

Lineamientos para la implementación de sistemas de recaudo interoperables para transporte público

Autores:

Gibet Camós
Fabio Gordillo
Adriana Palacio

Editores:

Fanny Bertossi
Juanita Concha
Paula Melisa Cruz

División de Transporte

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-2022

Diciembre 2020

Lineamientos para la implementación de sistemas de recaudo interoperables para transporte público

Autores:

Gibet Camós
Fabio Gordillo
Adriana Palacio

Editores:

Fanny Bertossi
Juanita Concha
Paula Melisa Cruz

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

Lineamientos para la implementación de sistemas de recaudo interoperables para transporte público / Gibet Camós, Fabio Gordillo, Adriana Palacio; editoras, Fanny Bertossi, Juanita Concha, Paula Melisa Cruz.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 2022)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Local transit-Fares-Latin America-Automation. 2. Local transit-Technological innovations-Latin America. 3. Urban transportation-Technological innovations-Latin America. 4. Smart cards-Latin America. I. Gordillo, Fabio. II. Palacio, Adriana. III. Bertossi, Fanny, editora. IV. Concha, Juanita, editora. V. Cruz, Paula Melisa, editora. VI. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Transporte. VII. Título. VIII. Serie.

IDB-TN-2022

Palabras clave: interoperabilidad, recaudo, transporte público, transporte urbano, sistemas inteligentes de transporte

Códigos JEL: L910, O140, O180, R280

Diseño y diagramación: Bruno Aceves Humana

Agradecimientos: Paloma Muñoz

<http://www.iadb.org>

Copyright © [2020] 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.



LINEAMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RECAUDO INTEROPERABLES PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO



Contenido

Resumen ejecutivo	9
Principios y condiciones requeridos para el diseño de un sistema de recaudo.....	9
Lineamientos generales	10
Lineamientos técnicos y de gestión para la implementación de medios de pago.....	11
1 Introducción.....	14
2 Principios y condiciones para la implementación de sistemas de recaudo.....	17
3 Lineamientos generales para la implementación de sistemas de recaudo.....	15
4 Lineamientos técnicos y de gestión para la implementación de distintos medios de pago.....	23
4.1 Lineamientos para sistemas de recaudo con medios de pago EMV sin contacto.....	24
4.2 Lineamientos para sistemas de recaudo con tarjeta de transporte.....	30
4.3 Lineamientos para sistemas de recaudo con códigos de barras 2D.....	34
4.4 Lineamientos para sistemas de recaudo con pago en efectivo con validación electrónica.....	52
5 Conclusiones y consideraciones adicionales.....	58
6 Bibliografía.....	60
Anexos	
Anexo 1: Definiciones.....	62
Anexo 2: Propuesta para la aplicación de lineamientos en el caso de Colombia.....	67



Resumen ejecutivo

La masificación de los sistemas de transporte, debido al crecimiento de la población y las ciudades, ha generado la necesidad de implementar sistemas de recaudo electrónico para mejorar su eficiencia operativa, y poder controlar y fiscalizar adecuadamente sus ingresos. Esta necesidad, se ha visto reforzada por la pandemia generada por el COVID-19, buscando evitar el intercambio de dinero en efectivo entre usuarios y funcionarios de los servicios de transporte para la compra de títulos de viaje.

En este documento se presentan principios y condiciones técnicas, operativas y de seguridad, recomendados para el diseño de un sistema de recaudo para servicios de movilidad, con el fin de garantizar su **interoperabilidad**¹ y flexibilidad. Asimismo, expone unos lineamientos generales que se recomiendan sean aplicados por las autoridades para el desarrollo de sistemas que permitan la interacción de distintos **medios de pago** y múltiples **proveedores tecnológicos y/o de servicios**. De igual forma, muestra lineamientos específicos para la implementación de diferentes medios de pago: tarjetas bancarias sin contacto que satisfacen el estándar **Europay Mastercard Visa (EMV)**, **tarjeta de transporte**, códigos de barras 2D y efectivo con validación electrónica. Para ilustrar estos lineamientos, se desarrollan casos de estudio de la puesta en marcha de los medios de pago en diferentes países: Costa Rica, Paraguay y República Dominicana.

Principios y condiciones requeridos para el diseño de un sistema de recaudo

Los principios para la implementación de los sistemas de recaudo se enfocan en la protección de los datos de los usuarios recolectados por el sistema, así como garantizar la adopción de tecnologías eficientes que generen servicios de valor agregado al usuario y a la autoridad del sistema. Por otro lado, las condiciones se dividen de la siguiente manera:

¹ Todos los términos técnicos están **resaltados en azul**. Encontrará su definición en el Anexo 1 de esta publicación.

- **Técnicas:** aseguran la adopción de un **estándar de interoperabilidad** en el sistema de recaudo. También que las autoridades cuenten con un **sistema de información de ciudad** que recolecte todos los datos generados por los componentes tecnológicos del sistema, de manera que sea posible contar con la propiedad de la información.
- **Operativas:** garantizan la participación y concurrencia de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios en el sistema de transporte público.
- **De seguridad:** permiten la implementación de mecanismos de seguridad transparentes que utilicen algoritmos estandarizados para la protección de los datos transaccionales.

Las condiciones descritas son la base para la definición de los lineamientos generales y específicos presentados en el documento.

Lineamientos generales

Los lineamientos generales sirven para ser aplicados en la implementación de un sistema de recaudo, sin importar la tecnología del medio de pago que haga parte de la solución. A continuación, se resumen los más importantes presentados en este documento:

- La **autoridad del sistema de recaudo** debe contar con un proceso de homologación que certifique que un proveedor tecnológico y/o de servicio haya implementado el estándar de interoperabilidad adoptado por la ciudad o el país y cumpla con los demás requerimientos exigidos por la autoridad. Este proceso permite que múltiples proveedores participen en el sistema de recaudo sin poner en riesgo la interoperabilidad.
- La autoridad del sistema de recaudo puede implementar tecnologías de medios de pago diferentes a las descritas en los lineamientos específicos, siempre y cuando la solución por implementar garantice el cumplimiento de los principios y las condiciones técnicas, operativas y de seguridad resumidas en la sección anterior.
- La autoridad del sistema de recaudo debe definir los procedimientos de gestión de incumplimiento y sus respectivas sanciones para los diferentes proveedores tecnológicos y/o de servicios que participan en la solución tecnológica del sistema de recaudo.

Lineamientos técnicos y de gestión para la implementación de medios de pago

El alcance de los lineamientos propuestos incluye la implementación de los siguientes medios de pago: EMV sin contacto, tarjeta de transporte, códigos de barra 2D y efectivo con validación electrónica. Para cada medio de pago se propone una o varias soluciones tecnológicas que pueden ser desarrolladas por la autoridad del sistema de recaudo. Así mismo, se detallan los lineamientos que deben ser aplicados a una solución en particular o a todas las soluciones presentadas. En la Tabla 1 se exponen los lineamientos más importantes para la implementación de las soluciones propuestas para cada medio de pago:

Tabla 1. Principales lineamientos para la implementación de distintos medios de pago

Medio de pago	Descripción de las soluciones propuestas	Lineamientos que aplican a la solución en particular	Lineamientos que aplican a todas las soluciones
EMV sin contacto	<p><u>Modelo de contratación con proveedor único:</u> Consiste en una solución suministrada por un único proveedor. Esta incluye la provisión y mantenimiento de validadores y el procesamiento de las transacciones realizadas con medios de pago EMV sin contacto.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> La solución cuente con un sistema central que incorpore todas las funcionalidades necesarias. 	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Los validadores cumplan con las especificaciones técnicas mínimas para la aceptación de medios de pago EMV sin contacto. La solución diseñada considere los requisitos, recomendaciones y estándares de las banderas de pago. Se desarrollen interfaces estandarizadas para la interacción entre el sistema central y el sistema de información de ciudad. Se desarrolle una API que estandarice la interacción entre el validador y el sistema central, y que soporte tecnologías de distintos validadores con el objetivo de permitir la participación de múltiples proveedores. Se defina un modelo de asignación de riesgos para el tratamiento de transacciones realizadas con medios de pago sin fondos o internacionales. Todo proveedor tecnológico entregue a la autoridad del sistema de recaudo la totalidad de datos e información recolectada por los componentes que hacen parte de la solución. Todo proveedor tecnológico entregue a la autoridad del sistema de recaudo la propiedad de la solución implementada y las herramientas necesarias para asegurar la sostenibilidad de operación y evolución.
	<p><u>Modelo de contratación con múltiples proveedores:</u> Consiste en una solución provista por múltiples proveedores. El suministro y mantenimiento de validadores se delega en uno o varios proveedores, mientras que el procesamiento de transacciones se delega en otro proveedor.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> La autoridad del sistema de recaudo desarrolle todas las funcionalidades del sistema central o delegue en un proveedor la implementación de todas las funcionalidades o algunas de estas. 	

Medio de pago	Descripción de las soluciones propuestas	Lineamientos que aplican a la solución en particular	Lineamientos que aplican a todas las soluciones
Tarjeta de transporte	Esta solución consiste en el diseño e implementación de una tarjeta que sirve como medio de pago de propósito específico para servicios de transporte público.	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se desarrolle un estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo que especifique las interacciones entre el medio de pago y los dispositivos de lectura/ escritura, y entre el sistema central y el sistema de información de ciudad. Se desarrolle una API que implemente las especificaciones definidas en el estándar de interoperabilidad para la interacción entre el medio de pago y los dispositivos de lectura/escritura. 	
Códigos de barra 2D	<p><u>Códigos de barras 2D prepagados:</u></p> <p>Consiste en una solución que permite al usuario comprar tickets de transporte de forma anticipada a través de una aplicación móvil, la cual genera un código de barras 2D que debe ser presentado para acceder a los servicios de transporte.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se especifique una interfaz que permita la interacción entre la aplicación móvil y/o miniApp embebida y el sistema central para el procesamiento de transacciones de compra de tickets. 	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> La autoridad del sistema de recaudo pueda implementar la solución por medio del desarrollo de una aplicación de transporte propietaria o una miniApp que pueda ser embebida en distintas superApps. La autoridad del sistema de recaudo implemente soluciones para usuarios bancarizados y no bancarizados. Se desarrolle un estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo que especifique las interacciones entre el medio de pago y los dispositivos de lectura/escritura, y entre el sistema central y el sistema de información de ciudad. Se desarrolle una API que implemente las especificaciones definidas en el estándar de interoperabilidad para la interacción entre el medio de pago y los dispositivos de lectura/ escritura.
	<p><u>Códigos de barras 2D basados en cuenta:</u></p> <p>Consiste en una solución que permite al usuario generar un código de barras 2D, a través de una aplicación, que debe ser presentado para acceder a los diferentes servicios de transporte. La tarifa correspondiente se debita al momento de validar de una cuenta asociada a la aplicación móvil.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se especifique una interfaz que asegure la interacción entre el sistema central y múltiples proveedores de superApps para consultar el valor de la tarifa que se debe cobrar al usuario. 	

Medio de pago	Descripción de las soluciones propuestas	Lineamientos que aplican a la solución en particular	Lineamientos que aplican a todas las soluciones
Efectivo con validación electrónica	<p><u>Validación con tarjeta inteligente de control de acceso:</u></p> <p>Consiste en una solución que incorpora una tarjeta inteligente que permite a un colaborador (por ejemplo, conductor del autobús) validar electrónicamente el acceso de los usuarios que pagan con dinero en efectivo.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se incluyan en el estándar de interoperabilidad las especificaciones que permitan la implementación de la tarjeta inteligente de control de acceso. ▪ Se implemente un protocolo que garantice la seguridad y custodia de las tarjetas inteligentes de control de acceso. ▪ Se mantenga un inventario de tarjetas inteligentes de control de acceso. 	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se implemente un mecanismo para llevar la trazabilidad de las transacciones de pago en efectivo con validación electrónica en el sistema central y el sistema de información de ciudad. ▪ Se desarrolle una metodología para el control de la evasión que incluya mecanismos de detección de la evasión, y los procedimientos de gestión de incumplimiento y sus respectivas sanciones.
	<p><u>Validación manual:</u></p> <p>Consiste en una solución que permite a un colaborador (por ejemplo, conductor del autobús) registrar el ingreso de un usuario que pagó con efectivo a través de un computador a bordo o el accionamiento de un interruptor o botón que puede estar conectado al validador.</p>	<p>Se recomienda garantizar que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se incluyan en el estándar de interoperabilidad las especificaciones que permitan la implementación de la solución de validación manual. ▪ Se implemente un protocolo que asegure la atención de contingencias en caso de daños o averías del mecanismo de validación electrónica. 	

1 Introducción

El recaudo del dinero pagado por los usuarios para acceder a los diferentes servicios de transporte de una ciudad o región siempre ha sido un reto para las autoridades y entidades que se encargan de diseñar e implementar los sistemas de transporte. El pago con dinero en efectivo ha sido una de las formas más comunes utilizada como solución al recaudo. Sin embargo, dada la masificación de los sistemas de transporte, debido al crecimiento de la población y las ciudades, ha sido necesaria la implementación del recaudo electrónico para mejorar la eficiencia operativa de los sistemas de transporte, y poder controlar y fiscalizar adecuadamente los ingresos del sistema.

Por otro lado, la pandemia del COVID-19 ha generado la necesidad de implementar mecanismos de bioseguridad para evitar la propagación masiva del virus en los sistemas de transporte, y en ese sentido se incentiva la implementación de sistemas de recaudo electrónico, para evitar el intercambio de dinero en efectivo entre usuarios y funcionarios de los servicios de transporte.

En este contexto ha sido necesaria la implementación gradual de nuevos subsistemas de transporte y con ello sistemas de recaudo interoperables que soporten la operación de distintos subsistemas de transporte y permitan al usuario acceder al servicio haciendo uso de un único medio de pago. Sin embargo, en muchos casos no es posible garantizar la interoperabilidad por diferentes factores.

En la publicación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) "Interoperabilidad de los sistemas de recaudo en América Latina y el Caribe" (2018) [1] se plantea una metodología de diseño para lograr la interoperabilidad y superar los obstáculos que se han presentado por factores institucionales, comerciales y tecnológicos relacionados con el diseño e implementación de los sistemas de recaudo.

Desde el punto de vista institucional se plantean retos como la definición de una estructura de gobierno, y la asignación de roles y responsabilidades entre los actores. En la perspectiva comercial se abordan retos como la distribución de los ingresos del sistema, y la definición de las comisiones correspondientes a la prestación de los servicios de recaudo (venta, recarga y transporte del dinero), la validación del medio de pago y la compensación.

Desde el enfoque tecnológico se exponen retos como garantizar la interoperabilidad entre operadores, de manera que el usuario pueda usar un único medio de pago en diferentes subsistemas de transporte, aunque estos tengan un **operador de recaudo** diferente. Este enfoque cobra importancia debido a las limitaciones que se identifican por la dependencia de un único concesionario recaudador, a quien se le delega el diseño, suministro, implementación, operación y mantenimiento de todos los componentes de tecnología del sistema de recaudo. En muchos casos, las soluciones desarrolladas son propietarias y no suelen ser interoperables puesto que el operador busca preservar sus intereses comerciales y la alta dependencia del sistema a su solución. Esto genera una alta dependencia que impide integrar fácilmente nuevos subsistemas de transporte. Adicionalmente, para la autoridad del sistema de recaudo es difícil tener el control de la información debido a que el concesionario centraliza los datos generados por los componentes de tecnología.

Por otra parte, como se evidencia en la publicación del BID “Sistemas de Transporte Urbano: Lecciones aprendidas desde la perspectiva de la prestación del servicio. Caso de estudio Colombia”(2019) [2], en algunos casos se han implementado las herramientas tecnológicas en función de estandarizaciones generales, sin una revisión de la necesidad propia de cada ciudad para dimensionar cada uno de estos sistemas de forma adecuada y en función de las necesidades de los usuarios, por lo cual es determinante que ante el diseño del sistema de recaudo se considere un modelo que corresponda al contexto de cada ciudad, garantizando la accesibilidad sin barreras al servicio de transporte. En este sentido, seleccionar una tecnología adecuada para los medios de pago; y garantizar la seguridad en el sistema son retos tecnológicos importantes para la autoridad del sistema de recaudo.

Teniendo en cuenta lo anterior, en el presente documento se exponen unos lineamientos para la implementación de sistemas interoperables de recaudo para transporte público. Aunque las perspectivas institucional, comercial y tecnológica son consideradas, se hace énfasis en la perspectiva tecnológica planteando recomendaciones para la implementación de varios medios de pago: EMV sin contacto, tarjeta de transporte, códigos de barras 2D y efectivo con validación electrónica.

Los lineamientos buscan que la autoridad del sistema de recaudo de cualquier ciudad, región o país cuente con las herramientas necesarias para desarrollar un sistema que garantice la interoperabilidad, seleccione las alternativas que se adecuan al contexto local, asegure los datos y la información generada por el sistema sea de propiedad de la autoridad, y permi-

ta la participación de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios mediante la definición de un estándar. De esta manera, es posible superar obstáculos como la dependencia de un único proveedor y facilitar la evolución del sistema de recaudo en el tiempo. Por otra parte, el documento presenta casos de estudio que ilustran la aplicación de los lineamientos expuestos para la implementación de distintos medios de pago.

Para ello, el documento presenta en primer lugar definiciones de los términos técnicos de sistemas de recaudo (Capítulo 1). Después, los principios propuestos para la implementación de sistemas de recaudo y algunas condiciones técnicas, operativas y de seguridad (Capítulo 2). Luego, se exponen los lineamientos generales recomendados para la adecuada implementación de sistemas de recaudo (Capítulo 3) y se detallan los lineamientos propuestos para la implementación de distintos medios de pago, así como diferentes casos de estudio donde estos fueron aplicados (Capítulo 4). Finalmente, se presentan conclusiones y consideraciones adicionales para la aplicación los lineamientos presentados. En el Anexo 2, se encuentra una propuesta generada por el BID como resultado del apoyo al gobierno de Colombia para la aplicación de los lineamientos en la reglamentación de los sistemas de recaudo del país.



2 Principios y condiciones para la implementación de sistemas de recaudo

La implementación de los sistemas de recaudo se debe regir bajo los principios y condiciones que la autoridad del sistema de recaudo debe cumplir. Los principios son los siguientes:

- Velar por la protección de los datos de los consumidores en la prestación del servicio de recaudo, garantizando canales seguros y adecuados para el pago del servicio de transporte;
- proteger la información personal recolectada por los sistemas de información del sistema de recaudo de acuerdo con la normativa vigente;
- garantizar la adopción de los sistemas de recaudo con las tecnologías más eficientes y que generen servicios de valor agregado tanto a la autoridad del sistema de recaudo como a los usuarios; y
- garantizar equidad para los usuarios como principio mismo del servicio de transporte público.

Por otra parte, las condiciones se dividen en técnicas, operativas y de seguridad. Estas condiciones para la implementación se describen a continuación:

- Técnicas, las cuales incluyen:
 - Garantizar la interoperabilidad del sistema de recaudo mediante la adopción de un estándar de interoperabilidad y el cumplimiento de las condiciones exigidas;
 - asegurar que la autoridad del sistema de recaudo sea propietaria de todos los datos y la información generada por los diferentes componentes tecnológicos que conforman el sistema de transporte público, de manera que pueda tener acceso completo y sin restricciones a los datos;
 - garantizar que la autoridad del sistema de recaudo disponga de un sistema de información de ciudad que recolecte e integre toda la información generada por los diferentes componentes tecnológicos que conforman el sistema de transporte público,

de manera que sea posible acceder a esta información con el objetivo de efectuar actividades de planeación y construcción de planes de mejora de los sistemas de transporte público.

□ Operativas, las cuales incluyen:

- Garantizar la definición de condiciones comerciales y especificaciones tecnológicas que permitan la participación y concurrencia de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios en el sistema de transporte público; y
- asegurar que los sistemas de recaudo implementen el pago electrónico y en efectivo validado por medios electrónicos.

□ De seguridad, las cuales incluyen:

- Garantizar que los sistemas de recaudo no se basen en mecanismos de seguridad por oscuridad, sino en mecanismos transparentes que utilicen buenas prácticas de protección de la información;
- garantizar que los algoritmos criptográficos usados para la protección de la información transaccional sean estandarizados y tengan aceptación general por parte de la comunidad internacional de seguridad de la información; y
- garantizar que los sistemas de recaudo implementen mecanismos de seguridad que garanticen la autenticidad y el no rechazo de las transacciones realizadas.

De igual forma, como parte de las condiciones técnicas se establece que el estándar de interoperabilidad a ser adoptado debe incluir tres componentes: institucional, comercial y tecnológico. El componente institucional permite identificar los actores que participan en el sistema de recaudo, definir los roles y responsabilidades que estos deben desempeñar, identificar riesgos y asignarlos a los actores, y establecer los procesos estratégicos, misionales y de apoyo de los actores. El componente comercial permite establecer reglas claras para el proceso de remuneración y distribución de los ingresos del sistema a los diferentes actores. El componente tecnológico permite definir los medios de pago y sus características técnicas, el modelo de seguridad del sistema, las transacciones que se pueden realizar, las tramas de datos para comunicación de las transacciones y los productos tarifarios que se pondrán a disposición de los usuarios del sistema de transporte. También puede incluir las especificaciones para diferentes medios

de pago. Por ejemplo, el componente tecnológico del estándar de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo puede contener las especificaciones para una tarjeta de transporte y para códigos de barras 2D.

3 Lineamientos generales para la implementación de sistemas de recaudo

Los lineamientos generales exponen las recomendaciones que deben ser tenidas en cuenta para la implementación de un sistema de recaudo sin importar la tecnología del medio de pago que sea parte de la solución. Estos son listados a continuación:

- Se debe garantizar que la autoridad del sistema de recaudo cuente con un proceso de homologación que certifique que los diferentes proveedores de **SIT** que participan en el sistema de recaudo han implementado de forma correcta el estándar de interoperabilidad adoptado por la ciudad y cumplido con todas las especificaciones definidas en los lineamientos para la implementación de distintos medios de pago detallados en el Capítulo 4. El proceso de homologación brinda las garantías necesarias para que múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios puedan suministrar los diferentes componentes y/o servicios que hacen parte de un sistema de recaudo asegurando que la solución implementada sea interoperable.

El proceso de homologación definido debe incluir el alcance y los requerimientos necesarios para su ejecución, los escenarios de prueba que deben satisfacer los proveedores tecnológicos y/o de servicios para verificar que han implementado de forma correcta las **API**, interfaces, estándares y demás requerimientos establecidos en los lineamientos para la implementación de distintos medios de pago detallados en el Capítulo 4.

Solo los proveedores homologados tendrán acceso a las interfaces para lograr una interacción con el sistema de información de ciudad para el intercambio de datos. Los proveedores que no cumplieron con los requisitos para obtener la homologación o perdieron la certificación correspondiente por incumplimientos de estos, no podrán suministrar componentes y/o servicios dentro del sistema de recaudo y tampoco podrán interactuar con el sistema de información de ciudad. Esto se ilustra en la Figura 1.

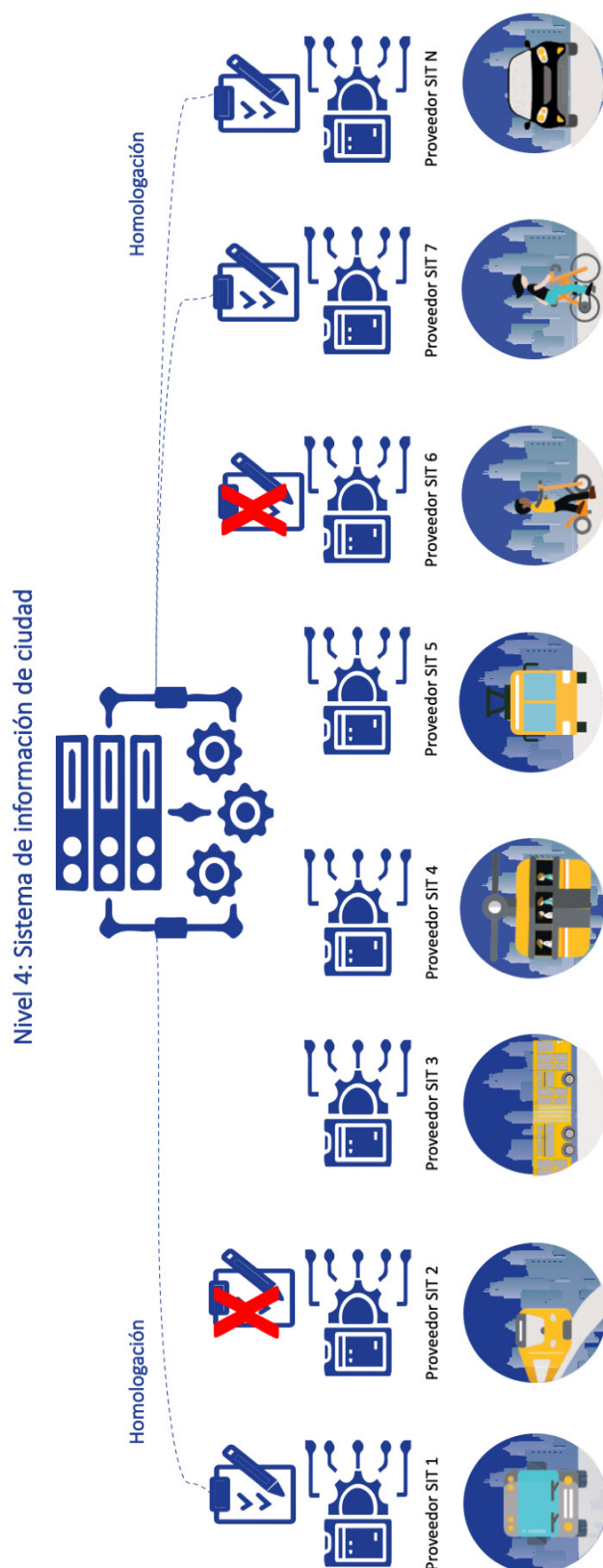
- Se debe permitir que la autoridad del sistema de recaudo pueda implementar nuevas tecnologías o actualizaciones de estas, aunque no en los lineamientos para la implementación de distintos medios de pago detallados en el Capítulo 4, siempre y cuando la solución por implementar garantice la interoperabilidad, la independencia de proveedores específicos, la propiedad de la información y la correcta interacción con el sistema de información de ciudad para el intercambio de datos. Esto aplica para tecnologías de medios de pago y de cualquier otro componente tecnológico que haga parte de la solución del sistema de recaudo.
- Se debe garantizar que la autoridad del sistema de recaudo defina los procedimientos de gestión de incumplimiento y sus respectivas sanciones para los diferentes proveedores de SIT que participan en la solución tecnológica de los sistemas de recaudo. Las acciones efectuadas por estos actores que pueden llevar a la apertura de procedimientos de gestión de incumplimiento se listan a continuación:
 - Suministrar y/o incorporar componentes homologables al sistema de recaudo que no hayan sido homologados previamente por la autoridad del sistema de recaudo;
 - incorporar componentes homologables suministrados por proveedores de tecnología que no hayan sido homologados previamente por parte la autoridad del sistema de recaudo;
 - omitir parcial o completamente la generación y envío de reportes operacionales, transaccionales o de cualquier otra naturaleza exigidos por la autoridad del sistema de recaudo; realizar cambios en la solución tecnológica sin autorización de la autoridad del sistema de recaudo. Por ejemplo, procesos operacionales, protocolos de comunicación, actualizaciones de la plataforma tecnológica, etc.;
 - omitir parcial o completamente el envío, al sistema de información de ciudad, de los datos generados por los componentes de SIT del sistema de recaudo con el contenido, formato y periodicidad exigido por la autoridad del sistema de recaudo en el estándar de interoperabilidad y/o cualquier otro protocolo documentado para tal fin; e
 - incumplir reiteradamente los estándares de niveles de calidad del servicio establecidos por la autoridad del sistema de recaudo;

do. Sobre los criterios de calidad también se recomienda incluir desincentivos financieros relacionados con incumplimientos no reiterados.

- Se debe asegurar que el sistema de recaudo soporte un esquema de tarifas que incluya como mínimo descuentos por transbordos, descuentos en la tarifa para segmentos especiales de usuario y diferenciación en la tarifa de acuerdo con: franjas horarias y tipo de día (hábil, fin de semana o feriado), tipo de subsistema de transporte y rutas dentro de un mismo subsistema de transporte.



Figura 1. Esquema de homologación de proveedores tecnológicos en un sistema de recaudo interoperable



Fuente: Elaboración propia

4 Lineamientos técnicos y de gestión para la implementación de distintos medios de pago

Los lineamientos expuestos en este capítulo aseguran la especificación de las condiciones técnicas, operativas y de seguridad mínimas para la implementación de sistemas de recaudo con diferentes medios de pago, los cuales incluyen los que se describen a continuación:

- **Medios de pago EMV sin contacto:** es un medio de pago sin contacto emitido por una entidad financiera con alguna de las banderas de pago asociadas a **EMVCo** tales como Visa, American Express, MasterCard, entre otras. De este grupo de medios de pago pueden hacer parte tarjetas, teléfonos móviles inteligentes, relojes inteligentes, entre otros, que estén habilitados y cuenten con la tecnología para pagos EMV sin contacto.
- **Tarjeta de transporte:** tarjeta inteligente con un chip incorporado para el almacenamiento de información, que sirve como medio de pago de propósito específico para servicios de transporte público.
- **Códigos de barra 2D:** es una matriz de puntos bidimensional (2D) que almacena datos codificados. Los códigos de barras 2D son generados y presentados por un usuario por medio de un dispositivo móvil inteligente para acceder a los servicios de transporte público.
- **Efectivo con validación electrónica:** es el pago con dinero en efectivo validado de forma electrónica que permite llevar un registro electrónico del ingreso de un usuario al transporte público. Es una alternativa para aquellos usuarios que no cuentan con alguno de los medios de pago descritos anteriormente o presentan alguna dificultad para su uso al momento de acceder al servicio, la cual facilita la trazabilidad de las transacciones de pago.

En las siguientes secciones se presentan los lineamientos para la implementación de los medios de pago descritos anteriormente.

4.1 Lineamientos para sistemas de recaudo con medios de pago EMV sin contacto

En esta sección se presentan los lineamientos para la implementación de tecnologías de pago electrónico con medios de pago EMV sin contacto en los sistemas de recaudo.

Para la implementación de esta tecnología se sugiere que la autoridad del sistema de recaudo pueda seleccionar entre dos modelos de contratación: proveedor único y múltiples proveedores. El primero consiste en que un solo proveedor tecnológico suministre una solución que incluya la provisión y el mantenimiento de **validadores**, y el procesamiento de las transacciones realizadas con medios de pago EMV sin contacto. El segundo consiste en dividir el contrato anterior, de manera que se pueda delegar en uno o varios proveedores tecnológicos la provisión y mantenimiento de validadores, y delegar en otro proveedor tecnológico el procesamiento de las transacciones efectuadas con medios de pago EMV sin contacto.

En las siguientes subsecciones se exponen los lineamientos aplicables a ambos modelos de contratación, así como los lineamientos atribuibles a cada modelo de contratación.

4.1.1 Lineamientos aplicables a ambos modelos de contratación

A continuación, se presentan los lineamientos que se deben tener en cuenta en ambos modelos de contratación para garantizar la interoperabilidad en el sistema de recaudo y asegurar la aceptación de medios de pago EMV sin contacto.

- Se debe asegurar la aceptación de medios de pago EMV sin contacto de todas las **Banderas de pago** emitidas por los **emisores** autorizados en el país.
- Se debe garantizar que los validadores suministrados para la aceptación de medios de pago EMV sin contacto cuenten con las certificaciones EMV sin contacto de nivel 1 y nivel 2. De igual forma, en caso de que el **adquirente** que haga parte de la solución lo solicite, se debe asegurar que los validadores cuenten con la certificación de cumplimiento del **estándar PA DSS** para la aplicación de pagos desarrollada para el validador.

- Se debe garantizar que la solución de recaudo electrónico con medios de pago EMV sin contacto cuente con las certificaciones EMV de nivel 3 de cada una de las banderas de pago aceptadas y la certificación de cumplimiento de los requisitos de seguridad del **estándar PCI DSS** requeridos en toda la cadena de transmisión de la información generada en una transacción efectuada con los medios de pago EMV sin contacto.
- Se debe garantizar que la solución provista sea diseñada e implementada teniendo en cuenta los requisitos, recomendaciones y estándares consignados en las **guías de implementación para tránsito** elaboradas por cada bandera de pago aceptada. Estas guías proporcionan los requisitos, pautas y estándares para entidades que están considerando o desarrollando soluciones con medios de pago EMV sin contacto para el pago en sistemas de transporte público.
- Se debe asegurar que cualquier configuración del **sistema central** cuente con interfaces que permitan la interacción con sistemas de terceros. La autoridad del sistema de recaudo debe tener conocimiento detallado de estas interfaces y contar con las herramientas que le permitan usarlas para lograr una fácil expansión del sistema, la incorporación de más funcionalidades y la participación de múltiples actores.
- Se debe asegurar la existencia de una interfaz estandarizada que permita una fácil interacción entre el sistema de información de ciudad y el sistema central. El objetivo de esta interfaz es garantizar que la autoridad del sistema de recaudo cuente con las transacciones tokenizadas que fueron efectuadas con medios de pago EMV sin contacto y la información de transporte asociada a estas.
- Se debe garantizar que la solución provista incorpore una API instalada en el validador que estandarice la interacción con el sistema central. El proveedor tecnológico de la solución debe suministrar a la autoridad del sistema de recaudo la API desarrollada y los manuales técnicos que permitan que un tercero pueda incorporar la API en un validador. Esta API debe soportar distintas tecnologías de validadores con el objetivo de asegurar la participación de múltiples proveedores de estos dispositivos.

En el caso del modelo de contratación con proveedor único, el cumplimiento de este lineamiento asegurará la expansión del sistema, pues validadores de futuros subsistemas de transporte podrán in-

tegrarse al sistema de recaudo fácilmente al incorporar la API. En el caso del modelo de contratación con múltiples proveedores, el cumplimiento de este lineamiento asegurará que, a pesar de tener distintas tecnologías de validadores, se garantice la interoperabilidad y la interacción con el sistema central.

- La autoridad del sistema de recaudo deberá negociar con los adquirentes y emisores que participan en la solución de pagos un modelo de asignación de riesgos que indique cómo se repartirán los riesgos para las transacciones realizadas con medios de pago EMV sin contacto sin fondos. Este modelo también deberá incluir el proceso que se debe llevar a cabo para efectuar transacciones con medios de pago internacionales. Se debe garantizar que la funcionalidad de **motor de riesgos** que hace parte del sistema central implemente las reglas que se hayan definido en esta negociación.
- En el caso de que la modalidad de contratación del o de los proveedor(es) involucre *software* como servicio (SaaS por sus siglas en inglés), se debe garantizar que el(los) proveedor(es) tecnológico(s) suministre(n) a la autoridad del sistema de recaudo toda la información recolectada y generada por el *software*, y ofrezca(n) un servicio que se pueda actualizar y escalar para soportar la expansión del sistema y la adición de nuevas funcionalidades, componentes tecnológicos y transacciones generadas por futuros subsistemas de transporte.

En caso contrario, se debe garantizar que el (los) proveedor(es) suministre(n) a la autoridad del sistema de recaudo la(s) licencia(s) de uso, sin restricciones de tiempo y con actualizaciones hasta la finalización del contrato del proveedor, del o de los *software* desarrollados o adquiridos para implementar la solución, sin que esto represente un costo adicional para el contratante. Así mismo, el proveedor tecnológico debe suministrar los manuales de uso correspondientes y adelantar sesiones de transferencia de conocimiento con la autoridad del sistema de recaudo cuando esta lo solicite.

4.1.2 Lineamientos aplicables al modelo de contratación con proveedor único

A continuación, se exponen los lineamientos aplicables al modelo de contratación con proveedor único, a los cuales se deben sumar los lineamientos que aplican para ambos modelos de contratación presentados anteriormente.

- Se debe asegurar que la solución cuente con un sistema central que ofrezca las funcionalidades de un motor de riesgos, de **tokenización**, de **agregación y cálculo de tarifas**, y de procesamiento de pagos. Este último a cargo de un **procesador de pagos** autorizado para procesar transacciones con medios de pago EMV sin contacto.

4.1.3 Lineamientos aplicables al modelo de contratación con múltiples proveedores

A continuación, se exponen los lineamientos aplicables al modelo de contratación con múltiples proveedores, los cuales se deben sumar a los lineamientos que aplican para ambos modelos de contratación presentados anteriormente.

- Bajo este modelo de contratación la implementación de las funcionalidades del sistema central puede ser compartida entre un proveedor tecnológico y la autoridad del sistema de recaudo de la ciudad. Esta última puede delegar en el proveedor tecnológico la implementación de todas las funcionalidades del sistema central o algunas de ellas. Lo anterior garantiza flexibilidad, pues permite múltiples configuraciones para la implementación del sistema central. Por ejemplo, en un escenario la autoridad del sistema de recaudo puede estar a cargo de la funcionalidad de agregación y cálculo de tarifas, mientras que delega las funcionalidades del motor de riesgos, tokenización y procesamiento de pagos al proveedor tecnológico.
- Bajo este modelo de contratación la autoridad del sistema de recaudo debe garantizar el desarrollo de interfaces estandarizadas que permitan la interacción de las funcionalidades del sistema central a su cargo con las funcionalidades del sistema central desarrolladas por un proveedor tecnológico. Este último es responsable de incorporar las interfaces definidas por la autoridad del sistema de recaudo en su solución, de manera que se asegure una correcta interacción de todas las funcionalidades del sistema central.

Caso de estudio 1

Costa Rica

Tarjetas de transporte

Un ejemplo de la aplicación de los lineamientos presentados anteriormente se evidencia en el sistema de pago electrónico para el transporte público que actualmente se encuentra en implementación en Costa Rica. Este es un sistema de recaudo de alcance nacional liderado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), el Consejo de Transporte Público (CTP), el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), el Banco Central de Costa Rica (BCCR) y operadores de autobuses, quienes trabajan conjuntamente en su implementación.



El sistema permitirá a los usuarios acceder a los servicios de transporte público del país por medio de un sistema de pago electrónico basado en dos tipos de medios de pagos: EMV sin contacto y códigos de barra 2D. El sistema prevé una expansión para integrar nuevas tecnologías de pago, por ejemplo, Apple Pay, Samsung Pay o Google Pay, a medida que estas vayan estando disponibles en el mercado costarricense.

El sistema de pagos está diseñado bajo el principio de soberanía tecnológica, de manera que el sistema no dependa de proveedores específicos y el gobierno pueda mantener la propiedad de los datos generados por este, así como controlar su evolución tecnológica, su expansión y la implementación de nuevas funcionalidades cuando estas se requieran. Esto permite fomentar la competencia entre múltiples proveedores a lo largo del ciclo de vida del sistema. La flexibilidad en el sistema es posible dado que el gobierno de Costa Rica es el propietario de las especificaciones detalladas del sistema de pagos. Este diseño es un ejemplo de los beneficios que trae la aplicación de los principios y condiciones expuestos en el Capítulo 2.



Para lograr la aceptación de medios de pago EMV sin contacto, el sistema de recaudo está diseñado con base en las especificaciones técnicas de EMVCo, las guías de implementación para tránsito elaboradas por cada bandera de pago aceptada y los estándares de seguridad PCI DSS. Esto permite que el sistema de pago electrónico sea interoperable, eficiente, de alta disponibilidad y seguro.

El BCCR tiene a su cargo el desarrollo de un sistema central que contará con las funcionalidades de un motor de riesgos, de agregación y cálculo de tarifas, y de procesamiento de pagos. El sistema central se conectará con bancos adquirentes con el fin de lograr la interacción requerida con las banderas de pago y los bancos emisores para la aprobación de transacciones y el cobro de los valores correspondientes a estas. El BCCR podrá delegar en un proveedor tecnológico la implementación de algunas funcionalidades del sistema central.

Por otro lado, en el sistema de pago electrónico existirá la concurrencia de distintos proveedores de tecnología de validadores. Para participar en el sistema, estos actores y los dispositivos que suministrarán deberán ser homologados teniendo en cuenta los criterios técnicos definidos por el BCCR; por ejemplo, que los validadores cuenten con las certificaciones EMV sin contacto de nivel 1 y nivel 2, y que tengan incorporada una API que gestione la comunicación entre estos dispositivos y el sistema central. Gracias a esto, el INCOFER, responsable de servicio de trenes, y las distintas empresas operadoras de autobuses, podrán adquirir dispositivos de diferentes proveedores homologados.

4.2 Lineamientos para sistemas de recaudo con tarjeta de transporte

Uno de los medios de pago que se puede implementar en un sistema de recaudo es la tarjeta de transporte. Este medio de pago es de propósito específico, es decir, únicamente se puede utilizar para el pago de servicios de transporte público. En esta sección, primero se presenta la arquitectura general de un sistema de recaudo basado en medios de pago de propósito específico y las interacciones a las que hay lugar entre los niveles que la conforman. Luego se exponen los lineamientos para garantizar la interoperabilidad en una solución tecnológica que implemente una tarjeta de transporte.

4.2.1 Arquitectura general de un sistema de recaudo basado en una tarjeta de transporte

A continuación, se ofrece una breve explicación de cada uno de los niveles representados en la arquitectura de la Figura 2 [1].

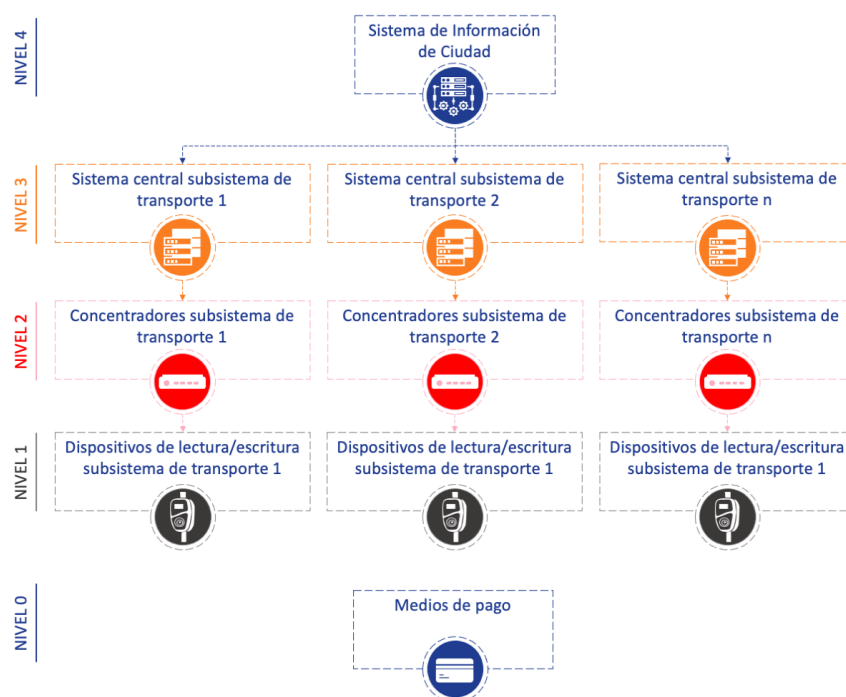
- **Nivel 0:** engloba los medios de pago habilitados dentro del sistema de recaudo interoperable.
- **Nivel 1:** corresponde a los dispositivos de lectura/escritura que interactúan con los medios de pago. En términos prácticos, corresponde a los validadores instalados en la entrada de los buses y estaciones de cada subsistema de transporte. También se incluyen aquí los dispositivos de emisión, recarga, personalización y consulta de saldo de medios de pago.
- **Nivel 2:** está constituido por los concentradores que integran la información proveniente de los dispositivos desplegados en campo del nivel 1. Estos concentradores pueden abarcar estaciones enteras del subsistema de transporte o estar instalados en los patios de operación para recolectar la información proveniente de los dispositivos en los buses. También existe la posibilidad de que cada bus tenga su propio concentrador.
- **Nivel 3:** consiste en los sistemas centrales de cada subsistema de transporte. A este nivel debe ser transmitida la información recolectada por los concentradores para su procesamiento. El sistema central de cada subsistema de transporte también es responsable de administrar los dispositivos desplegados en campo de los niveles inferiores.

- **Nivel 4:** constituye el nivel más alto en el que se consolida la información proveniente de los sistemas centrales de todos los subsistemas de transporte. Es posible que en este nivel se realice el proceso de compensación para determinar las retribuciones monetarias correspondientes a cada actor del sistema por los servicios prestados o que este reciba los reportes originados por los sistemas centrales de nivel 3 correspondientes a este proceso. En este nivel también se consolida toda la información de la operación del sistema.

Para efectos de asegurar la interoperabilidad, es necesario que la autoridad del sistema de recaudo tenga bajo su control las especificaciones técnicas y de seguridad para las interacciones entre los niveles 0 y 1, y los niveles 3 y 4. Esto se detallará en las siguientes subsecciones.



Figura 2. Arquitectura de un sistema de recaudo basado en una tarjeta de transporte



Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Interacciones entre el nivel 0 y el nivel 1

Para garantizar la interoperabilidad entre los medios de pago y los dispositivos de lectura/escritura, se precisa de un estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo, en el cual se definan los elementos listados a continuación:

□ Relativos a los medios de pago:

- Especificaciones tecnológicas: estándares requeridos, estructura y capacidad de memoria, aplicaciones delegadas, mecanismos de seguridad;

- **mapa de memoria:** productos tarifarios, ciclo de vida de los productos, estructura detallada de archivos, condiciones de acceso y llaves de seguridad;
- modelo de seguridad de las transacciones: Modelos de seguridad para los medios de pago.

□ **Relativos a los validadores y demás dispositivos de lectura/escritura:**

- Datos almacenados: información de tarifas, reglas de validez de productos, identificadores de componentes, información de los terminales y listas;
- modelo de seguridad de las transacciones: tipos de módulos de SAM junto a sus llaves, contadores y entornos de emisión y custodia;
- modelo transaccional: transacciones en medios de pago y ciclos de ejecución;
- datos asignados por la autoridad del sistema de recaudo para todos los actores del sistema interoperable.

La Figura 3 resume los elementos requeridos en un estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo para las interacciones entre los niveles 0 y 1.

Por otro lado, es necesario decir que también es posible, y deseable, contar con una API que sirva como interfaz abierta entre los dos niveles. En este caso la API actúa como una capa de abstracción que recopila las reglas necesarias para la transferencia de información entre medios de pago y dispositivos de lectura/escritura. De este modo, se asegura el control del sistema de recaudo al incorporar una API propia que gestione esta interacción. Los demás proveedores tecnológicos deben homologar sus dispositivos para garantizar que cumplen con las reglas establecidas en la API. Otra ventaja del uso de una API es que se agiliza cualquier actualización en el sistema, puesto que el propietario de la API solo debe publicar una nueva versión de esta y solicitar que sea integrada a los dispositivos en campo por proveedores y operadores.

4.2.3 Interacciones entre el nivel 3 y el nivel 4

El estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo también debe dar claridad sobre las interacciones entre los siste-

mas centrales de cada subsistema de transporte y el sistema de información de ciudad. Para tal fin, también es posible desarrollar una API que pueda ser implementada y distribuida por la autoridad del sistema de recaudo, agilizando igualmente cualquier proceso de actualización.

En este caso, los contenidos que deben estar explícitos en el estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo, y que se resumen en la Figura 4, son:

- Descripción detallada de archivos para transmisión de datos transaccionales, no transaccionales y reportes.
- Procesos para la transmisión de archivos: procesos de autenticación, servicios web a cargo del sistema de información de ciudad y de los operadores de recaudo.
- Estructura de seguridad para el envío de archivos y listas negras.
- Casos de uso de los medios de pago: emisión, personalización, reconstrucción, bloqueo o desactivación, desbloqueo, adquisición, renovación y recarga de productos, devoluciones y reembolsos.

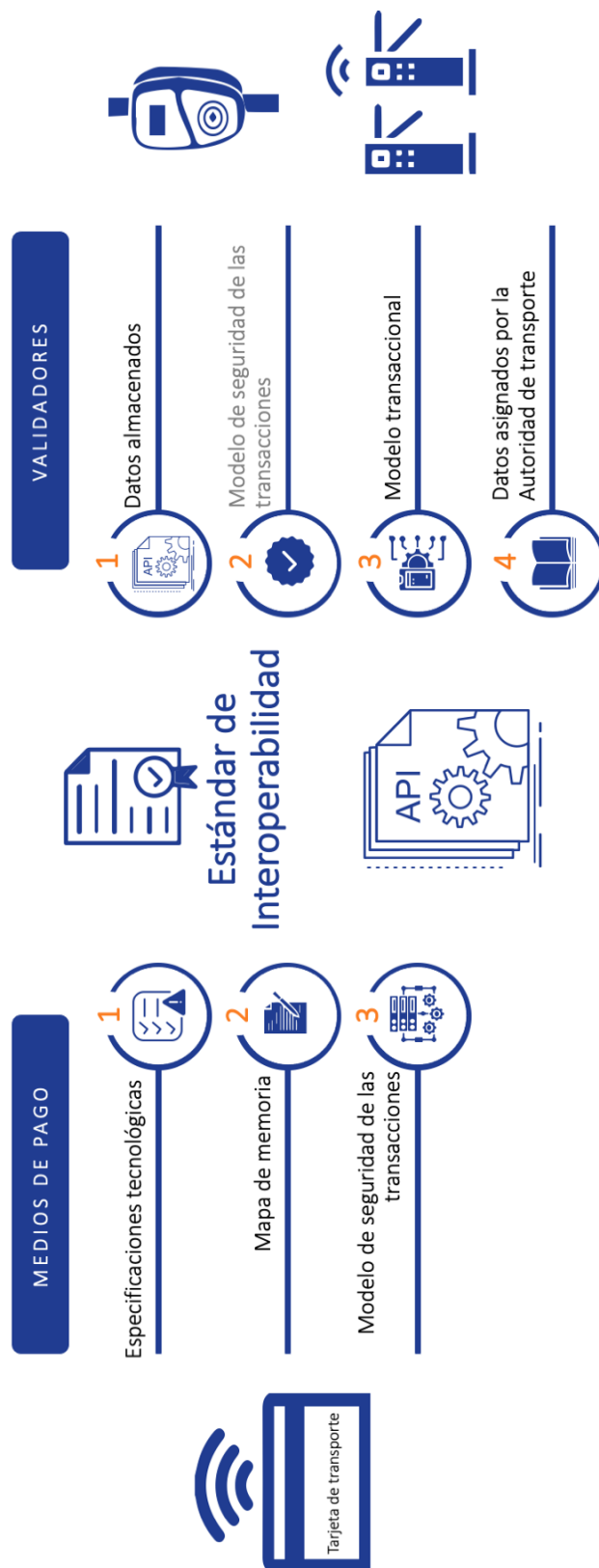
4.3 Lineamientos para sistemas de recaudo con códigos de barras 2D

En esta sección se presentan los lineamientos para la implementación de tecnologías de pago electrónico con códigos de barras 2D en los sistemas de recaudo de servicios de transporte público.

Para la implementación de esta tecnología se sugiere que la autoridad del sistema de recaudo pueda permitir una solución con las siguientes funcionalidades: códigos de barras 2D prepagados y códigos de barras 2D basados en cuenta. En las siguientes subsecciones se detallan estas soluciones y se exponen los lineamientos que se sugieren para su implementación.

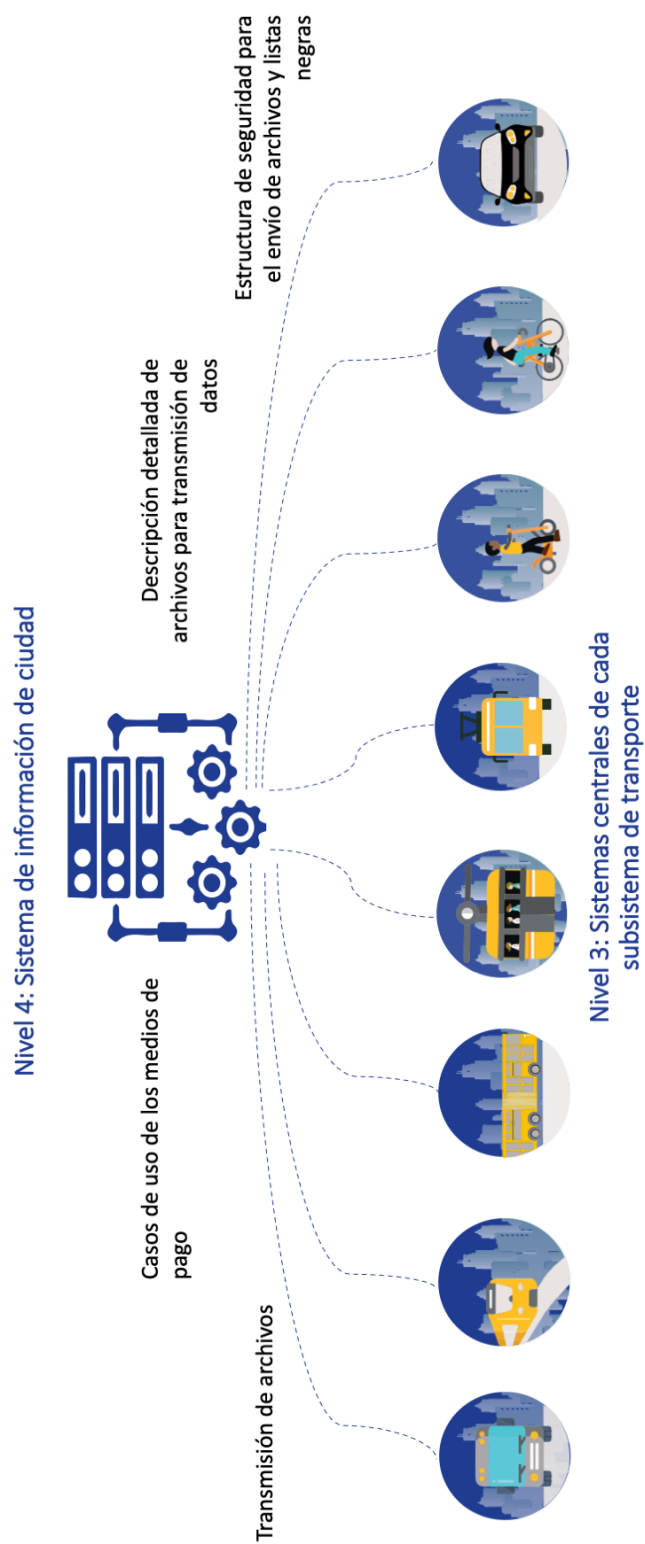


Figura 3. Contenido mínimo del estándar de interoperabilidad relativo a la interfaz entre el nivel O y el nivel 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Contenido mínimo del estándar de interoperabilidad relativo a la interfaz entre el nivel 3 y el nivel 4



Fuente: Elaboración propia

Caso de estudio 2

Paraguay

EMV sin contacto

En 2014, el gobierno nacional lanzó una iniciativa para diseñar un sistema de recaudo que permitiera a los usuarios de transporte público del país acceder a todos los servicios con un único medio de pago. Esta fue liderada por el Viceministerio de Transporte, quien reglamentó el Sistema Nacional de Billetaje Electrónico de Paraguay por medio del Decreto 6917 en el año 2017. Este decreto asigna responsabilidades a todos los actores del sistema y designa que el Viceministerio pueda definir manuales de carácter comercial, operacional y técnico que permitan garantizar la interoperabilidad. La ventaja de contar con manuales, en lugar de incluir todos los requerimientos en un decreto, es que permiten una mayor flexibilidad, pues las actualizaciones de los manuales pueden publicarse inmediatamente, mientras que un nuevo decreto requiere un trámite legislativo que puede durar meses [8].



La definición de estos manuales se realizó teniendo en cuenta una perspectiva institucional, comercial y tecnológica. Desde la institucional se define una estructura de gobierno y toma de decisiones liderada por el Viceministerio, y se asignan roles y responsabilidades. Desde la comercial se especifica cómo se distribuyen los ingresos del sistema y se definen las comisiones correspondientes para los servicios de recarga y validación de los medios de pago. Desde la tecnológica se define un estándar de interoperabilidad y un proceso de homologación.

Uno de los manuales emitidos fue el de normatividad técnica o estándar técnico, el cual define una tarjeta de transporte recargable y otra desechable para usuarios no recurrentes del sistema. Este manual especifica todas las interacciones a las que hay lugar entre el nivel

0 y 1, y entre el nivel 3 y 4 de la arquitectura del sistema de recaudo. Así mismo, se emitió un manual de homologación que describe el proceso que debe llevar a cabo cada empresa prestadora de servicios, como proveedor tecnológico del sistema, para poder participar en el suministro, operación y mantenimiento de los componentes que hacen parte del sistema de recaudo. Estas empresas deben implementar la normatividad técnica y los demás manuales que exige la autoridad del sistema de recaudo para garantizar la interoperabilidad.

En la actualidad, existen dos empresas que han culminado con éxito el proceso de homologación para poder prestar los servicios de recaudo en el transporte público colectivo del Área Metropolitana de Asunción. Se espera que más empresas se homologuen para cubrir la totalidad de los servicios de transporte público de esta área. Este mismo sistema se extenderá a otras ciudades y otros tipos de sistemas de transporte.

Una descripción más detallada del caso puede ser encontrada en [8].



4.3.1 Lineamientos aplicables a la solución con códigos de barras 2D prepagados

La solución tecnológica de códigos de barras 2D prepagados consiste en que un usuario pueda comprar tiquetes de forma anticipada para uso en el transporte público a través de una aplicación móvil.

Esta solución se puede implementar de dos formas: por medio de una aplicación móvil de transporte propietaria y por medio de una miniaplicación móvil o **miniApp embebida**. Ambas soluciones deben incluir una función para el pago de los tiquetes que adquiere el usuario y otra función para la generación de estos tiquetes. Esta última debe garantizar el cumplimiento de los siguientes requerimientos:

- Generación de códigos de barras 2D basado en el estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo, el cual especifica la tecnología, el contenido y la forma en que estos códigos deben ser codificados y decodificados;
- un algoritmo de seguridad que permita la generación de un código de barras 2D dinámico que cambia con una frecuencia de tiempo determinada. Esto evita que el código generado sea copiado y utilizado por un usuario diferente; y
- restringir que se pueda realizar una captura de pantalla desde la aplicación móvil de transporte propietaria o la miniApp embebida.

Teniendo en cuenta la arquitectura del sistema de recaudo presentada en la Figura 2, para cada una de las soluciones propuestas se debe garantizar la interoperabilidad. Para asegurar esto es necesario que la autoridad del sistema de recaudo tenga bajo su control las especificaciones técnicas y de seguridad para las interacciones entre los niveles 0 y 1, y entre los niveles 3 y 4. Así las cosas, en las siguientes subsecciones se presenta una descripción más detallada de cada solución de pagos con códigos de barras 2D prepagados y de las interacciones entre los niveles.

4.3.1.1 Aplicación móvil de transporte propietaria

Es una aplicación móvil de transporte desarrollada por la autoridad del sistema de recaudo o quien esta delegue. Incluye la función de pago de tiquetes y la función para la generación de estos. La solución puede ir enfocada a usuarios bancarizados y no bancarizados. Esta se describe a continuación:

- **Solución para usuarios bancarizados:** puede incorporar dos formas de pago. La primera permite al usuario inscribir una tarjeta débito o crédito en la aplicación móvil, de manera que se pueda debitar de esta el valor del tiquete de transporte que el usuario adquiere haciendo uso de la aplicación. La segunda permite al usuario pagar el tiquete de transporte accediendo a una ventana de pagos a la cual es redirigido desde la aplicación móvil y donde puede seleccionar diferentes formas de pago. Esta última forma de pago requiere que el usuario realice un proceso de compra cada vez que quiera adquirir un tiquete, mientras que la primera facilita este proceso, pues al tener una tarjeta inscrita, se debita automáticamente el valor del tiquete.
- **Solución para usuarios no bancarizados:** permite al usuario adquirir un tiquete de transporte haciendo uso de una **billetera electrónica** que puede ser recargada con dinero en efectivo y otros mecanismos. Esta billetera está embebida en la aplicación móvil.

4.3.1.2 MiniApp embebida

Es una solución desarrollada por la autoridad del sistema de recaudo o quien esta delegue, que incorpora la función de generación de tiquetes en otras aplicaciones o **superApps** que permitan al usuario hacer la compra de los tiquetes de transporte. El propósito de esta solución es que la función para el pago de tiquetes sea suplida con las opciones de pago que estas aplicaciones de terceros ofrezcan. La solución puede ir enfocada a usuarios bancarizados y no bancarizados. Esta se describe a continuación:

- **Solución para usuarios bancarizados:** se enfoca en usuarios que usan superApps que tienen como solución de pagos el uso de una tarjeta débito o crédito, pues por medio de esta el usuario puede hacer el pago de los tiquetes de transporte que genere mediante la miniApp embebida.
- **Solución para usuarios no bancarizados:** se enfoca en usuarios que usan superApps que tienen como solución de pagos el uso de una billetera electrónica que puede ser recargada con dinero en efectivo y otros mecanismos. Por medio de esta, el usuario puede hacer el pago de los tiquetes de transporte que genere mediante la miniApp embebida.

4.3.1.3 Interacciones entre el nivel 0 y el nivel 1

Para garantizar la interoperabilidad entre el medio de pago con códigos de barras 2D prepagados y validadores suministrados por distintos proveedores de tecnología se precisa de un estándar de interoperabilidad que sea de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo y especifique en su contenido los elementos listados a continuación:

□ **Relativos al medio de pago:**

- Especificaciones tecnológicas: se debe seleccionar una tecnología de códigos de barras 2D, la cual puede satisfacer la norma IEC/ISO 18004 o la norma IEC/ISO 24778 que corresponden a códigos QR y a códigos Aztec, respectivamente. Estas son las tecnologías recomendadas para implementar este medio de pago en sistemas de transporte público.
- Datos almacenados: se deben especificar los datos almacenados, el modo de codificación de los datos siguiendo la norma IEC/ISO correspondiente al código de barras seleccionado, los diferentes tiquetes de transporte que se pueden generar y el ciclo de vida de los tiquetes. Asimismo, es necesario que el tamaño en memoria de los datos a almacenar asegure que el código de barras 2D presente un buen desempeño al momento de ser leído y procesado por un validador. Por ejemplo, un código de barras que almacena datos de gran tamaño en memoria necesita una mayor distancia para su lectura que un código de barras que almacena datos de menor tamaño en memoria.
- Seguridad para la generación de un código de barras 2D: se debe detallar el mecanismo de seguridad usado para garantizar la confidencialidad e integridad de los datos al momento de generar el código de barras 2D. Este debe basarse en lo exigido en la norma IEC/ISO correspondiente a la tecnología de código de barras 2D seleccionada y en métodos de criptografía simétrica o asimétrica.
- Modelo de seguridad de las transacciones: se deben definir los mecanismos utilizados para garantizar confidencialidad e integridad de los datos intercambiados en una transacción entre el medio de pago y el validador. Estos pueden basarse en métodos de criptografía simétrica o criptografía asimétrica.
- Requerimientos de la aplicación móvil: se deben incluir las especificaciones mínimas que debe tener el dispositivo móvil para

soportar la solución definida para la generación de códigos de barras 2D a través de una aplicación móvil. Por ejemplo, sistema operativo, capacidad de procesamiento, entre otros.

□ **Relativos a los validadores y demás dispositivos de lectura/escritura:**

- Datos almacenados: se deben especificar los identificadores de componentes, la información de los terminales y listas de acción, y cualquier otro dato que se almacene en el validador.
- Modelo transaccional: se debe incluir la definición de las transacciones que se pueden efectuar con el medio de pago.
- Modelo de seguridad de las transacciones: en caso de que se use criptografía simétrica, se deben especificar los tipos de módulos de SAM junto a sus llaves, el entorno de emisión y custodia de estos, y los algoritmos de diversificación de llaves usados. En caso de que se utilice criptografía asimétrica, se deben detallar los algoritmos de seguridad, los procesos de generación y verificación de firmas digitales, y el mecanismo para el almacenamiento y uso de llaves públicas o privadas requeridas para esto.
- Procesamiento de un código de barras: se debe especificar el mecanismo desarrollado para la lectura y procesamiento de un código de barras 2D, atendiendo el modelo de seguridad definido para las transacciones y el cumplimiento de lo estipulado en la norma IEC/ISO correspondiente a la tecnología de código de barras seleccionada.
- Soporte de librerías: se debe exigir que las librerías implementadas para el desarrollo de la aplicación de pagos con códigos de barras tengan un soporte robusto y sean ampliamente usadas en el mercado.
- Interacción con niveles superiores para el procesamiento de una transacción: se debe definir un protocolo para la transmisión de los datos, la descripción de las tramas de datos transmitidas y el mecanismo de seguridad usado para la transmisión.

Por otro lado, se debe garantizar que la solución incorpore una API instalada en el validador que estandarice la interacción con el medio de pago, la cual puede ser desarrollada por la autoridad del sistema de recaudo o por quien este delegue. La API actúa como una capa de abstracción que

recopila las reglas necesarias para la transferencia de información entre medios de pago y validadores. En caso de que la API sea desarrollada por un proveedor tecnológico, este debe suministrar a la autoridad del sistema de recaudo el código fuente y los manuales técnicos que permitan que un tercero pueda incorporar la API en un validador. Esta API debe soportar distintas tecnologías de validadores con el objetivo de asegurar la participación de múltiples proveedores de estos dispositivos. Los proveedores deben homologar la correcta implementación de la API siguiendo los procesos definidos por la autoridad del sistema de recaudo.

Finalmente, se debe asegurar que tanto la aplicación móvil de transporte propietaria como la miniApp embebida permitan actualizaciones para incorporar la generación de nuevos tiquetes conforme el sistema se vaya expandiendo y se integren nuevos subsistemas de transporte.

4.3.1.4 Interacciones entre el nivel 3 y el nivel 4

El estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo también debe dar claridad sobre las interacciones entre los sistemas centrales de cada subsistema de transporte y el sistema de información de ciudad, así como las interacciones entre el sistema central y las aplicaciones móviles. En este caso se precisa que el estándar especifique en su contenido los elementos listados a continuación:

- Una interfaz estandarizada que permita una fácil interacción entre la aplicación de transporte propietaria y/o la miniApp y el sistema central suministrado por el proveedor tecnológico para el procesamiento de transacciones. Esto permite el envío en un formato estándar de las transacciones de compras de tiquetes al sistema central.

Una interfaz que garantice que el sistema central de cada subsistema de transporte envíe todas las transacciones realizadas con códigos de barras al sistema de información de ciudad. Para esto se debe especificar:

- los archivos para transmisión de datos transaccionales, no transaccionales y reportes; y
- los procesos para la transmisión de archivos, los cuales incluyen mecanismos de autenticación, servicios web, protocolos de comunicación usados para el intercambio de archivos y el modelo de seguridad.

Por otro lado, se debe asegurar que los proveedores tecnológicos y/o de servicios incorporen las interfaces definidas por la autoridad del sistema de recaudo para la interacción con el sistema de información de ciudad.

Asimismo, en el caso de que la modalidad de contratación de un proveedor tecnológico involucre software como servicio (SaaS por sus siglas en inglés), se debe garantizar que el proveedor suministre a la autoridad del sistema de recaudo toda la información recolectada y generada por el software, y ofrezca un servicio que se pueda actualizar y escalar para soportar la expansión del sistema y la adición de nuevas funcionalidades, componentes tecnológicos y transacciones generadas por futuros subsistemas de transporte.

En el caso contrario, se debe garantizar que el proveedor entregue a la autoridad del sistema de recaudo la(s) licencia(s) de uso, sin restricciones de tiempo y con actualizaciones hasta la finalización del contrato del proveedor, del o de los software(s) desarrollados o adquiridos para implementar sus respectivas soluciones, sin que esto represente un costo adicional para el contratante. Así mismo, cada proveedor tecnológico debe suministrar los manuales de uso correspondientes y adelantar sesiones de transferencia de conocimiento con la autoridad del sistema de recaudo cuando esta lo solicite.

4.3.2 Lineamientos aplicables a la solución con códigos de barras 2D basados en cuenta

La solución tecnológica de códigos de barras 2D basados en cuenta consiste en que un usuario pueda mostrar un código de barras desde su dispositivo móvil inteligente mientras va accediendo a los diferentes servicios de transporte. Con esta solución la tarifa correspondiente es descontada al momento de validar. Por esta razón, para la implementación de esta solución se hace necesario un **sistema basado en cuentas**.

Esta solución se puede implementar de dos formas: por medio de una aplicación móvil de transporte propietaria y por medio de una miniaplicación móvil o miniApp embebida. Ambas soluciones deben incluir una función para el pago de la tarifa cada vez que el usuario realiza una validación y otra función para la generación del código de barras 2D que identifica la cuenta del usuario. Esta última debe garantizar el cumplimiento de los siguientes requerimientos:

- Generación de códigos de barras 2D basado en un estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo que especifique la tecnología, el contenido y la forma en que estos códigos deben ser codificados y decodificados;
- un algoritmo de seguridad que permita la generación de un código de barras 2D dinámico que cambia con una frecuencia de tiempo de terminada. Esto evita que el código generado no sea copiado y utilizado por un usuario diferente; y
- restringir que se pueda realizar una captura de pantalla desde la aplicación móvil de transporte propietaria o la miniApp embebida.

Teniendo en cuenta la arquitectura del sistema de recaudo presentada en la Figura 2, para cada una de las soluciones propuestas se debe garantizar la interoperabilidad. Para asegurar esto es necesario que la autoridad del sistema de recaudo tenga bajo su control las especificaciones técnicas y de seguridad para las interacciones entre los niveles 0 y 1, y entre los niveles 3 y 4. Así las cosas, en las siguientes subsecciones se presenta una descripción más detallada de cada solución de pagos con códigos de barras 2D basados en cuenta y de las interacciones entre los niveles.

4.3.2.1 Aplicación móvil de transporte propietaria

Es una aplicación móvil de transporte desarrollada por la autoridad del sistema de recaudo o quien esta delegue. Incluye la función de pagos que permite recargar con saldo una cuenta que un usuario ha creado previamente y la función de generación de códigos de barras 2D que permite identificar a un usuario con su cuenta en el sistema central. La solución puede ir enfocada a usuarios bancarizados y no bancarizados. Esta se describe a continuación:

- **Solución para usuarios bancarizados:** permite al usuario recargar su cuenta haciendo uso de una tarjeta débito o crédito. Del dinero recargado se descuenta la tarifa correspondiente cada vez que el usuario valida con el código de barras 2D generado con la aplicación.
- **Solución para usuarios no bancarizados:** permite al usuario recargar su cuenta con dinero en efectivo en los puntos de atención que se dispongan para esto.

En ambas soluciones, cuando el usuario presenta el código de barras 2D para ingresar al servicio de transporte, el validador realiza una consulta en tiempo real al sistema central para conocer si puede dejar ingresar al usuario. En esta consulta el sistema central debe tener la capacidad de calcular la tarifa que debe ser descontada al usuario y determinar si tiene saldo suficiente en su cuenta para pagarla.

4.3.2.2 MiniApp embebida

Es una solución desarrollada por la autoridad del sistema de recaudo o quien esta delegue, que incorpora la función de generación de códigos de barras que identifican la cuenta del usuario en otras aplicaciones de terceros o superApps. El pago de la tarifa se realiza usando la función de pagos que estas ya tienen incorporada. La solución puede ir enfocada a usuarios bancarizados y no bancarizados. Esta se describe a continuación:

- **Solución para usuarios bancarizados:** se enfoca en usuarios que usan superApps que tienen como solución de pagos el uso de una tarjeta débito o crédito. El usuario debe autorizar en la superApp el uso de la miniApp de transporte para la generación del código de barras 2D. Una vez realizada la validación para ingresar al sistema de transporte, la tarifa correspondiente se descuenta de la tarjeta débito o crédito inscrita en la superApp y seleccionada por el usuario para el pago en el transporte público.
- **Solución para usuarios no bancarizados:** se enfoca en usuarios que usan superApps que tienen como solución de pagos el uso de una billetera electrónica que puede ser recargada con dinero en efectivo y otros mecanismos. El usuario debe autorizar en la superApp el uso de la miniApp de transporte para la generación del código de barras 2D. Una vez haga la validación para ingresar al sistema de transporte, la tarifa correspondiente se descuenta del saldo de la billetera electrónica.
- En ambas soluciones, cuando el usuario presenta el código de barras 2D para ingresar al servicio de transporte, el validador realiza una consulta en tiempo real al sistema central para conocer si puede dejar ingresar al usuario. En esta consulta el sistema central debe tener la capacidad de calcular la tarifa que debe ser descontada al usuario y comunicarse con la superApp. Esta última descuenta el dinero e informa al sistema central, el cual autoriza al validador si debe dar paso al usuario.

4.3.2.3 Interacciones entre el nivel 0 y el nivel 1

Los lineamientos definidos para las interacciones entre el nivel 0 y nivel 1 en la subsección 4.3.1.3 aplican para la solución de códigos de barras 2D basados en cuenta. Por esto, para garantizar la interoperabilidad entre el medio de pago con códigos de barras 2D basado en cuentas y validadores suministrados por distintos proveedores tecnológicos se precisa de un estándar de interoperabilidad que sea de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo y especifique en su contenido los elementos listados en la subsección citada.

4.3.2.4 Interacciones entre el nivel 3 y el nivel 4

Los lineamientos definidos para las interacciones entre el nivel 3 y nivel 4 en la subsección 4.3.1.4 aplican para la solución de códigos de barras 2D basados en cuenta. Adicional a estos, el proveedor tecnológico de la solución del sistema central debe asegurar la interacción con múltiples proveedores de superApps, de manera que sea posible la comunicación entre estos para el descuento de la tarifa cobrada al usuario.



Implementación próxima en Santiago de Chile. Fuente: ohmygeek.net



Caso de estudio 3

Costa Rica

Códigos de barra 2D

Como se describió en la sección 4.1, uno de los medios de pago que hace parte del diseño del sistema de pagos de Costa Rica es el código QR. Esta es una solución que se implementará a través de una aplicación móvil que contará con dos funcionalidades principales: generación de códigos de barra 2D y pago de los servicios de transporte. Para su uso, el usuario deberá descargar e instalar la aplicación en su teléfono inteligente, registrar sus datos personales y configurar su forma de pago.



Existen dos formas de pago que podrán ser configuradas en la aplicación móvil: tarjeta bancaria almacenada, solución dirigida a usuarios bancarizados; y cuenta de transporte recargable, solución dirigida a usuarios no bancarizados.

Para configurar la primera forma de pago el usuario deberá asociar una tarjeta débito, crédito o prepago a la aplicación móvil. Los cobros por concepto del uso del servicio de transporte serán cargados directamente al producto bancario correspondiente a la tarjeta asociada a la aplicación.

Para configurar la segunda forma de pago el usuario deberá crear una cuenta de transporte recargable. En este proceso de apertura el Banco Central de Costa Rica efectuará las comprobaciones necesarias para verificar la identidad del usuario. Para ello, podrá hacer uso de un servicio de consulta de información y validar la información suministrada por el usuario. Una vez creada la cuenta el usuario podrá ingresar a la aplicación de transporte haciendo uso de su usuario y contraseña. La cuenta de transporte podrá ser recargada mediante los medios que se pongan a disposición de los usuarios. Estos podrían incluir, por ejemplo, pagos en efectivo en redes bancarias, establecimientos comerciales y/o las taquillas del sistema de trenes; recarga electrónica con tarjetas EMV mediante la aplicación móvil; o transferencias desde otras cuentas de transporte.

En el sistema de pagos se implementarán las soluciones de códigos de barras 2D prepagados y basados en cuenta. Cada solución permite gestionar el riesgo de no pago de manera distinta. La solución de códigos 2D prepagados es apropiada para rutas y/o subsistemas de transporte con tarifas lo suficientemente altas para que sea recomendable exigir su pago previo al uso del servicio de transporte. La solución de códigos 2D basados en cuenta es apropiada para rutas y/o subsistemas de transporte con tarifas tales que los actores del sistema de pago electrónico estarían dispuestos a asumir los riesgos de no pago con el fin de ofrecerle al usuario una mejor experiencia de pago, con el cobro de la tarifa posterior al uso del servicio de transporte.

En el caso de la solución prepagada, el usuario a través de la aplicación móvil podrá adquirir un boleto haciendo uso de alguna de las formas de pago descritas anteriormente. La aplicación móvil interactuará con el sistema central para confirmar la transacción y, luego de esto, generará un código QR que tiene codificada la información de la transacción y del servicio adquirido. Previo a ingresar al sistema de transporte el usuario presentará el código QR en un dispositivo que lo lee y verifica que sea válido.

En el caso de la solución basada en cuentas, el usuario a través de la aplicación móvil podrá generar un código QR con el que puede acceder a los servicios de transporte sin necesidad de comprar un boleto previamente. Cada vez que el usuario haga uso de este código QR se hará un cobro a la cuenta de transporte del usuario por la tarifa correspondiente.



4.4 Lineamientos para sistemas de recaudo con pago en efectivo con validación electrónica

En esta sección se presentan los lineamientos para la implementación de tecnologías de validación electrónica para el pago con efectivo en los sistemas de recaudo.

Para la implementación de este medio de pago se sugiere que la autoridad del sistema de recaudo pueda permitir las siguientes soluciones: validación con tarjeta inteligente de control de acceso y validación manual. En las siguientes subsecciones estas se detallan, se exponen los lineamientos aplicables a ambas soluciones y los lineamientos aplicables a cada solución en particular.

4.4.1 Validación con tarjeta inteligente de control de acceso

Esta solución consiste en la implementación de una tarjeta inteligente de control de acceso que un colaborador del sistema facilita al usuario para que este realice una transacción acercando este medio de pago al validador, luego de pagar con dinero en efectivo la tarifa correspondiente. Por ejemplo, en un subsistema de autobuses el conductor o un cobrador a bordo del vehículo porta esta tarjeta y desempeña esta labor.

Pueden existir diferentes formas de implementar esta solución. Una de ellas es que la tarjeta inteligente de control de acceso pueda ser recargada con un saldo estimado en función del número promedio de viajes al día que hacen pago en efectivo: el colaborador del sistema recibe el pago en efectivo del usuario y realiza la validación en el sistema con la tarjeta inteligente para autorizar el acceso del usuario; para cada validación, se descuenta la tarifa correspondiente en la tarjeta inteligente. Otra de ellas es permitir que la tarjeta almacene el registro del conteo de los usuarios que ingresaron pagando con efectivo, y que este conteo se pueda contrastar con el dinero recaudado. En cualquier caso, la solución provista por el proveedor tecnológico debe garantizar que se pueda llevar un control preciso y eficiente de las transacciones efectuadas utilizando este medio de pago.

4.4.2 Validación manual

Esta solución se puede implementar de dos formas: mediante un computador a bordo o un interruptor. La primera consiste en una consola de conductor o computador a bordo que puede estar conectada a un torniquete opcionalmente, y permite registrar de forma electrónica el acceso concedi-

do a los usuarios que decidan pagar el valor de la tarifa con dinero en efectivo. El computador a bordo envía las transacciones realizadas al sistema central, donde se lleva la trazabilidad de estas.

La segunda consiste en un interruptor, bien sea un botón o cualquier otro mecanismo manual que permita llevar el registro de los usuarios que pagaron con efectivo. Este elemento puede estar conectado al validador, de manera que cuando es oprimido se registra una transacción, y el validador habilita el torniquete y concede paso al usuario, en caso de existir. El validador acumula las transacciones y las envía al sistema central.

Ambas formas pueden ser llevadas a cabo por un colaborador del sistema. Por ejemplo, en un subsistema de autobuses el conductor o un cobrador a bordo del vehículo acciona de forma manual un botón en la consola o computador a bordo para registrar la transacción, u oprime el interruptor para este mismo fin.

4.4.3 Lineamientos aplicables a ambas soluciones de validación electrónica

Los lineamientos aplicables a la implementación de las soluciones descritas en las subsecciones 4.4.1 y 4.4.2 se presentan a continuación:

- El proveedor tecnológico de la solución de pago en efectivo con validación electrónica debe proponer un mecanismo para llevar un registro apropiado de las validaciones electrónicas por pago en efectivo teniendo en cuenta las soluciones propuestas. Este debe ser aprobado por la autoridad del sistema de recaudo previo a su implementación. El objetivo es llevar una trazabilidad de las transacciones efectuadas con este medio de pago en el sistema central y en el sistema de información de ciudad, de manera que se pueda contrastar con el dinero en efectivo recaudado.
- El proveedor tecnológico de la solución de pago en efectivo con validación electrónica debe proponer una metodología para el control de la evasión que debe ser aprobada por la autoridad del sistema de recaudo previo a su implementación. A la solución tecnológica se deben incorporar los componentes que sean necesarios para dar cumplimiento a lo estipulado en la metodología. Esto permitirá ejercer un control sobre la operación de recaudo y supervisar las actividades del **operador de transporte**. La metodología debe incluir los mecanismos para la detección de la evasión, y los procedimientos

de gestión de incumplimiento y sus respectivas sanciones que se deben aplicar en caso de encontrarse irregularidades.

4.4.4 Lineamientos aplicables a la solución de validación con tarjeta inteligente de control de acceso

Los lineamientos aplicables a esta solución son los siguientes:

- El estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo debe especificar una funcionalidad que permita implementar esta forma de pago. Para ello, es necesario que los elementos listados en las subsecciones 4.2.2 y 4.2.3 incluyan definiciones que permitan la aceptación de una tarjeta inteligente de control de acceso.
- El proveedor tecnológico de la solución de pago en efectivo con validación electrónica debe proponer un protocolo que garantice la seguridad y custodia de las tarjetas inteligentes de control de acceso, el cual debe ser aprobado por la autoridad del sistema de recaudo. Este protocolo define a nivel operativo un proceso para atender contingencias en las cuales el medio de pago sea robado o dañado. También define un proceso para garantizar el bloqueo rápido y eficiente de tarjetas, y el reemplazo de estas con la posibilidad de la recuperación del saldo no utilizado, si aplica.
- Se debe mantener un inventario de tarjetas inteligentes de control de acceso de repuesto para no afectar la continuidad del servicio. De igual forma, el proveedor tecnológico de la solución de pago en efectivo con validación electrónica debe tener la capacidad para suministrarlas cuando se las soliciten.

4.4.5 Lineamientos aplicables a la solución de validación manual

Los lineamientos aplicables a esta solución son los siguientes:

- El estándar de interoperabilidad de propiedad de la autoridad del sistema de recaudo debe especificar una funcionalidad que permita implementar esta forma de pago. Para ello, es necesario que los elementos listados en las subsecciones 4.2.2 y 4.2.3 incluyan definiciones que permitan la validación manual haciendo uso de un computador a bordo o un interruptor.

- El proveedor tecnológico de la solución de pago en efectivo con validación electrónica debe proponer un protocolo que garantice la seguridad de la validación manual, el cual debe ser aprobado por la autoridad del sistema de recaudo. Este protocolo define a nivel operativo un proceso para atender contingencias en las cuales la solución implementada sufra algún daño o avería que imposibilite el recaudo con dinero en efectivo. También define un proceso que permite garantizar el bloqueo de este mecanismo cuando se requiera.



Caso de estudio 4

República Dominicana

Efectivo con validación electrónica

En la República Dominicana el Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT), como autoridad del sistema de recaudo, está implementando un ecosistema de recaudo interoperable, basado en un estándar técnico de propiedad del INTRANT. Este busca lograr varios objetivos como asegurar el diseño y desarrollo de un sistema central con liderazgo y de propiedad del gobierno, asegurar que la propiedad de la información recolectada por el sistema de recaudo sea del gobierno, establecer garantías para la concurrencia de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios, entre otros.



Como parte de la implementación del ecosistema de recaudo interoperable se propuso la introducción progresiva de medios de pago como tarjetas EMV sin contacto, una nueva tarjeta inteligente de transporte y códigos de barras 2D. Adicionalmente, los autobuses seguirán aceptando pago con dinero en efectivo. Con el fin de mejorar el control sobre los ingresos y llevar una trazabilidad en el sistema central de los pagos realizados con efectivo, se agregó un mecanismo de validación electrónica para este medio de pago.

Este mecanismo consiste en el uso de una tarjeta inteligente de control de acceso para cada transacción de pago. Dicha tarjeta es emitida especialmente para validar de forma electrónica las transacciones que involucren el pago con efectivo a bordo de los autobuses. Las tarjetas son entregadas por el operador de transporte a los conductores de los vehículos o las cajeras que trabajan a bordo de estos.

Si un usuario no cuenta con un medio de pago electrónico aceptado en el ecosistema al momento de abordar el autobús, puede pagar con dinero en efectivo. El conductor o cajera recibe el valor de la tarifa y acerca la tarjeta inteligente de control de acceso al validador a bordo, el cual habilita un torniquete para permitir el acceso del usuario. El validador envía una transacción al sistema central.

La autoridad del sistema de recaudo es quien define el proceso operacional asociado al pago en efectivo con validación electrónica e incluye en el estándar de interoperabilidad las especificaciones correspondientes a la tarjeta inteligente de control de acceso.



5

Conclusiones y consideraciones adicionales

Los lineamientos presentados están pensados para la implementación de soluciones que obedezcan unos principios y condiciones técnicas, operativas y de seguridad que garanticen que los sistemas de recaudo sean interoperables y entreguen a la autoridad del sistema de recaudo las herramientas necesarias para que tengan la propiedad de la información y permitan la participación de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios.

Asimismo, los lineamientos consideran que la autoridad del sistema de recaudo, ya sea a nivel nacional o a nivel local, pueda introducir en sus soluciones nuevos medios de pago y componentes tecnológicos que mejoren la calidad y eficiencia en la prestación del servicio de transporte. Esto es indispensable, pues la velocidad con la que avanza la tecnología implica que estos sistemas deban actualizarse regularmente.

Por otra parte, la autoridad del sistema de recaudo juega un rol muy activo en la aplicación de los lineamientos, pues bajo su responsabilidad está su correcta implementación, de manera que es esencial que fortalezca su capacidad técnica con el objetivo de contratar, ejecutar y operar sistemas de recaudo que garanticen la interoperabilidad. El fortalecimiento técnico también tiene el propósito de que la autoridad del sistema de recaudo pueda velar por la evolución de los sistemas de recaudo a través de la apropiación del estándar técnico, el sistema de información de ciudad, las API y demás elementos que conforman estos sistemas. Esto permitirá que pueda trabajar coordinadamente con los distintos proveedores tecnológicos y/o de servicios, y demás actores que participen en la solución del recaudo, de acuerdo con las necesidades y condiciones propias del sistema.

Finalmente, los lineamientos permiten la implementación de sistemas de recaudo donde convergen distintos medios de pago. La autoridad del sistema de recaudo debe asegurar que los diseños cubran las necesidades específicas de cada ciudad o país, de manera que se optimicen los recursos y se logre beneficiar a la población mediante soluciones eficientes que se ajusten a los perfiles sociodemográficos del territorio, a la infraestructura tecnológica y de comunicaciones con las que cuenta la ciudad o el país, a los requerimientos de los subsistemas de transporte que operan u operarán, y a los planes de desarrollo y movilidad vigentes.



Fuente: www.flickr.com/photos/envigadoalcaldia/



Bibliografía

1. M. Rodríguez y F. Gordillo, «Interoperabilidad en los Sistemas de Recaudo para Transporte Público en América Latina y el Caribe,» Banco Interamericano de Desarrollo, 2018. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/interoperabilidad-en-los-sistemas-de-recaudo-para-transporte-publico-en-america-latina-y-el-caribe>.
2. J. Concha y G. Camós, «Sistemas de transporte urbano: Lecciones aprendidas desde la perspectiva de la prestación del servicio: Caso de estudio: Colombia,» 2019. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/sistemas-de-transporte-urbano-lecciones-aprendidas-desde-la-perspectiva-de-la-prestacion-del>.
3. EMVCo, «EMVCo Level 3 Testing. Frequently Asked Questions (FAQ).,» 2017. [En línea]. Available: https://www.emvco.com/wp-content/uploads/2017/08/EMVCo-Level-3-QA_FINAL_14-August-2017.pdf.
4. PCI Security Standards Council, «Requisitos y procedimientos de evaluación de seguridad,» 2018. [En línea]. Available: https://www.pcisecuritystandards.org/documents/PCI_DSS_v3-2-1-ES-LA.pdf?agreement=true&time=1589844418598.
5. PCI Security Standards Council, «Payment Application Data Security Standard,» [En línea]. Available: <https://www.pcisecuritystandards.org/minisite/en/pa-dss-v3-0.php>.
6. Wikipedia, «File:Costa Rica provinces blank.png,» [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Costa_Rica_provinces_blank.png.
7. Servicio Nacional de Catastro, «Visor de mapas del Servicio Nacional de Catastro, capa de división departamental,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.catastro.gov.py/visor/?snc=geo>.
8. F. Gordillo, M. Sosa y J. P. Benitez, «Interoperabilidad en los sistemas de recaudo para transporte público en América Latina y el Caribe: Caso de estudio: recaudo electrónico en Paraguay,» Banco Interamericano de Desarrollo, 2019. [En línea]. Available: <https://publications.iadb.org/es/interoperabilidad-en-los-sistemas-de-recaudo-para-transporte-publico-en-america-latina-y-el-0>.
9. Wikipedia, «File:Mapa Republica Dominicana.svg,» [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_Republica_Dominicana.svg.
10. Congreso de Colombia, «Ley 1955 de 2019 - Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad,» Diario Oficial no. 50.964, 25 05 2019.

Anexos



Anexo 1. Definiciones

Adquirente: entidad que procesa transacciones de pago con medios de pago EMV.

Agregación y cálculo de tarifas: unidad funcional del sistema central encargada de la agregación de viajes y cálculo de tarifas.

API: interfaz de programación de aplicaciones (*Application Programming Interface*); conjunto de subrutinas, funciones y procedimientos que ofrece una librería para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

Autoridad del sistema de recaudo: esta entidad puede ser la autoridad de transporte, el ente gestor de una ciudad o quien la autoridad de transporte delegue.

Autoridad de transporte: máxima autoridad encargada de planificar, regular, vigilar y sancionar la operación del transporte y la movilidad en un ente territorial.

Bandera de pago: franquicia internacional como American Express, Mastercard o Visa, que comunica autorizaciones y liquidaciones correspondientes a transacciones de pago con medios de pago EMV entre los bancos de los comercios y los bancos emisores.

Billetera electrónica: es una herramienta que permite al usuario administrar su dinero de forma virtual desde un dispositivo móvil inteligente y efectuar transacciones electrónicas, las cuales pueden incluir compras en línea o compras en tiendas. Almacena la información de pago del usuario, por ejemplo, saldo recargado en efectivo u otros mecanismos como tarjetas de crédito o débito.

Certificación EMV sin contacto de nivel 1: certificación que garantiza que el hardware de un validador cumple con todos los requerimientos físicos y electromagnéticos especificados por EMVCo, de manera que el dispositivo pueda interactuar con un medio de pago EMV [3].

Certificación EMV sin contacto de nivel 2: certificación que garantiza que el software o firmware de un validador interactúe de forma correcta con un medio de pago EMV gracias a la correcta implementación de librerías o *kernel* correspondiente a cada bandera de pago aceptada, las cuales son especificadas por EMVCo [3].

Certificación EMV sin contacto de nivel 3: es una certificación que garantiza que la solución de pagos EMV funciona de forma correcta en toda la cadena del proceso o de extremo a extremo, es decir, desde que se acerca el medio de pago al validador hasta que la transacción llega al banco emisor del tarjetahabiente para su autorización. Cada bandera de pago define un proceso específico para el cumplimiento de los requisitos de EMV sin contacto nivel 3, de manera que un validador debe contar con un certificado por cada bandera de pago que sea aceptada [3].

EMV: Europay Mastercard VISA; estándar de interoperabilidad de tarjetas bancarias.

EMVCo: entidad encargada de administrar y desarrollar las especificaciones EMV y los procesos de prueba relacionados.

Ente gestor: ente encargado de la implementación y/o gestión del sistema de transporte público de una ciudad.

Emisor: es un banco o institución financiera que ofrece tarjetas de crédito y débito a favor de los tarjetahabientes.

Estándar de interoperabilidad: conjunto de normas y especificaciones detalladas de los componentes institucionales, comerciales y técnicos de un sistema de recaudo que sean de obligatorio cumplimiento para garantizar la interoperabilidad.

Estándar PCI DSS: el Estándar de Seguridad de Datos de la Industria de Tarjetas de Pago (PCI DSS por sus siglas en inglés) es un estándar de seguridad definido por *PCI Security Standards Council* desarrollado para fomentar y mejorar la seguridad de los datos del titular de la tarjeta y facilitar la adopción de medidas de seguridad uniformes a nivel mundial. El estándar se aplica a todas las entidades que almacenan, procesan o transmiten datos del titular de la tarjeta y/o datos confidenciales de autenticación [4].

Estándar PA DSS: el Estándar de Seguridad de Datos de la Aplicación de Pagos (PA DSS por sus siglas en inglés) define los requisitos que debe cumplir la aplicación de pagos instalada en los dispositivos que aceptan medios de pago EMV para garantizar la protección de los datos de los tarjetahabientes y los datos procesados, almacenados y/o transmitidos en una transacción efectuada [5].

Guías de implementación para tránsito: es un documento elaborado por cada bandera de pago que proporciona requisitos de implementación, pau-

tas y estándares para entidades que están considerando o desarrollando soluciones con medios de pago EMV sin contacto para el pago en sistemas de transporte público.

Interoperabilidad: característica de los sistemas de recaudo por la cual se permite a cada usuario acceder a todos los servicios de transporte, prestados por múltiples operadores y proveedores, haciendo uso de cualquiera de los medios de pago habilitados en el sistema de transporte.

Listas de bloqueo: lista que contiene un identificador de los medios de pago EMV sin contacto que no deben ser aceptados por los validadores.

Mapa de memoria: Especificación de la información contenida en el medio de pago, incluyendo el formato de cada campo y su uso en las transacciones definidas dentro del sistema de recaudo.

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

MiniApp embebida: es una aplicación que funciona dentro de otra aplicación móvil o superApp sin necesidad de tener que hacer una descarga, instalación o configuración adicional. La miniApp ofrece funcionalidades adicionales a las de la superApp y puede integrarse fácilmente para usar servicios que esta última ofrece, por ejemplo, una función de pagos. La categoría del servicio de la miniApp puede ser diferente a la de la superApp. Esta es una de las ventajas que ofrece, pues el usuario solo va a requerir tener una sola aplicación móvil y encontrar en esta múltiples funcionalidades ofrecidas por miniApps.

Motor de riesgo: unidad funcional al interior del sistema central dedicada a analizar la información sobre el comportamiento de los medios de pago EMV sin contacto para evaluar su nivel de confiabilidad al momento de aprobar una transacción fuera de línea, y luego generar y difundir listas de bloqueo. También tiene a cargo la gestión de deudas no cobradas.

Procesador de pagos: entidad a cargo de una plataforma tecnológica que interactúa con las banderas de pago y/o los bancos emisores para el procesamiento de las transacciones efectuadas con medios de pago EMV sin contacto. Puede ser el mismo adquirente o prestarle servicios a un adquirente.

Proveedor tecnológico: cualquier actor que intervenga en el desarrollo, fabricación, comercialización, integración o instalación relacionada con los

componentes tecnológicos del sistema de recaudo de un sistema de un ente territorial.

Proveedor de servicios: cualquier actor del sistema de recaudo que presta servicios a los usuarios, la autoridad del sistema o los operadores de transporte. Estos pueden incluir la emisión, venta, recarga o personalización de medios de pago; la atención de peticiones, quejas y reclamos; o el mantenimiento de tecnología; entre otros.

Operador de recaudo: agente avalado por la autoridad del sistema de recaudo de un ente territorial para realizar el recaudo en un sistema de transporte público.

Operador de transporte: agente avalado por la autoridad del sistema de recaudo de un ente territorial para prestar el servicio de transporte público de pasajeros.

Producto tarifario: conjunto de especificaciones y reglas que establecen los parámetros de uso del sistema interoperable y que usualmente está almacenado en el medio de pago. Un producto tarifario puede estar asociado a un perfil de usuario, otorgando beneficios o descuentos en las tarifas de los servicios de transporte.

Sistema central: sistema que consolida y procesa la información transaccional generada por el uso de medios de pago en todos los dispositivos de lectura/escritura de un sistema de recaudo. Adicionalmente, este sistema puede estar dotado de unidades funcionales como el motor de riesgos, tokenización, agregación y cálculo de tarifas, y procesamiento de pagos con medios de pago EMV sin contacto.

Sistema de información de ciudad: sistema que recolecta e integra toda la información de los diferentes componentes tecnológicos de los sistemas de transporte público de la ciudad.

SIT: Sistemas Inteligentes de Transporte.

Sistema basado en cuentas: 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 realiza en el sistema central.

SuperApp: también conocida como súper aplicación, es una aplicación móvil que incorporavarias miniApps con el fin de ofrecer diferentes servicios y

ofertas a los usuarios, permitiendo la fácil integración de terceros por medio de una API. El objetivo de una superApp es brindar una experiencia unificada, fluida e integrada al usuario al momento de usar múltiples funciones.

Tarjeta de transporte: tarjeta inteligente con un chip incorporado para el almacenamiento de información, que sirve como medio de pago de propósito específico para servicios de transporte público.

Tokenización: unidad funcional del sistema central que permite la sustitución de información sensible del medio de pago EMV sin contacto por un equivalente no sensible, denominado token, que actúa como identificador.

Usuarios: personas que hacen uso del servicio de transporte.

Validador: dispositivos con el hardware y el software necesarios para interactuar con los medios de pago y decidir si admiten o no a un usuario en el sistema de transporte.

Anexo 2: Propuesta para la aplicación de lineamientos en el caso de Colombia

El párrafo primero del artículo 117 de la Ley 1955 de 2019 “Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, pacto por Colombia, pacto por la equidad” [10] estipula que “el Gobierno Nacional reglamentará las condiciones técnicas, operativas y de seguridad de los sistemas de recaudo del país”.

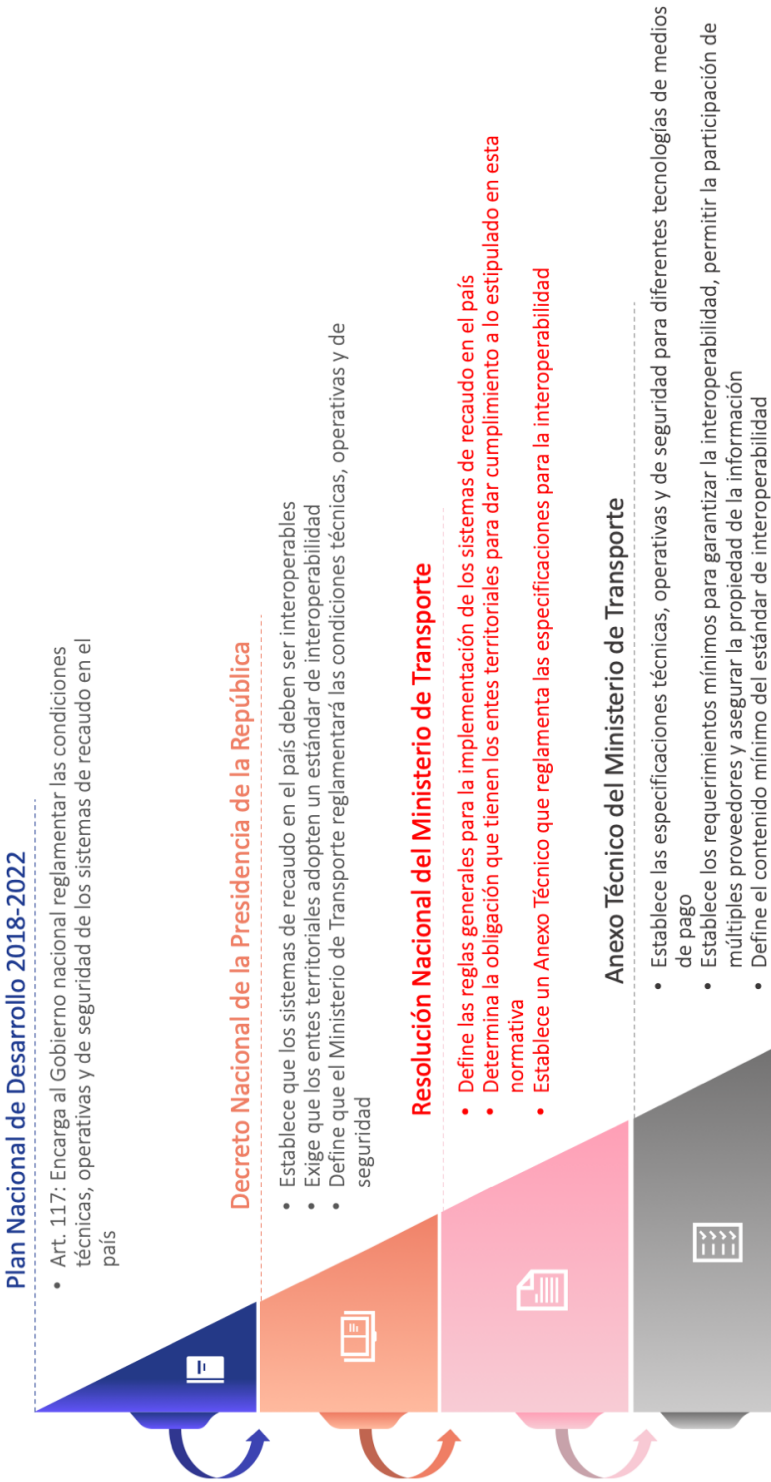
Teniendo en cuenta esto, el gobierno nacional de Colombia, a través del Ministerio de Transporte (MT) ha venido trabajando en la construcción de la normatividad que reglamentará los sistemas de recaudo en el país. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) apoyó al MT mediante la generación de una propuesta con lineamientos para esta reglamentación. La propuesta incluyó la formulación de una estructura para la normativa que incluye tres elementos: un decreto nacional expedido por la Presidencia de la República, una resolución nacional emitida por el Ministerio de Transporte y un anexo técnico elaborado por el Ministerio de Transporte. Estos se muestran en la Figura 5 y se describen a continuación.

Se propuso que el decreto nacional establezca que los sistemas de recaudo del país deben ser interoperables, defina las condiciones técnicas, operativas y de seguridad que deberán satisfacer estos sistemas, y exija que la autoridad del sistema de recaudo de cada ente territorial adopte un estándar de interoperabilidad. Adicionalmente, se recomendó que el decreto estipule que las especificaciones de estas condiciones y del estándar de interoperabilidad serán reglamentadas por el Ministerio de Transporte quien, a través de una resolución nacional, establecerá la normativa correspondiente.

La propuesta para la resolución consiste en que este documento formalice unas reglas generales para la implementación de los sistemas de recaudo en el país y la existencia de un anexo técnico que especifique las normas que deberán seguir las autoridades de los sistemas de recaudo para garantizar la interoperabilidad de estos sistemas. Así mismo, se propuso que la resolución determine la obligación que tienen las autoridades de los sistemas de recaudo para dar cumplimiento a lo que se reglamente en el anexo y las sanciones que estas podrían recibir en caso de omitir o no implementar a cabalidad las medidas que se establezcan.

Finalmente, se recomendó que el anexo técnico instaure los requerimientos mínimos que debe tener la solución tecnológica provista para garantizar que el sistema de recaudo sea interoperable, permitir la participación de múltiples proveedores tecnológicos y/o de servicios, y facilitar la expansión y evolución del sistema en el tiempo. Este anexo podrá ser actualizado cuando sea necesario, de manera que se pueda adaptar a las nuevas tendencias y soluciones que se implementen en los sistemas de recaudo dado el avance y evolución de las tecnologías, y la infraestructura con la que cuente el país para soportarlas. Contar con un anexo permite flexibilidad, pues la publicación de las actualizaciones de este requiere un menor trámite legislativo que la publicación de actualizaciones del decreto nacional o resolución.

Figura 5. Estructura propuesta para la reglamentación de los sistemas de recaudo en Colombia



Fuente: Elaboración propia

