hechas por los usuarios nunca es utilizada. Además, todo el dinero recaudado permanece en cuentas bancarias, generando rendimientos financieros, hasta que es girado a los beneficiarios. En ambos casos se deben definir los usos que se darán a estos recursos. Una alternativa posible es utilizarlos para financiar la cámara de compensación o para cubrir los pagos por validaciones y recargas.

Experiencias en la perspectiva comercial

Ciudad de México

En la Zona Metropolitana CDMX se sigue un esquema de cuentas propias manejadas por STC Metro, STE y los concesionarios de recaudo de Metrobús. STC Metro, el administrador de la compensación, emite órdenes de transferencia entre estas cuentas. Un problema de este esquema de pago es que la periodicidad de las transferencias no fue claramente establecida en los acuerdos de interoperabilidad y STC Metro, a veces, tarda mucho en hacer las transferencias requeridas, situación que genera problemas de caja para las otras empresas.

Figura 10. Proceso de compensación en la Ciudad de México



Fuente: Elaboración propia

En la Ciudad de México no existen comisiones de interoperabilidad. De acuerdo con las reglas de distribución de ingresos, el total del recaudo se distribuye atendiendo las fórmulas de remuneración de los operadores en cada subsistema. La mayor proporción de recargas se hace en las estaciones de metro. Por lo tanto, STC Metro gira al resto de los operadores el dinero que les corresponde por validaciones, sin recibir contraprestación a cambio. Sin embargo, puesto que STC Metro usualmente tarda semanas en hacer los giros, se beneficia de los rendimientos que genera el flotante que administra. Este hecho ha generado conflictos entre los actores y es uno de los motivos que ha dificultado las negociaciones para que operadores de otras ciudades se adhieran al esquema de interoperabilidad.

Buenos Aires

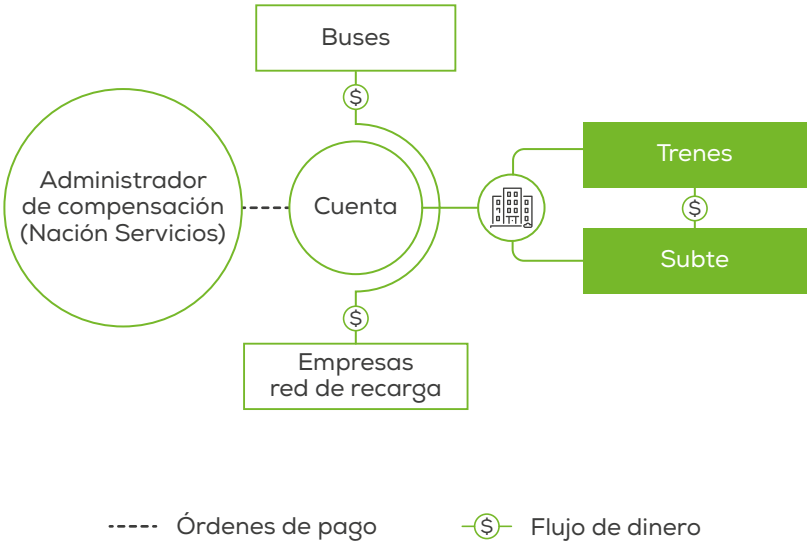
En Buenos Aires se utiliza un mecanismo de compensación que logra una sana remuneración de los roles de recarga, validación y compensación. Funciona de la siguiente manera:

- Nación Servicios cobra una comisión por validación a los operadores de transporte.
- El resto de los ingresos es distribuido entre los operadores de transporte, según las fórmulas de remuneración definidas en sus contratos. Los operadores de transporte que también tienen responsabilidades de validación deben cubrir los costos de validación con sus ingresos operativos.
- Los diversos operadores de recaudo cobran a Nación Servicios una comisión sobre el dinero que reciben. La comisión que cobra Nación Servicios a los operadores es superior a la comisión que cobran los transportadores a Nación Servicios.

La diferencia entre la comisión que recibe Nación Servicios y la comisión que paga son recursos que la empresa apropia y utiliza para cubrir los gastos administrativos, la operación de la cámara de compensación y la implementación de actualizaciones tecnológicas.

El proceso de compensación es un modelo híbrido entre un modelo de cuenta única y un modelo de cuentas *escrow.* El operador de trenes y el operador de subte tienen cuentas propias donde consignan sus valores recaudados. En cambio, las empresas de la red de recarga y los operadores de autobuses transfieren el recaudo a una cuenta manejada por el administrador de la compensación, Nación Servicios. Esta entidad calcula la remuneración que corresponde a cada actor y emite órdenes de transferencia. En el caso de trenes y subte se ordena transferir o que ellos transfieran el valor que salda su remuneración. A los operadores de la red de recarga y de autobuses se les transfiere el monto total de la remuneración. El esquema se ilustra en la Figura 11.

Figura 11. Proceso de compensación en Buenos Aires



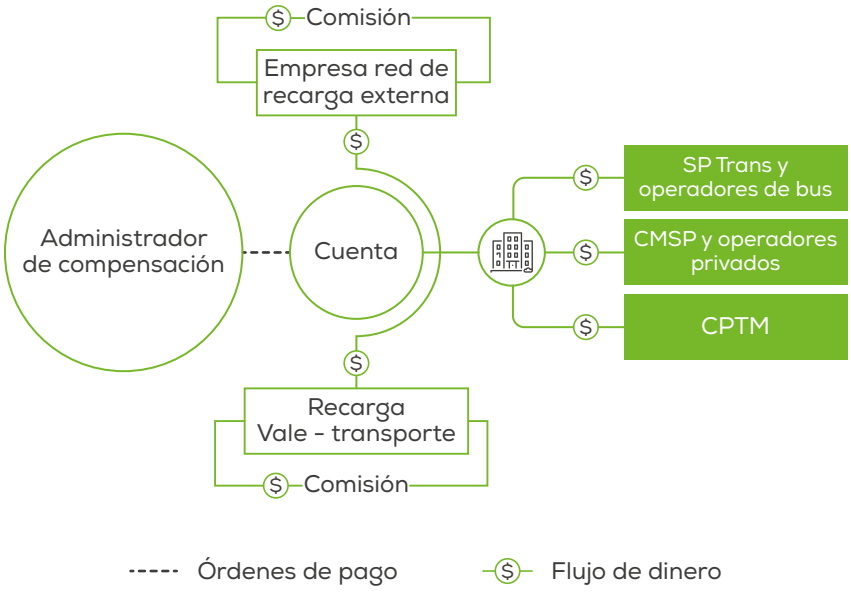
Fuente: Elaboración propia

São Paulo

En São Paulo existen dos métodos de recaudo. El primero es la red de recarga tradicional, en estaciones y puntos externos. El segundo es Vale-transporte, una operación de recarga utilizada por las empresas de la región, mediante la cual abonan créditos de transporte a sus empleados, según lo definen las leyes locales. En ambos casos, el administrador del esquema de interoperabilidad y del proceso de compensación, SP Trans, homologa a empresas privadas para prestar el servicio de recaudo. Por otra parte, los operadores de transporte son los responsables de los equipos de validación en sus respectivos subsistemas, los cuales también deben ser homologados por SP Trans.

Las compañías de recaudo de la red de recarga tradicional y Vale-transporte recaudan ingresos por pasajes, descuentan la comisión que les corresponde y consignan el remanente en una cuenta del banco Caixa Econômica Federal. Luego, el comité de gestión del sistema autoriza que los recursos sean girados al SP Trans, los operadores de autobuses, metro y trenes. Los operadores de estos sistemas también recaudan en las estaciones y terminales y retienen ese dinero. Así, después de que son calculados los montos que corresponden a cada operador, SP Trans lleva a cabo un proceso de liquidación de saldos de los montos recaudados en taquillas y emite las órdenes de transferencia de las sumas netas. El esquema se ilustra en la Figura 12.

Figura 12. Proceso de compensación en São Paulo



Fuente: Elaboración propia

Con respecto a las comisiones del sistema de interoperabilidad, el mecanismo de compensación que se utiliza logra una sana remuneración de los roles de recarga, validación y compensación. El mecanismo funciona de la siguiente manera:[20]

- Los operadores de transporte reciben una remuneración según las fórmulas estipuladas en sus contratos de transporte. Ellos deben cubrir los costos asociados a la validación. Para ello suscriben contratos de compra o arrendamiento de los equipos con proveedores de tecnología homologados por SP Trans.

- Los operadores de recarga cobran una comisión por sus servicios. En el caso de los operadores de Vale-transporte, la comisión la pagan las empresas que son sus clientes. En el caso de la red de recarga tradicional, el operador descuenta la comisión del monto recaudado. En ambos casos, un operador que maneja una red de puntos de lotería cobra una comisión de 1% sobre las recargas. Los demás operadores cobran una comisión de 0,8%[21].

- El 3,5% del monto recaudado es retenido y utilizado para cubrir gastos comunes de gestión de ingresos y pagos, así como también actividades de fiscalización y planificación operacional. El valor de la comisión se determina periódicamente mediante resoluciones legales.

Lisboa

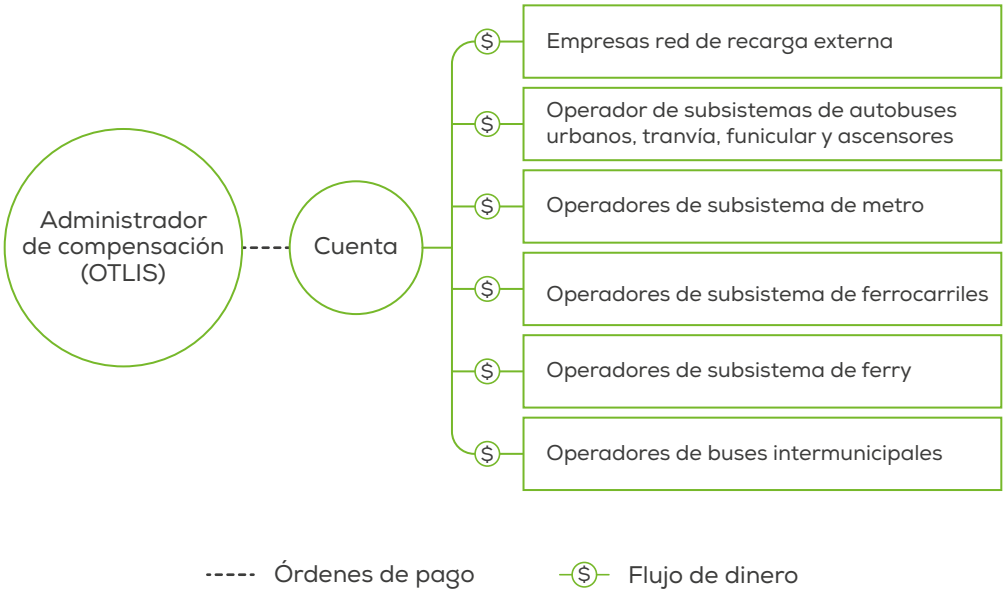
En el Área Metropolitana de Lisboa se utiliza un mecanismo de compensación que logra una sana remuneración de los roles de recarga, validación y compensación. Funciona de la siguiente manera:

- Los recursos recaudados por concepto de recargas y venta de tarjetas se depositan en una única cuenta administrada por OTLIS.
- Se envían las transacciones de validaciones y recargas del sistema de recaudo a la cámara de compensación administrada por OTLIS.
- La cámara calcula las remuneraciones correspondientes a los servicios prestados por cada operador y emite las órdenes de pago. OTLIS informa a la AMT los valores de las compensaciones que deben pagarse a cada operador. Estas compensaciones derivan de la política tarifaria definida por el IMT para ofrecer diferentes beneficios de descuento por transbordo y de la tarifa de transporte a estudiantes, adultos mayores, entre otros.
- OTLIS cobra una tarifa por cada transacción de venta y recarga del medio de pago.
- La cuenta realiza los pagos a los operadores de transporte y empresas recaudadoras, según las fórmulas de remuneración definidas en sus contratos.

Este modelo consta de una única cuenta recaudadora administrada por OTLIS. En esta cuenta única se deposita el dinero recaudado en la red externa de recarga y la red de venta/recarga de los subsistemas de transporte.

La cámara de compensación calcula la remuneración correspondiente a cada actor de acuerdo con las fórmulas comerciales definidas. OTLIS no cobra ninguna comisión por llevar a cabo la actividad de compensación, pero sí cobra una tarifa por cada transacción de venta y recarga realizada en el medio de pago. La remuneración calculada se transfiere de la cuenta única a la cuenta de cada uno de los actores que participan en el sistema de recaudo interoperable. El esquema se ilustra en la Figura 13.

Figura 13. Proceso de compensación en el Área Metropolitana de Lisboa



Fuente: Elaboración propia

6. Perspectiva TÉCNICA

La naturaleza de los sistemas de recaudo electrónico para transporte público requiere que el detalle de la tecnología sea cuidadosamente controlado para garantizar que sean resueltas las necesidades de interoperabilidad. Este apartado describe los principales problemas que se enfrentan para lograr que las tecnologías de recaudo sean interoperables.

Reto 1 Garantizar interoperabilidad entre operadores

Definición del PROBLEMA

La interoperabilidad requiere que todos los subsistemas de transporte y sistemas de recaudo acepten un conjunto común de medios de pago.

Desde el punto de vista del usuario, esto significa que es posible utilizar un único dispositivo para pagar y acceder a cualquier sistema de transporte de la región o ciudad / zona. Desde el punto de vista tecnológico, implica el diseño de una arquitectura que pueda ser adoptada por todos los operadores, bajo un estándar controlado por la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad.

La arquitectura tecnológica de un sistema de recaudo interoperable incluye cinco niveles de dispositivos, desde el cero hasta el cuatro, como se ilustra en la Figura 14 y se explica a continuación.

Nivel 0
Comprende los medios de pago, usualmente son tarjetas inteligentes sin contacto, pero también se pueden usar teléfonos celulares y otros dispositivos portátiles.

Nivel 1
Se refiere a los dispositivos utilizados para emitir, personalizar, vender, recargar, validar, y consultar el saldo de los medios de pago.

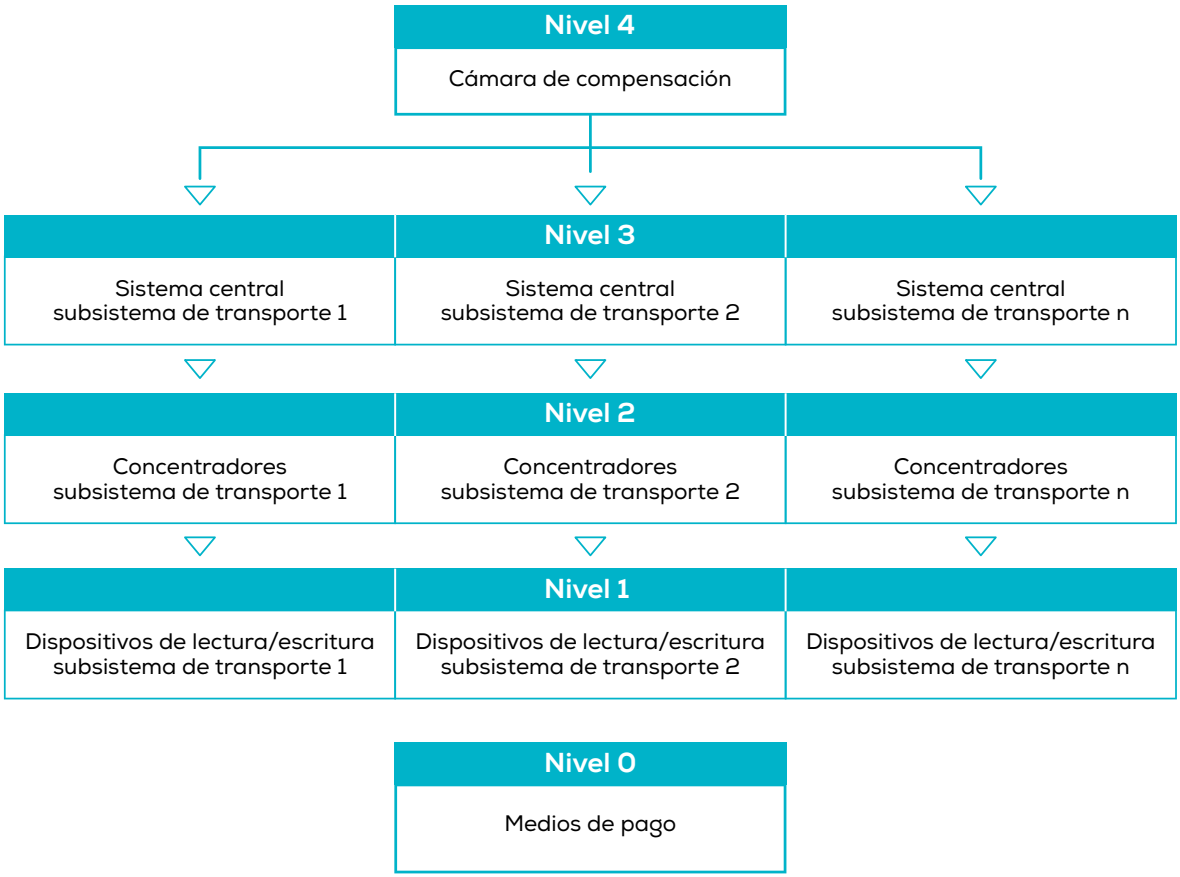
Nivel 2
Abarca los concentradores que llevan a cabo la recolección de transacciones y sirven como intermediarios entre los dispositivos de nivel 1 instalados en campo y un sistema central. Éstos son elementos opcionales que se pueden instalar en estaciones o patios de vehículos para facilitar la transmisión de datos al sistema central respectivo.

Nivel 3
Consiste en los sistemas centrales de cada subsistema de transporte u operador de recaudo, los cuales reciben y procesan los datos generados en niveles inferiores. Desde un sistema central se supervisa y controla la operación de los dispositivos de los niveles inferiores.

Nivel 4

Incluye los dispositivos de la cámara de compensación, los cuales consolidan los datos generados por la totalidad de los sistemas centrales en el sistema interoperable y permiten que los administradores de dichos sistemas intercambien información. La cámara de compensación calcula la remuneración de cada actor y genera informes consolidados sobre la actividad del sistema.

Figura 14. Arquitectura general de un sistema de recaudo interoperable



Fuente: Elaboración propia

Con el fin de garantizar la interoperabilidad del sistema completo, deberán existir especificaciones estandarizadas para los siguientes elementos de la arquitectura previamente presentada:

Nivel 0
Medios de pago, incluyendo su tecnología específica; la distribución de datos en la memoria; y los mecanismos de seguridad utilizados en la emisión, lectura y escritura de los medios de pago.

Interfaz nivel 0 – nivel 1
Intercambio de información entre dispositivos de lectura y escritura, y medios de pago.

Interfaz nivel 3 – nivel 4
Intercambio de información entre equipos de sistema central de nivel 3 y equipos de sistema central de nivel 4.

Modelo de seguridad
Hardware seguro utilizado para la emisión, recarga y validación de medios de pago; tipos de llaves y algoritmos criptográficos empleados para garantizar la seguridad de las transacciones generadas en el sistema; y protocolos de seguridad aplicados para mantener la confidencialidad e integridad de los datos que se comparten tanto entre los niveles 0 y 1, como entre los niveles 3 y 4.

Dichas especificaciones permiten que cualquier proveedor de soluciones tenga la capacidad de producir dispositivos de lectura / escritura capaces de interactuar con los medios de pago interoperables, y que todos los operadores de recaudo puedan enviar y recibir datos, hacia y desde la cámara de compensación, sin comprometer la seguridad del sistema.

Los demás elementos de la arquitectura (niveles 1, 2, 3 y 4) pueden ser definidos por los distintos proveedores tecnológicos, con base en sus propias soluciones, siempre y cuando satisfagan las especificaciones detalladas de las interfaces y el modelo de seguridad, así como los requerimientos funcionales, técnicos y de desempeño definidos por la autoridad del subsistema de transporte respectivo.

Estratégias de RESOLUCIÓN

La forma más directa de garantizar que todos los actores involucrados en un sistema de recaudo interoperable cumplan con las especificaciones detalladas del sistema es que éstas sean definidas en un estándar de interoperabilidad. El estándar debe ser propiedad de las autoridades de transporte del sistema, administrado por la organización del gobierno, y de obligatorio cumplimiento para todos los proveedores y operadores del sistema. De esta manera, se facilita la implementación de modificaciones requeridas para responder a la evolución de los subsistemas de transporte, incorporar actores nuevos, y adelantar actualizaciones tecnológicas que puedan mejorar tanto la operación del sistema como la experiencia del usuario.

El estándar debe desarrollarse para responder a las necesidades particulares de un ámbito específico de aplicación, pero es muy recomendable basarlo en normas internacionales que reflejen las mejores prácticas en la implementación de sistemas interoperables. La Tabla 4 muestra una lista de estándares internacionales que pueden ser considerados para distintos aspectos de la arquitectura de un sistema de recaudo interoperable.

Tabla 4. Estándares internacionales para sistemas de recaudo

Nombre	Descripción
ISO/IEC14443	Características físicas, comunicación y protocolos de transmisión para tarjetas inteligentes sin contacto.
ISO IEC 7816-4	Organización, seguridad y comandos para el intercambio de información con tarjetas inteligentes sin contacto.
ISO 24014-1	Arquitectura para un sistema de recaudo interoperable.
BS EN 1545-1 BS EN 1545-2	Tipos de datos elementales, listas de códigos y elementos de datos para sistemas de transporte y pago de viajes.
ASN.1	Notación para representación, codificación, decodificación y transmisión de datos con independencia de las especificaciones del aceptador del medio de pago.

Una alternativa es que el estándar de interoperabilidad sea consignado en documentos que estipulan las reglas y especificaciones técnicas que deben seguir todos los actores del sistema de recaudo interoperable. Estos documentos sirven como guía para que los proveedores tecnológicos, integradores y operadores de subsistemas de recaudo hagan los desarrollos y ajustes necesarios para adaptar sus soluciones a los requerimientos del esquema de interoperabilidad.

La adopción de un estándar mediante una especificación documental ha sido la práctica usada en la mayoría de las ciudades que han implementado esquemas de interoperabilidad. Sin embargo, recientemente ha tomado fuerza un enfoque donde la autoridad de transporte contrata el desarrollo de una o más interfaces de programación de aplicaciones *Application Programming Interface* (API), que implementan las reglas y especificaciones técnicas que se deben seguir para interactuar con los medios de pago interoperables y/o con la cámara de compensación.

La API es entregada como una librería a cada proveedor tecnológico, el cual se encarga de integrarla con el software específico asociado a su solución. De esta manera, es más sencillo hacer actualizaciones cada vez que se modifican las reglas de negocio del sistema, pues la autoridad únicamente debe generar una nueva versión de la API, en vez de solicitar una actualización de software por parte de cada uno de los proveedores tecnológicos del sistema.

La API permite una mayor adaptación a cambios rápidos de tecnología al centralizar el desarrollo de la lógica de negocio del sistema. Por ejemplo, si se quisiera comenzar a aceptar pagos con tarjetas bancarias, bastaría con desarrollar toda la lógica asociada a este nuevo servicio en la API y solicitar al proveedor tecnológico los ajustes menores de integración con la nueva versión de la API. Esto brinda una mayor flexibilidad frente a la implementación de mejoras en el sistema, que no existiría si se dependiera directamente de cada proveedor tecnológico. Adicionalmente, los tiempos de desarrollo y puesta en marcha de estas mejoras se reducirían en gran medida, pues la mayor parte de la gestión y desarrollo del proyecto estaría a cargo de la autoridad o del administrador del estándar de interoperabilidad.

Para el desarrollo de un estándar de interoperabilidad propio, ya sea mediante una especificación documental o a través de una API, las autoridades de transporte usualmente se apoyan en expertos en la implementación de este tipo de soluciones, quienes lideran el diseño del estándar y acompañan su proceso de implementación.

Reto 2 Seleccionar la tecnología de los medios de pago

Definición del PROBLEMA

En la sección anterior se mencionó que uno de los elementos que debe contemplar un estándar de interoperabilidad es la especificación detallada de los medios de pago.

Esto incluye su tecnología, su mapa de memoria, y los mecanismos de seguridad utilizados en su emisión, lectura y escritura. A partir de la selección de la tecnología, se diseñan el mapa de memoria y el modelo de seguridad. La necesidad de llegar al detalle de la tecnología del medio de pago al desarrollar el estándar de interoperabilidad radica en que, si no se hace esta definición, un proveedor tecnológico podría implementar el estándar según su conveniencia y entendimiento del mismo, y seleccionar una tecnología completamente propietaria y cerrada. A su vez, podría suceder que dos proveedores implementaran el estándar con tecnologías que por su definición no pueden ser compatibles debido a múltiples razones, como la definición de llaves de cifrado para autenticación, la necesidad de módulos *Secure Access Module* (SAM) específicos, la descripción de los comandos que se envían a las tarjetas y a los módulos SAM, entre otros.

Existen varias tecnologías para medios de pago utilizadas en sistemas de transporte público, de manera que es necesario elegir una o más de ellas para el esquema de interoperabilidad. Las principales opciones tecnológicas disponibles actualmente para la implementación de un medio de pago interoperable se pueden clasificar en las siguientes tres categorías:

- Tarjetas inteligentes sin contacto de circuito cerrado (*closed-loop*).
- Tarjetas inteligentes sin contacto de circuito abierto (*open-loop*).
- Dispositivos NFC.

Las primeras dos corresponden a tarjetas con chip sin contacto que operan mediante comunicación por radiofrecuencia y satisfacen el estándar ISO/IEC 14443. Estas tarjetas cuentan con un chip y una antena para comunicación con los dispositivos de lectura / escritura del sistema de recaudo. La antena permite que el chip se energice mediante el campo electromagnético generado por la antena del dispositivo y que se comunique con éste modulando la señal recibida. El chip almacena datos y ejecuta funciones a petición del dispositivo de lectura / escritura.

Las dos categorías se diferencian principalmente en el ámbito de aceptación. Las tarjetas de circuito cerrado son desarrolladas específicamente para un sistema de transporte. Con el fin de satisfacer requerimientos y restricciones del transporte público, como la velocidad de la transacción y limitaciones en las comunicaciones (especialmente en el caso de los autobuses), estas tarjetas permiten transacciones rápidas y fuera de línea. Para ello, almacenan un saldo correspondiente al valor recargado previamente por el usuario.

Las tarjetas de circuito cerrado en sus inicios fueron diseñadas como tarjetas de memoria, las cuales simplemente almacenaban información, a la cual se podía acceder por un lector mediante algún tipo de autenticación o simplemente leyendo la información en texto plano. Las tarjetas MIFARE Classic, por ejemplo, funcionan como un mapa de memoria de tamaño fijo compuesto por bloques que pueden ser leídos y modificados mediante una previa autenticación por parte del lector. Con el paso del tiempo, las versiones más robustas de este tipo de tarjetas se desarrollaron integrando microprocesadores especializados de tal forma que permitieran la creación de múltiples aplicaciones, un almacenamiento más flexible de información, y niveles de seguridad mayores.

Teniendo en cuenta las ventajas de las nuevas tecnologías en este tipo de tarjetas, una ciudad o región que vaya a implementar un sistema de recaudo electrónico para transporte público debería considerar medios de pago que permitan integraciones futuras y que se encuentren a la vanguardia tecnológica en el sector.

Por su parte, las tarjetas de circuito abierto han sido desarrolladas por la industria bancaria para pagos en establecimientos comerciales. Puesto que los montos involucrados pueden ser mucho mayores que los del transporte público y no existen los mismos requerimientos de velocidad, las transacciones se hacen en línea. De esta manera es más fácil garantizar la seguridad de las mismas y gestionar el riesgo asociado. Estas tarjetas no almacenan un saldo, sino que se utilizan como un identificador para acceder a la cuenta correspondiente. Sólo se autoriza la transacción cuando hay suficiente dinero en la cuenta (o un cupo de crédito disponible).

La tercera categoría corresponde a dispositivos con una tecnología de comunicación sin contacto de corto alcance denominada Comunicación de Campo Cercano NFC, la cual permite que el dispositivo se comporte como si fuera una tarjeta inteligente sin contacto y se comunique con los dispositivos de lectura / escritura de un sistema de recaudo. El estándar internacional que rige esta tecnología es ISO/IEC 18092.

La Tabla 5 presenta los principales productos disponibles en el mercado para la implementación de medios de pago, con las categorías tecnológicas a las que pertenecen, una descripción de las características más relevantes, y los estándares de pago aplicables. Los productos resaltados en negritas son los que satisfacen los requerimientos de un medio de pago interoperable, como se explica más adelante.

Tabla 5. Tecnologías para medios de pago de sistemas de transporte público

Categoría	Características	Productos	Estándares
Circuito cerrado	• Pagos en el sistema de transporte únicamente • Transacciones fuera de línea • Gran velocidad de procesamiento de transacciones (≤ 500 milisegundos) • Almacena el saldo en la tarjeta inteligente	MIFARE Ultralight	N/A
		MIFARE Classic	
		MIFARE Plus	
		MIFARE DESFire	
		Calypso Nativo	Calypso
		Calypso Light Application	
		Security Controller	CIPURSE™
		CIPURSE™ 4move	
		CIPURSE™ move	
Circuito abierto	• Pagos en transporte y comercios • Transacciones en línea • Procesamiento de transacciones demora varios segundos • Requiere dispositivos de lectura / escritura más costosos, debido a certificaciones exigidas por las banderas de pago • Almacena el saldo en una cuenta virtual • Utilizada por las banderas de pago Visa, Mastercard y American Express	Mastercard Contactless	EMV
		Visa payWave	
		American Express ExpressPay	
NFC	• Utiliza aplicaciones de dispositivo móvil inteligente (por ejemplo, celular o reloj) • El dispositivo funciona como una tarjeta inteligente sin contacto • Puede emular todos los productos disponibles para implementar medios de pago • Utilizada por Apple Pay, Google Pay, Samsung Pay, Fitbit Pay	Cualquiera de los anteriores	Según el producto emulado

La Tabla 6 presenta una comparación más detallada de las tecnologías de circuito abierto y cerrado en términos de cumplimiento de estándares, certificaciones de seguridad, algoritmos criptográficos soportados y posibilidad de emulación por *software* o *hardware*.

Tabla 6. Comparación entre tecnologías de circuito abierto y de circuito cerrado

Categoría	Producto	Estándares	Certificaciones Common Criteria	Algoritmos criptográficos	Emulación por *hardware* vs. emulación por *software*
Circuito cerrado	MIFARE Ultralight	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2 y 3)	No aplica	TDES (en la versión C)	No aplica
	MIFARE Classic	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2 y 3)	No aplica	Crypto-1	Emulación por *hardware* (controlador SmartMX para tarjetas inteligentes, productos certificados MIFARE4MOBILE)
	MIFARE Plus	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL 4+ y EAL5+	Crypto-1 y AES	Emulación por *hardware* (controlador SmartMX para tarjetas inteligentes, productos certificados MIFARE4MOBILE)
	MIFARE DESFire	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL 4+ y EAL5+	DES, 2K3DES, 3K3DES y AES	Emulación por *hardware* (controlador SmartMX para tarjetas inteligentes, productos certificados MIFARE4MOBILE)
	Calypso Nativo	ISO/IEC 14443 A y B (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL 4+ y EAL5+	DESX, TDES, AES	Emulación por software (applet Javacard y Host Card Emulation para teléfonos móviles)
	Calypso Light Application	ISO/IEC 14443 A y B (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL5+ (HID SOMA Atlas)	DES, AES	No aplica
	CIPURSE™ Security Controller	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL5+ (Infineon SLS 32TLC100(M))		Emulación por *hardware* (con el controlador integrado a una tarjeta inteligente)
	CIPURSE™ 4move	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL5+ (Infineon SLS 32TLC00xS(M))		Emulación por *hardware* (con el controlador integrado a una tarjeta inteligente)
	CIPURSE™ move	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	No aplica		Emulación por *hardware* (con el controlador integrado a una tarjeta inteligente)
Circuito abierto	Mastercard Contactless	ISO/IEC 14443 A (partes 1, 2, 3 y 4)	EAL 4+ y EAL5+	TDES, RSA, SHA	Emulación por software y *hardware* (applet Javacard y MULTOS, Apple Pay, Android Pay, Samsung Pay, etc.)
	Visa payWave				
	American Express ExpressPay				

Estratégias de RESOLUCIÓN

La mayoría de los sistemas de recaudo para transporte público modernos utilizan tarjetas inteligentes sin contacto de circuito cerrado como medios de pago. Éstas almacenan el valor recargado por el usuario, de manera que las transacciones se hacen directamente entre el dispositivo de lectura / escritura y la tarjeta, sin que se requiera la intervención de otros dispositivos o de una red de autorización.

Como se observa en la Tabla 5, existen varias alternativas desarrolladas específicamente para hacer pagos en sistemas de transporte público. Todas permiten transacciones en tiempos inferiores al medio segundo. Estos productos no satisfacen los requerimientos de seguridad del sector financiero para uso como tarjetas bancarias, pero permiten realizar transacciones seguras en sistemas fuera de línea como los que se usan en el transporte público.

Los distintos productos de una misma marca buscan satisfacer requerimientos diferentes. Los siguientes fueron desarrollados como medios de pago de uso limitado u ocasional: MIFARE Ultralight, Calypso Light Application y CIPURSE™ move. CIPURSE™ move se diseñó para pases de temporada (por ejemplo, mensual o semestral). MIFARE Classic es un producto de propósito más general; actualmente es el medio de pago de mayor uso en sistemas de transporte público, pero no se recomienda para sistemas nuevos debido a que es vulnerable a ciberataques cuyos detalles han sido difundidos públicamente. Adicionalmente, y teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el diseño de esta tarjeta como mapa de memoria hace difícil la creación de diferentes aplicaciones que permitan ofrecer distintos servicios en una sola tarjeta.

MIFARE Plus, MIFARE DESFire, Calypso Nativo y CIPURSE™ Security Controller satisfacen los requerimientos de un medio de pago interoperable. Permiten implementar estructuras tarifarias variadas, satisfacen estándares de seguridad apropiados para los sistemas de transporte público y ofrecen tamaños de memoria suficientes. Los últimos tres facilitan la implementación de múltiples aplicaciones (de transporte público y de otros sectores) en una sola tarjeta.

Hay algunas diferencias en los detalles técnicos de las marcas que ofrecen tarjetas de circuito cerrado y en los modelos de negocio respectivos, pero la selección de una marca para el medio de pago de un sistema de recaudo interoperable depende principalmente de consideraciones estratégicas y de una negociación de precios.

En años recientes, algunos sistemas de recaudo para transporte público han implementado la aceptación de tarjetas de circuito abierto. La idea de utilizar una tarjeta como medio de pago para el transporte público que también permita hacer compras en establecimientos de comercio es atractiva. Por un lado, es conveniente para el usuario, quien puede realizar sus pagos diarios con una sola tarjeta sin necesidad de recargarla; y, por otro, tiene varios beneficios potenciales para los operadores del sistema de transporte:

- Presenta una oportunidad para reducir costos asociados a la emisión, distribución, venta, personalización y recarga del medio de pago. Las primeras cuatro actividades quedan a cargo de los emisores de tarjetas bancarias, mientras que la última desaparece.
- Facilita la integración con otros sistemas de transporte que aceptan tarjetas bancarias como medio de pago.
- Proporciona una manera de atender sin esfuerzo a usuarios ocasionales y turistas.
- Permite al operador de transporte enfocarse en su competencia principal –el transporte– y salir del costoso negocio de procesar pagos.

Sin embargo, las tecnologías de circuito abierto requieren dos condiciones que les restan usabilidad como medios de pago para sistemas de transporte público. Primero, es necesario que el usuario tenga una cuenta bancaria u otro producto financiero al que se cobren las tarifas por los servicios de transporte utilizados. Puesto que en América Latina y el Caribe cerca de la mitad de la población adulta no está bancarizada, utilizar tarjetas de circuito abierto como único medio de pago para un sistema de transporte masivo genera restricciones de acceso significativas. Segundo, en los sistemas de circuito abierto los pagos son autorizados en línea, mediante una red que verifica el saldo de la cuenta o el cupo de crédito asociado, y hace el cobro respectivo. Este proceso requiere una red de comunicaciones robusta que no existe aún en la mayoría de las ciudades latinoamericanas. Además, el proceso toma más de un segundo –en ocasiones varios–, tiempo de espera inaceptable en un autobús o estación de alta demanda.

Así mismo, la infraestructura tecnológica requerida para soportar el procesamiento de las transacciones con tarjetas de circuito abierto suele ser más costosa que la de un sistema de circuito cerrado, debido a las certificaciones exigidas para los dispositivos de lectura / escritura y el sistema central. En el caso de los primeros, se requieren certificaciones Europay MasterCard Visa (EMV) de *hardware* y software, donde EMV es un estándar abierto para pagos, desarrollado por Europay, Mastercard y Visa. Además, cada bandera de pago exige una certificación propia para permitir que sus tarjetas sean procesadas por el dispositivo. En el caso del sistema central, se requiere una certificación de seguridad denominada Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS), o bien, delegar actividades de procesamiento a una entidad que ya tenga esta certificación.

Por las razones expuestas, en principio, se recomienda que las autoridades de transporte en América Latina y el Caribe que deseen desarrollar un esquema de interoperabilidad seleccionen una tarjeta de circuito cerrado como medio de pago principal. En el caso de un sistema de transporte basado en estaciones con comunicaciones alámbricas, o un ámbito geográfico con una red inalámbrica de muy buena calidad y cobertura, se recomienda evaluar la conveniencia de aceptar adicionalmente tarjetas de circuito abierto para la población bancarizada. Sólo en lugares donde la tasa de bancarización de los usuarios de transporte público es alta y las comunicaciones son confiables, se aconseja considerar las tarjetas de circuito abierto como medio de pago principal. Incluso en estos casos, es una buena práctica ofrecer adicionalmente un medio de pago de circuito cerrado para los usuarios no bancarizados.

La adopción de dispositivos con NFC como medios de pago para transporte público ha sido lenta debido a retos técnicos principalmente relacionados con: la heterogeneidad de los teléfonos móviles, la cual dificulta su integración con los sistemas de recaudo existentes; la seguridad del sistema, que depende del acceso a *hardware* del teléfono controlado por el fabricante o el proveedor del servicio de telefonía móvil; y los tiempos de transacción, los cuales no son adecuados para el entorno de transporte público. No obstante, es una tendencia en el sector y se espera que estos dispositivos sean de uso generalizado en el mediano plazo. En vez de cargar una tarjeta, los usuarios utilizarán sus celulares para acceder a los servicios de transporte. En principio, cualquier producto de circuito cerrado o de circuito abierto mencionado en la Tabla 5 podría ser cargado a una aplicación móvil. Servicios de pago móvil como Apple Pay, Google Pay o Samsung Pay podrán emular los productos que actualmente se implementan mediante tarjetas inteligentes sin contacto. Puesto que la penetración de los teléfonos inteligentes y el uso de aplicaciones móviles crece rápidamente, es muy probable que en algunos años los celulares reemplacen las tarjetas inteligentes como medios de pago en comercios y en sistemas de transporte público.

Reto 3 Garantizar interoperabilidad entre operadores

Definición del PROBLEMA

Como se menciona en el Reto 1: Distribuir los ingresos, para garantizar la interoperabilidad de un sistema de recaudo, es necesario especificar un modelo de seguridad y exigir su implementación por parte de todos los subsistemas integrantes.

El alcance de este modelo debe incluir los mecanismos de seguridad propuestos para controlar los permisos asociados a la ejecución de cada transacción del sistema, mantener la confidencialidad e integridad de los datos transaccionales y demás datos sensibles, y prevenir pérdidas de información. En particular, la comunicación entre los medios de pago y los dispositivos de lectura / escritura se encuentra condicionada por la concesión de dichos permisos a cada dispositivo. De igual forma, la comunicación entre los dispositivos del nivel 3 y la cámara de compensación depende de los protocolos criptográficos que se seleccionen para garantizar la confidencialidad e integridad de las tramas de las transacciones.

Además de definir y mantener actualizadas las especificaciones del modelo de seguridad, se requiere que un equipo técnico se encargue de generar un ambiente seguro para la emisión de módulos con circuitos integrados que contengan los permisos para la ejecución de las transacciones en los dispositivos de lectura / escritura. Estos permisos varían según la funcionalidad del dispositivo (emisión, personalización, venta, recarga, validación o consulta de medios de pago). Estos módulos también permiten el envío seguro de datos entre los medios de pago y los dispositivos de lectura / escritura.

Estratégias de RESOLUCIÓN

En el caso de los sistemas de recaudo que utilizan tarjetas de circuito cerrado como medios de pago, la estrategia recomendada para crear un modelo de seguridad robusto consiste en utilizar módulos de acceso seguro *Secure Access Module* (SAM) para almacenar las llaves criptográficas que permiten que los dispositivos de lectura / escritura se comuniquen con los medios de pago y ejecuten transacciones.

Los módulos SAM son tarjetas inteligentes de contacto —parecidas a las tarjetas SIM utilizadas en teléfonos móviles— que almacenan llaves de forma segura y usan algoritmos criptográficos para la autenticación de los medios de pago y la comunicación segura con éstos. Los módulos SAM permiten otorgar permisos para la ejecución de transacciones a los dispositivos de lectura / escritura del sistema.

Cada dispositivo de lectura / escritura tiene un lector de módulos SAM y una ranura donde se inserta el módulo que le permite desempeñar las funciones asignadas al dispositivo (por ejemplo, emisión, personalización, recarga o validación). Para ello se requieren varios tipos de módulos SAM, que se distribuyen a los dispositivos de lectura / escritura con el fin de otorgar los permisos requeridos para hacer las transacciones correspondientes.

La emisión de los módulos SAM del sistema de recaudo interoperable se lleva a cabo mediante el uso de un SAM maestro o de un módulo de seguridad de *Hardware Security Module* (HSM), a partir del cual se generan todas las llaves criptográficas del sistema y todos los tipos de módulos SAM requeridos. El SAM maestro o HSM almacena las llaves maestras del sistema, generadas mediante un procedimiento llamado "ceremonia de llaves", conducido por el actor encargado del rol de seguridad del sistema interoperable y complementado con la participación de otros actores, de manera que ningún actor quede con conocimiento de las llaves maestras.

La custodia del SAM maestro o HSM es responsabilidad del actor que asume el rol de seguridad del sistema. Este actor también es responsable de generar un ambiente seguro para la emisión de módulos SAM y garantizar su envío seguro a los integradores de los subsistemas, encargados de instalarlos en los dispositivos de emisión, personalización, recarga, etc. Adicionalmente, es su responsabilidad definir y mantener actualizadas las especificaciones detalladas del modelo de seguridad que hacen parte del estándar de interoperabilidad, incluyendo

instrucciones de instalación y configuración de los distintos tipos de módulos SAM en los dispositivos de lectura / escritura correspondientes.

Es recomendable que el rol de gestión de la seguridad del sistema esté a cargo de la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad. Tal recomendación deriva del hecho de que un actor privado estará inclinado a buscar ser el único emisor de módulos SAM generando un monopolio que le puede permitir obtener mayores utilidades y un mayor control de la tecnología, sin tener en cuenta la calidad del servicio que ofrece. En cambio, una entidad pública puede generar los módulos SAM y entregarlos a varios integradores de tecnología que los utilicen en los distintos subsistemas de transporte, fomentando así un entorno de competencia donde los integradores tecnológicos y operadores de transporte que presten un mejor servicio serán los que atraigan a más clientes y usuarios, y obtengan así mejores ingresos.

El modelo de seguridad basado en módulos SAM es propio de la tecnología de circuito cerrado. Los sistemas de pago con tarjetas de circuito abierto utilizan un modelo de seguridad definido en las especificaciones del estándar EMV y en las especificaciones propias de cada bandera de pago. En este caso, basta que el estándar de interoperabilidad incluya referencias a las especificaciones particulares requeridas.

Con respecto a las consideraciones de seguridad para el intercambio de información entre dispositivos de los niveles 3 y 4, es necesario garantizar las siguientes cuatro condiciones: confidencialidad, autenticación, integridad y disponibilidad.
Para lograr la autenticación e integridad de la información en la interfaz nivel 3 – nivel 4, es recomendable adoptar un sistema de firmas digitales de los archivos enviados, asociados a los casos de uso de los medios de pago, según la recomendación ITU-T X.509. Este sistema de seguridad permite cumplir con los siguientes requerimientos:

- Autenticación de actores: Garantiza que quien recibe el archivo puede verificar la autenticidad del remitente.
- Verificación de integridad de los archivos: Permite determinar que un archivo transmitido no ha sido modificado por un tercero durante su envío.
- No repudio: El emisor no puede negar la autenticidad de un archivo que ha sido firmado digitalmente a su nombre.

El cifrado de la información, por su parte, garantiza la confidencialidad de los datos enviados. Este cifrado puede ser logrado mediante la disposición de una Red Privada Virtual *Private Network* (VPN) para la comunicación entre los sistemas centrales de cada subsistema y la cámara de compensación, estableciendo como condición que esta comunicación mediante servicios web se haga por HTTPS.

En cuanto a la disponibilidad, se puede garantizar un índice de disponibilidad alto mediante el uso de redes privadas virtuales redundantes entre los sistemas centrales y la cámara de compensación.

Las especificaciones de seguridad que se relacionan con las interfaces entre los niveles 0 y 1, y entre los niveles 3 y 4 deben hacer parte del estándar de interoperabilidad. Esto implica que el estándar de interoperabilidad deberá incluir: la especificación de los tipos de SAM que serán usados en el sistema, el tipo de autenticación requerida para la comunicación con el medio de pago, los requerimientos de cifrado y/o firma de archivos enviados entre los niveles 3 y 4, y la necesidad de establecer redes privadas virtuales y comunicaciones por HTTPS entre estos niveles. Como se puede ver, un estándar de interoperabilidad claro y detallado es de suma importancia para garantizar la interoperabilidad tecnológica entre diferentes actores, así como la seguridad del sistema completo.

Experiencias en la perspectiva técnica

Antes de explicar cómo se logró la interoperabilidad técnica en cada caso de estudio, se presenta una tabla relacionando el medio de pago utilizado en cada sistema. Es de destacar que los medios de pago existentes en estas ciudades son de circuito cerrado. Aún no se ha implementado la aceptación de medios de pago de circuito abierto —o de billetera móvil a través de NFC— en ninguna de ellas.

Tabla 7. Medios de pago utilizados en los casos de estudio

Ciudad	Tarjeta antigua	Tarjeta actual
Buenos Aires	MIFARE Classic	MIFARE Plus
São Paulo	MIFARE Classic	MIFARE Plus
Ciudad de México	ASK CTM512B	Calypso
Lisboa	Calypso	Calypso

Ciudad de México

Actualmente, el sistema de recaudo del transporte público colectivo de la Ciudad de México está basado en la tarjeta CDMX. Las especificaciones de la tarjeta, de la seguridad y las interfaces entre tarjetas inteligentes y lectores, así como el sistema central y la cámara de compensación son propiedad de la ciudad. Sin embargo, la tarjeta CDMX fue originalmente desarrollada por Metrobús, con una especificación propiedad de la firma Technology Group Limited con sede en el Reino Unido (ASK) México, durante la implementación de sus primeras líneas. ASK era propietario y proveedor único de la tecnología de medio de pago, por lo que era necesario negociar con esa empresa todo cambio en el esquema de interoperabilidad.

Luego, con el apoyo del Banco Mundial, esta tecnología fue regulada para su implementación en el resto de los sistemas de transporte masivo de la Ciudad de México. La regulación incluyó una versión ligera de tecnologías de tarjetas basada en la tecnología de ASK, así como una versión completa "full" basada en la especificación de código abierto Calypso. Además, la ciudad de Puebla y el Estado de México también han implementado la misma especificación de estándar abierto en sus sistemas de transporte. No obstante, y como se mencionó anteriormente, las administraciones de estos territorios no han logrado llegar a un acuerdo comercial con la Ciudad de México para articular sus sistemas de transporte en un solo esquema interoperable. Sin embargo, si lograran alcanzar tal acuerdo la integración entre las tres regiones sería relativamente fácil y rápida, ya que cuentan con el mismo estándar de interoperabilidad.

Buenos Aires

El SUBE fue impulsado por el Gobierno Nacional como un sistema de recaudo que pudiera ser implementado en todo el país, basado en una tecnología de tarjetas regulada.

Su implementación fue hecha por el administrador del esquema, Nación Servicios, quien definió y desarrolló el estándar de interoperabilidad basado en estándares de código abierto. Nación Servicios acredita a proveedores de equipos para que puedan comercializarlos entre los distintos actores del esquema de interoperabilidad en Buenos Aires. El proceso de certificación se utiliza para garantizar que los proveedores acoplen la tecnología de sus equipos al estándar de interoperabilidad definido. Por ejemplo, los autobuses utilizan validadores instalados a bordo que luego, cuando llegan a los estacionamientos, envían la información a concentradores. Después, la información se transmite desde el concentrador hacia la cámara de compensación. En este caso, los proveedores deben acreditar una interfaz capaz de transmitir información entre el concentrador y la cámara. Por otro lado, el metro tiene un sistema central propio que recibe la información de los concentradores en estaciones y luego la envía a la cámara de compensación, mediante una interfaz entre estos dos sistemas.

Nación Servicios, además de regular técnicamente la lógica transaccional de los equipos de recaudo, también se encarga de ser el único emisor de medios de pago SUBE y módulos SAM. Al ser una subsidiaria de Banco Nación especializada en soluciones de medios de pago, tiene la capacidad técnica para definir las especificaciones de medios de pago y seguridad. Por ello, el proceso de implementación del estándar se benefició de contar con una empresa con experiencia en los temas de desarrollo de software y protocolos de seguridad para transacciones electrónicas.

A nivel nacional, en cada región existen múltiples proveedores de equipos de recaudo, que deben ser acreditados por Nación Servicios para poder prestar el servicio. Dichos equipos deben además contar con conectividad con Nación Servicios, quien concentra todas las transacciones y realiza los pagos a los actores de forma consecuente.

São Paulo

El caso de São Paulo es similar al de Buenos Aires. El administrador del esquema, SP Trans, seleccionó las tecnologías que conforman el estándar de interoperabilidad. También es el administrador de las llaves maestras para Generar SAMs, emite las tarjetas de BU, y se encarga de acreditar proveedores de dispositivos de lectura validación y recarga de tarjetas. Sin embargo, al ser SP Trans un operador de transporte, tuvo que crear nuevas dependencias para administrar el esquema de recaudo interoperable, incluyendo la definición del estándar de interoperabilidad y la cámara de compensación.

Vale la pena comentar un problema de seguridad que la región tuvo con el estándar de medios de pago. En São Paulo, así como en Buenos Aires, desarrollaron su red interoperable a partir del estándar de medios de pago MIFARE, creado por la empresa NXP Semiconductors. La primera versión del estándar, MIFARE Classic, ofrecía una especificación en principio segura, que cumplía con el estándar ISO/IEC14443 de la época y de bajo costo. Sin embargo, varios trabajos académicos mostraron que las tarjetas MIFARE Classic eran susceptibles a ataques con los que se podían obtener y modificar los valores almacenados en las tarjetas y clonarlas. Con los desarrollos computacionales era posible hackear una tarjeta de este tipo en diez segundos o menos.

En respuesta, NXP desarrolló una nueva versión del estándar a la que llamó MIFARE Plus. Esta especificación tenía unos algoritmos de seguridad más robustos que impedían los ataques de los que fue víctima el estándar previo y, al mismo tiempo, podía leer las tarjetas antiguas. Debido a estas fallas de seguridad, São Paulo debió hacer inversiones en la actualización de su estándar de interoperabilidad bajo los nuevos lineamientos del estándar MIFARE plus. Luego de varios años de iniciada tal transición, aún no ha terminado.

Lisboa

OTLIS es responsable de especificar, implementar, operar y garantizar la interoperabilidad del sistema de recaudo a través del sistema VIVA; también se encarga de definir las especificaciones técnicas de la tarjeta VIVA, así como de la emisión del medio de pago y los módulos SAMs.

VIVA es un sistema abierto conformado por un modelo de datos, un software de integración de herramientas de interoperabilidad (API VIVA) y el Sistema Central de Información de Transporte (SIIT). El modelo de datos representa un lenguaje común para todos los operadores y especifica la codificación de los datos almacenados en el medio de pago, los cuales contienen las reglas comerciales del sistema de recaudo basadas en las tarifas definidas por el IMT. La API es un software que permite a los dispositivos de lectura / escritura la comunicación con el medio de pago. Actualmente, la API soporta más de una docena de proveedores tecnológicos de dispositivos de lectura / escritura. El SIIT es un sistema central que recibe toda la información transaccional de validaciones y recargas del sistema de recaudo, además de que se encarga de realizar las compensaciones y emitir las órdenes de pago de acuerdo con las reglas comerciales establecidas[19].

Cada operador puede elegir su proveedor tecnológico, y es propietario y responsable del mantenimiento de su sistema de validación, red de recarga y sistema central. Sin embargo, deben adoptar el sistema VIVA e integrar las especificaciones y aplicaciones de interoperabilidad (modelo de datos y API) para aceptar la tarjeta VIVA como medio de pago y que su sistema central pueda conectarse al SIIT. OTLIS lleva a cabo los procesos de certificación para garantizar que los operadores acoplen la tecnología de sus equipos y sistemas al estándar de interoperabilidad.

7.
Lecciones aprendidas de casos donde no hay interoperabilidad

Cuando un sistema de recaudo se diseña sin tener en cuenta la interoperabilidad y los retos mencionados en los capítulos anteriores no son abordados, pueden presentarse inconvenientes que terminan perjudicando el servicio de recaudo y la visión del usuario acerca del sistema de transporte público. A continuación, se describen un par de ejemplos de ciudades en América Latina donde esto sucedió. Las conclusiones derivadas a partir de estas experiencias son lecciones aprendidas para tener en cuenta al diseñar un sistema de recaudo interoperable.

Bogotá

Colombia

En el año 2000 inició la operación del BRT denominado Sistema Transmilenio, con un único operador de recaudo contratado mediante concesión, cuyo sistema utilizaba una tarjeta MIFARE Classic. Al expandir el sistema de BRT y establecer el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP, que incluye Transmilenio y autobuses convencionales), en 2011, se otorgó otra concesión a un operador de recaudo para las nuevas líneas de BRT y las rutas de autobuses convencionales, exigiendo la integración del sistema nuevo con el sistema de recaudo existente. La intención era garantizar que el usuario pudiera adquirir una tarjeta emitida por cualquiera de los operadores y utilizarla en cualquier dispositivo de recaudo del SITP, sin importar el operador que lo administrara.

Desafortunadamente, la realidad fue otra. En ausencia de un estándar de interoperabilidad, el nuevo operador de recaudo seleccionó una tecnología propietaria para su tarjeta, conocida comercialmente como tullave. La tarjeta satisface las condiciones contractuales y los dispositivos del nuevo sistema tienen la capacidad de leer tarjetas MIFARE Classic, pero no se logró la integración de los sistemas de recaudo porque los operadores no llegaron a un acuerdo al respecto.

Durante casi cuatro años los usuarios del SITP tuvieron que utilizar dos tarjetas para poder acceder a todos los servicios del sistema de transporte. La integración total se dio durante el periodo de reversión de la concesión inicial de recaudo del Sistema Transmilenio. Para esto, el operador de recaudo nuevo reemplazó todos los dispositivos existentes por sus propios equipos, los cuales podían leer los dos medios de pago. Actualmente, este operador administra todo el recaudo del SITP y se permite el acceso al sistema mediante la tarjeta MIFARE Classic y la tarjeta tullave.

Perspectiva institucional

Transmilenio S.A. es el ente gestor que supervisa la operación del SITP. Aunque existe una autoridad del sistema de transporte, no existe una organización de gobierno que garantice interoperabilidad. Es decir, este rol y las responsabilidades asociadas no se encuentran asignados en el modelo institucional del sistema de recaudo de Bogotá. Esto se debe a que desde que se diseñó Transmilenio, nunca se pensó en la interoperabilidad del sistema de recaudo. La falta de este rol hizo que la planeación para la integración entre el sistema de recaudo existente y el nuevo fuera insuficiente, además de que se dio el escenario descrito con anterioridad, el cual podría repetirse en unos años cuando el metro inicie su operación.

Perspectiva comercial

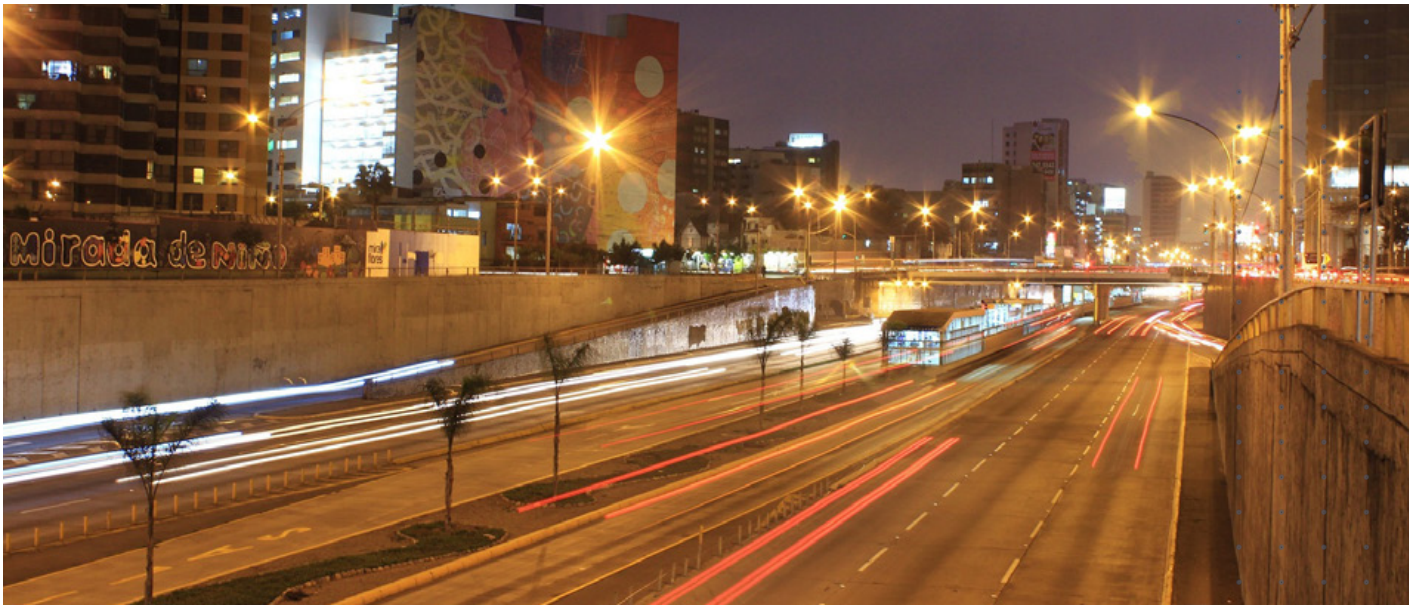
El escenario actual de falta de integración tecnológica genera efectos negativos en términos comerciales. En primer lugar, el Estado pierde poder de negociación pues está sujeto a los precios que el operador estipule cuando se le pide hacer una actualización en el sistema o una expansión. Adicionalmente, al no existir competencia en el mercado (en este caso por vincular usuarios) se pierde el incentivo de mejorar la experiencia del usuario en el sistema, por ejemplo, ofreciendo servicios agregados que no sean requeridos en el contrato del operador.

Perspectiva técnica

Si desde un principio se hubiera definido un estándar para el medio de pago a cargo del ente gestor o de la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad, la integración entre el sistema de recaudo antiguo y el nuevo habría sido transparente, pues el nuevo operador tendría clara la tecnología del medio de pago, su mapa de memoria, el modelo de seguridad y las interacciones entre niveles. Al no existir un estándar técnico, el operador nuevo seleccionó un distinto medio de pago de tecnología y mapa de memoria propietarias. Esto dificulta una eventual entrada de otro operador de recaudo, por ejemplo, para el metro o el tren de cercanías. Si se decide usar la tarjeta tullave en el nuevo sistema, de forma obligada se tendrán que adquirir los medios de pago a través del operador actual. Si se decide usar una tarjeta distinta, sin un estándar técnico de interoperabilidad, se volverá a la situación de 2011, en que el nuevo operador no logró integrarse con el sistema existente.

Lima

Perú



En la actualidad, varios sistemas prestan el servicio de transporte para los usuarios del Área Metropolitana de Lima, la cual comprende la conurbación de las ciudades de Lima y Callao. Entre ellos se encuentran el Metro de Lima (Línea 1), el Sistema Metropolitano de Transporte (BRT), los Corredores Complementarios y los autobuses convencionales. Metro de Lima y el Sistema Metropolitano son los únicos subsistemas que contemplan el uso de medios de pago electrónico.

El Metro y el Sistema Metropolitano son supervisados por entidades públicas diferentes: la Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte Masivo de Lima y Callao (AATE), en el primer caso, y PROTRANSPORTE, en el segundo. Estas entidades otorgaron en concesión la operación del recaudo para los subsistemas respectivos a operadores distintos. El primero ofrece la Tarjeta Medio y el segundo, la Tarjeta Inteligente. En ambos casos, las tarjetas son MIFARE Classic, pero los sistemas no son interoperables.

La duplicidad de medios de pago representa un gran inconveniente para los usuarios, quienes requieren dos tarjetas para acceder a los dos subsistemas de transporte y no pueden aprovechar descuentos por transbordos entre sistemas.

Perspectiva institucional

No existe una organización de gobierno que garantice interoperabilidad. La AATE y PRO-TRANSPORTE supervisan sus respectivos subsistemas, pero no hay una interacción entre dichas entidades para tratar temas de interoperabilidad. Por este motivo se da la existencia de dos tarjetas que no son interoperables, aunque cuentan con la misma tecnología. Para lograr la interoperabilidad del sistema de recaudo, es necesario asignar el rol y las responsabilidades asociadas a la organización de gobierno del esquema de interoperabilidad bien sea a alguna de estas dos entidades, a otra entidad, o a un comité conformado por varios actores.

Perspectiva comercial

Desde el punto de vista comercial, existe un problema similar al de Bogotá, puesto que sólo hay un operador de recaudo por subsistema de transporte y éstos no compiten entre sí, generando un único mercado asociado para cada subsistema. Por lo tanto, cada autoridad depende de un único proveedor, el cual no tiene incentivos para ofrecer mejores precios o mejores servicios, y se limita a cumplir con sus obligaciones contractuales.

Perspectiva técnica

Aunque ambas tarjetas son MIFARE Classic, sus mapas de memoria son distintas. Ningún operador de recaudo ha implementado la aceptación del medio de pago emitido por el otro operador, además de que no tienen la obligación ni incentivos para hacerlo.

En principio, parecería ser fácil lograr la interoperabilidad, dado que se trata de una misma tecnología. Sin embargo, puede haber

dificultades imprevistas. Puesto que los sistemas fueron desarrollados de forma independiente, es posible que existan coincidencias en los identificadores de las tarjetas de los dos sistemas, lo cual representaría un obstáculo para la integración pues no se garantizaría unicidad del identificador de cada medio de pago. Además, la integración requiere desarrollos en los dispositivos de lectura / escritura y los sistemas centrales, en cualquier caso.

Por lo tanto, en lugar de buscar la interoperabilidad mediante la aceptación universal de los dos medios de pago existentes, es recomendable definir un estándar técnico que incluya la selección de una tecnología más moderna y segura, la definición del mapa de memoria del medio de pago, la especificación de las interacciones entre medios de pago y dispositivos de lectura / escritura, y la definición del modelo de seguridad del sistema.

La definición del estándar técnico le brindaría control al Estado sobre las características del medio de pago y sus especificaciones. Esto resolvería un inconveniente que se presenta en el Sistema Metropolitano, donde el mapa de memoria del medio de pago es de propiedad del operador de recaudo y PROTRANSPORTE no tiene acceso al mismo. La definición del estándar también facilitaría la entrada de nuevos operadores de recaudo (por ejemplo, para los autobuses convencionales), asegurando la interoperabilidad técnica entre este operador y los operadores existentes.

8. Posibilidades futuras de interoperabilidad

La invención de tarjetas con bandas magnéticas y, luego, de tarjetas inteligentes permitió el desarrollo de sistemas de recaudo interoperables. Con nuevos avances tecnológicos, es muy posible que en el futuro se pueda ampliar el alcance de estos sistemas, así como flexibilizar su funcionamiento. En esta sección se comentan dos tendencias que pueden ganar protagonismo como soluciones de interoperabilidad en un futuro: ABT y MaaS.

Recaudo basado en cuentas

En la definición del problema del Reto 2: Seleccionar la tecnología de los medios de pago, se describieron las principales diferencias entre las tecnologías de pago de circuito cerrado —desarrolladas específicamente para el sistema de transporte— y circuito abierto —utilizadas por VISA y Master Card—, y los dispositivos con NFC usados como si fueran una tarjeta inteligente sin contacto.

Una característica distintiva de las transacciones realizadas con tarjeta bancaria es que requieren una red en línea que permita la comunicación con un sistema central donde se verifique el saldo de la cuenta del usuario y se descuente el valor a pagar; en contraste con los sistemas de circuito cerrado, donde la operación transaccional se hace fuera de línea en la misma tarjeta.

Un sistema ABT opera de manera similar a como lo hace el sistema de circuito abierto. La organización de gobierno del esquema de interoperabilidad u otro actor involucrado podría desarrollar un sistema central que genere, almacene y administre cuentas de usuario; junto con una red que permita manejar las validaciones de acceso al sistema. Calypso[22] identifica que una implementación de este tipo representa los siguientes beneficios para un sistema interoperable de transporte:

- Desde el sistema central se pueden actualizar y/o implementar diferentes esquemas o políticas tarifarias, sin necesidad de hacer actualizaciones al software de los dispositivos de lectura / escritura o medios de pago. Por ejemplo, es posible ofrecer paquetes que agreguen validaciones a lo largo de un día, semana o mes, y luego hacer un cobro según la cantidad de accesos o distancia recorrida. Caso contrario, la tecnología de circuito cerrado tiene mayores limitaciones porque el cobro debe hacerse al momento de la validación, atendiendo las reglas tarifarias definidas en el medio de pago y el dispositivo de lectura / escritura.

- Un sistema ABT permite que el pago se haga mediante esquemas de facturación prepago y pospago. En el primer caso, el usuario recarga el valor que desea gastar en la cuenta de transporte. En el segundo, el usuario recibe una factura periódica similar a la del teléfono móvil de acuerdo con los servicios de transporte utilizados.

- Una única cuenta para todos los servicios permite la integración tarifaria de diferentes sistemas modales de transporte, como renta de bicicletas o *park-and-ride.* El costo de estos servicios puede ser más atractivo para el usuario, lo que ayuda a promover el intercambio modal. Por ejemplo, el ABT permite al usuario validar y cargar a su cuenta tanto el servicio de estacionamiento como el servicio de transporte público, y recibir descuentos por hacer este tipo de transferencias en su viaje.

- Cualquier dispositivo electrónico capaz de almacenar la información de identificación de la cuenta o usuario puede servir como medio de pago. Debido a esto, pueden surgir más opciones además de una tarjeta o un teléfono inteligente.

- La pérdida del medio de pago no implica la pérdida del valor recargado para usar en el sistema de transporte. El saldo continúa en la cuenta del usuario almacenada en el sistema central.

- Los dispositivos de recarga de medios de pago no son indispensables, ya que el valor o créditos de transporte podrían ser abonados directamente a las cuentas del usuario mediante transacciones en línea.

- La función de los dispositivos de lectura / escritura se simplifica a la autenticación y validación de la información almacenada en el medio de pago con la cuenta del usuario almacenada en el sistema central. Por lo tanto, es más fácil adoptar un estándar de interoperabilidad y que más proveedores puedan participar, debido a que baja la complejidad del desarrollo de interfaces de comunicación entre medios de pago y dispositivos de escritura/lectura.

- Un sistema ABT puede ser implementado sobre la infraestructura existente de los sistemas de interoperabilidad basados en tecnología de circuito cerrado. Se requiere una inversión para la construcción de una red de comunicaciones robusta y la adecuación del sistema central.

Varios problemas que presenta la implementación de este modelo transaccional fueron mencionados en secciones anteriores. En particular, vale la pena mencionar, en cuanto a tecnología, las transacciones en línea dependen de la disponibilidad de la red de comunicación. Los tiempos de espera para validación son todavía muy largos para una estación con elevado flujo de pasajeros. Si la red presenta fallas, el servicio al usuario sería gravemente afectado y las soluciones actuales implican asumir riesgos de validaciones indebidas que pueden lastimar la salud financiera del sistema.

Pero el obstáculo más relevante para el contexto latinoamericano es la baja penetración de los servicios financieros y bancarios. Muchas personas que necesitan el servicio de transporte público para moverse no utilizan ningún tipo de cuenta y, seguramente, no estarán inclinados a hacerlo sólo para acceder al servicio de transporte. Es por ello que, actualmente, segmentos como el de menores de edad y población de escasos recursos estaría excluida de sistemas de ABT.

Movilidad como un servicio

El concepto de MaaS cambia la idea sobre la cual se piensa el sistema de transporte de una ciudad o región. El MaaS propone un mundo donde todas las alternativas de transporte estén conectadas mediante un solo servicio en el dispositivo móvil: con una única tarifa mensual, una interfaz o una aplicación inteligente. De manera integrada, ofrece al usuario las diferentes opciones y métodos de pago, horarios y rutas basadas en criterios específicos priorizados (bajo costo, tiempo de viaje más corto, espacio para transportar artículos grandes, accesibilidad para sillas de ruedas, menor huella de carbono, etcétera), según sus necesidades y criterios de desplazamiento[23].

De esta manera, el usuario ingresa su ubicación y destino; recibe una ruta óptima que recorrerá en una combinación de bicicleta, vehículo particular, taxi o el sistema de transporte masivo; y se le hace un cobro global por utilizar el servicio de movilidad. Un proveedor especializado facilita al usuario el acceso a todos los servicios de transporte. Puede pagar por hacer un único viaje, o por comprar planes de facturación periódica que le den acceso a una cantidad determinada de servicios.

El MaaS lleva la interoperabilidad a su máxima expresión, al vincular todos los medios de transporte y eliminar la necesidad de utilizar un vehículo privado propio. El usuario contrata el servicio de movilidad con planes adecuados a sus necesidades específicas. Pueden ser planes turísticos, estudiantiles, familiares o empresariales. Si un grupo familiar quiere viajar entre dos ciudades de la región, su proveedor del servicio de movilidad lo contacta con un operador de renta de carros particulares que entrega y recibe el vehículo en un sitio y hora específicos. En la ciudad entregan el carro y su proveedor le da acceso a taxi, autobús o bicicletas, dependiendo de su ubicación, las distancias que vayan a recorrer y la disponibilidad de tiempo que tengan. Con un sistema eficiente y varias opciones de transporte a su disposición, no piensan en la necesidad de utilizar su vehículo privado.

Otra ventaja del MaaS es que una adopción a gran escala permitiría optimizar los flujos de tránsito en tiempo real y contribuir a una movilidad más sostenible. Un sólo vehículo particular podría ser utilizado en varios viajes, por distintos usuarios a lo largo del día. Esos usuarios no emplearían un vehículo para cada uno. La reducción del uso del vehículo privado permitiría utilizar los espacios de estacionamientos con otros fines. Los usuarios siempre serían dirigidos a la alternativa que ofreciera el mejor flujo de tránsito y mayor velocidad, desviándolos de embotellamientos y fallas en la operación del transporte masivo.

Un ejemplo de una implementación de este concepto es la aplicación Whim creada por la compañía MaaS Global. La compañía se ha catalogado como el primer operador de movilidad como un servicio en el mundo y su aplicación pretende materializar este concepto. Mediante la aplicación, un usuario puede acceder a cualquier servicio de transporte de manera instantánea (transporte público, taxi, carro, bicicleta) y puede pagar a través de ella. El usuario puede también seleccionar un plan mensual básico o premium de acuerdo con sus necesidades específicas. La aplicación actualmente opera en Helsinki (Finlandia) y en el condado de las tierras medias occidentales de Inglaterra. Próximamente iniciará operación en Amsterdam (Holanda) y Antwerp (Bélgica).

Esta visión de la movilidad, aunque reciente, presenta grandes oportunidades y retos para su conceptualización e implementación en ciudades de la región.

- Primero, requeriría la generalización del uso de teléfonos inteligentes y la familiarización de los usuarios con aplicaciones de este tipo.

- Segundo, necesitaría el establecimiento de un modelo de negocio que sea atractivo tanto para operadores de transporte público masivo como para operadores de transporte individual.

- Tercero, aunque no de forma obligatoria, la viabilidad del modelo de negocio requeriría el uso de un sistema ABT que permitiera cargar el cobro a una cuenta de usuario, con el fin de simplificar el recaudo y facilitar mayores garantías a nuevos operadores ante el riesgo de evasión del pago.

- Cuarto y último, generar condiciones regulatorias como marco de un entorno de operabilidad con gran cantidad de operadores, seguridad en el acceso e integración de datos, alta flexibilidad en las opciones de pago de tarifas, otorgamiento de subsidios, y esquemas de remuneración adecuados para todos los actores.

9. Conclusiones

La interoperabilidad en sistemas de recaudo en transporte público debe planearse considerando las perspectivas institucionales, técnicas y comerciales en conjunto. Desconocer cualquiera de estas perspectivas puede poner en riesgo la efectividad de la implementación de un sistema de este tipo, especialmente teniendo en cuenta que cada ciudad o región tiene un contexto y unas necesidades particulares, las cuales requieren estrategias específicas desde cada una de las perspectivas anteriores.

Este documento describió los principales retos que se pueden presentar al planear e implementar un sistema de recaudo interoperable.

Desde el punto de vista institucional, es muy importante definir una organización de gobierno del esquema de interoperabilidad que diseñe y defina las políticas con las que se pueda dar la implementación del sistema. Adicionalmente, es recomendable definir y asignar roles y responsabilidades de forma clara; esto permitirá identificar los recursos adicionales que el público pueda necesitar para gestionar adecuadamente el sistema, y así mitigar el riesgo de entregar el control total del sistema a un privado, el cual podrá tener intereses no alineados con el bienestar del sistema (creación de monopolios, reducción en la calidad del servicio, entre otros). La norma ISO 24014-1 es un buen punto de partida para la identificación y asignación de roles en un sistema de recaudo interoperable. En cada caso descrito, la asignación de roles y responsabilidades se realizó de manera diferente, aunque se puede evidenciar que el público siempre queda a cargo de la supervisión y planificación del sistema.

En este tipo de sistemas, la autoridad debe contar con una alta capacidad de gestión con el fin de incentivar la sana competencia entre proveedores de tecnología y los diferentes operadores de recaudo.

Desde el punto de vista comercial, es importante implementar una cámara de compensación que pueda calcular de forma automática las remuneraciones para cada actor del sistema, teniendo en cuenta todas las comisiones definidas y las reglas de compensación. El sistema puede contar con una única cuenta recaudadora o múltiples cuentas para cada subsistema u operador de recaudo, lo importante es que el cálculo de las remuneraciones se haga de forma correcta y que las comisiones se establezcan de tal forma que beneficien por igual a todos los actores.

Desde el punto de vista técnico, es importante definir un estándar de interoperabilidad tecnológica que describa detalladamente las interacciones entre los medios de pago y los dispositivos lectores, y las interacciones entre sistemas centrales de cada subsistema u operador de recaudo con la cámara de compensación. El nivel de detalle debe ser tal que no se generen ambigüedades en la interpretación de requerimientos al momento de que el estándar sea implementado por un operador. Dentro de esta definición debe quedar descrita la tecnología del medio de pago que se va a usar en el sistema, y el modelo de seguridad que deberá ser acatado por todos los actores.

Finalmente, se discutieron dos posibilidades futuras de interoperabilidad: El ABT y MaaS exige un desempeño bastante alto de las redes de comunicaciones pues se requieren transacciones en línea para verificar el saldo disponible del usuario, el cual es almacenado en el sistema central. En el contexto particular de América Latina y el Caribe, se presenta una baja penetración de servicios financieros y bancarios. Por su parte, MaaS presenta varios retos en el contexto local, principalmente porque los teléfonos inteligentes no se han masificado completamente en varias regiones y además los usuarios no están familiarizados con aplicaciones de este tipo. Se requerirán más implementaciones de este concepto (adicionales a la aplicación Whim) que permitan identificar más necesidades y requerimientos aplicables al contexto local.

Sólo aquellas ciudades donde se generen cambios de paradigmas entorno a los modelos clásicos de movilidad urbana, se apueste por el uso de la tecnología integrando datos de los diferentes proveedores de transporte, se apueste por entornos interoperables y se cuente con una regulación menos proteccionista, serán pioneras de cambio —al menos en materia de transporte— hacia lo que denominamos ciudades inteligentes.

10. Bibliografía

1 - A. J. A. E. W. S. y. M. S. Scott, Global City- Regions, Oxford University Press, 2001.

2 - CAF, «Observatorio de Movilidad Urbana - datos generales 2015», [En línea]. Disponible en: https://www.caf.com/es/temas/o/observatorio-de-movilidad-urbana/bases-de-datos/.

3 - Metropolitano de Lisboa, «Relatório e contas», 2016. [En línea]. Disponible en: http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/BibliotecaeArquivo/RepertorioGeral/RelatoriosAnuais/Documents/MetropolitanodeLisboaRelatorioeContas2016.pdf.

4 - Barraqueiro Transportes S.A., «Relatório e contas», 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.barraqueiro.com/html/rc2017/index.html.

5 - Carris S.A., «Relatório e contas», 2017. [En línea]. Disponible en: http://www.carris.pt/fotos/pageflip/rel_contas2017/FlipBuilder/mobile/index.html#p=37.

6 - Comboios de Portugal, «Relatório e contas», 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.cp.pt/StaticFiles/Institucional/1_a_empresa/3_Relatorio_Contas/2016/relatorio-contas-2016.pdf.

7 - Grupo Transtejo, «Relatório de Gestão», 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/BibliotecaeArquivo/RepertorioGeral/RelatoriosAnuais/Documents/Relatorios%20e%20Contas/GrupoTranstejo_RelatoriodeGestao_2014.pdf.

8 - PORDATA, «Veículos registados por tipo de veículo», 2016. [En línea]. Disponible en: https://www.pordata.pt/Europa/Ve%C3%ADculos+registados+por+tipo+de+ve%C3%ADculo-3070.

9- I. d. M. e. d. Transportes, «Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional», 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/InfraestruturasRodoviarias/RedeRodoviaria/Relatrios/Relatorio_Monitorizacao_RRN_2012-2013.pdf.

10 - Área Metropolitana de Lisboa, «Acessibilidade e Transportes», 2014. [En línea]. Disponible en: https://www.aml.pt/susProjects/susWebBackOffice/uploadFiles/wt1wwpgf_aml_sus_pt_site/componentText/SUS57FCBBEE58CA4/EATLAS_AML_ACESSIBILIDADES_FORMATADO.PDF.

11 - AMT, «RELATÓRIO ESTATÍSTICO», 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.amt-autoridade.pt/media/1568/amt-servico-transporte-taxis.pdf.

12 - INE, «Inquérito à Mobilidade nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa», 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=334858898&att_display=n&att_download=y.

13 - Distrito Federal de la Ciudad de México, Convenio de Colaboración Administrativa que para el Uso de la Tarjeta del Distrito Federal Suscriben el STC, el METROBÚS y el STEDF, 29 de Agosto de 2014.

14 - Metro CDMX, «Tarjeta Recargable», [En línea]. Disponible en: http://data.metro.cdmx.gob.mx/servicios/tarjrecargable.html.

15 - Distrito Federal de la Ciudad de México, Ley de Movilidad del Distrito Federal, 2014.

16 - Argentina, Decreto 84/2009. Impleméntase el Sistema Único de Boleto Electrónico (SUBE), 2009.

17 - IMT, «Tarifas», 2018. [En línea]. Disponible en: http://www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Tarifas/Paginas/Tarifas.aspx.

18 - OTLIS, «Sobre OTLIS», 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.portalviva.pt/lx/pt/homepage/sobre-a-otlis/a-otlis.aspx.

19 - OTLIS, «CASE STUDY - A EXPERIÊNCIA DE BILHÉTICA DE LISBOA», 2015. [En línea]. Disponible en: http://ptdocz.com/doc/964527/2.-case-study---a-experi%C3%AAncia-de-bilh%C3%A9tica-de-lisboa.

20 - SMT - GAN ÁREA 01, Contrato de Concessao da Área 01, 2003.

21 - Prefeitura de São Paulo, Anexo II – Descrição do Sistema de Bilhetagem Eletrônica.

22 - Calypso, White paper Account Based Ticketing with Calypso, 2017.

23 - MaaS Global, «Mobility as a Service», [En línea]. Disponible en: https://maas.global/maas-as-a-concept/.

24 - Comisión Nacional de Regulación del Transporte, Boletín Estadístico N°23 - Año 2015, Buenos Aires, 2015.

25 - Delloite, The Raise of Mobility as a Service, 2017.

26 - Gaceta Oficial del Distrito federal, «Manual específico de operación del Comité de coordinación de ingresos de la tarjeta CDMX», 24 Septiembre 2014. [En línea]. Disponible en: http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99098.pdf.

BID
Banco Interamericano
de Desarrollo