

# “UN NUEVO CONCEPTO EN SISTEMAS DE PEAJE FREE-FLOW. APLICACIÓN PRÁCTICA EN EL VIADUCTO ELEVADO BICENTENARIO DE MÉXICO DF”

Manuel López ([mlvillena@indra.es](mailto:mlvillena@indra.es))

Guillermo Pérez-Montero ([gpmontero@indra.es](mailto:gpmontero@indra.es))

Antonio Martín ([amartin@indra.es](mailto:amartin@indra.es))

Paulino Rodríguez ([paurodriguez@indra.es](mailto:paurodriguez@indra.es))

Alonso Bautista ([abautista@indra.es](mailto:abautista@indra.es))

**Departamento de Transporte y Tráfico, Indra Sistemas S.A., España-México**

## ABSTRACT

Se trata de la implantación tecnológica de un sistema de peaje cerrado con control en las entradas y flujo libre en las salidas. El sistema implantado permite la operación reversible del mismo. La innovación tecnológica más importante, además de la propia integración bajo un mismo sistema de vías dedicadas de peaje con pórticos de free-flow, ha estado basada en el desarrollo de algoritmos espacio temporales de correlación en el punto de cobro, algoritmos cooperativos en OCR, teoría de colas en el centro de control, aplicaciones multiplataforma, aplicaciones basadas en web y un middleware para comunicación de los diferentes módulos que produce una arquitectura flexible y escalable.

Este sistema se ha puesto en marcha en el Viaducto Elevado Bicentenario (VEB) [1], que tiene como objetivo comunicar varias zonas del norte con la zona central del Periférico en México DF. OHL Concesiones obtuvo la concesión para la explotación, operación, conservación y mantenimiento del VEB. Indra Sistemas S.A.[2] ha sido la encargada del desarrollo y la puesta en marcha del sistema integral de peaje (vías de entradas, pórticos de salida y centro de control) para la operación de la autopista.

## 1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Indra es referencia mundial en Sistemas de Transporte y Tráfico, habiendo implementado proyectos en más de 46 países [3], lo cual nos permite implantar sistemas eficientes para la gestión de infraestructuras (ITS) y el control de ingresos (peaje y telepeaje).

Los sistemas de cobro electrónico totalmente automáticos (free-flow por lo general) para autopistas urbanas de peaje, aportan una solución única, que aseguran la operación y control del ingreso en carreteras de alta demanda y ocupación, como es el caso del VEB. La solución propuesta en este caso se basa en un sistema mixto con vías de entrada y pórticos de salida pero manteniendo la filosofía de sistema electrónico mediante el control del acceso con vías de entrada dinámicas (validación y desvío inteligente) y aplicando tarifas de peaje en función de la categoría del vehículo y la distancia recorrida (peaje cerrado).

Las características principales del sistema implementado son las siguientes:

- Todo vehículo que utilice la infraestructura deberá estar en posesión de un tag válido.
- Para mayor confiabilidad, se implementa un sistema OCR para tener una validación redundante entre Tag y matrícula.
- Para garantizar el acceso de vehículos con Tag se dispondrá de vías exclusivas de telepeaje de alta capacidad con vías de escape y posibilidad de reincorporar a vehículos con tag válido que fueron discriminados por error de lectura mediante lectura con PDA.

- La salida de los vehículos es libre mediante pórticos de free-flow para dos carriles.

A nivel de centro de control, en la parte del Centro de Operación de Peaje (COP) se realiza la integración de datos que provienen de las vías dedicadas de entrada y los pórticos de salida con las siguientes áreas funcionales principales:

- Sistema de Tratamiento de Transacciones: gestión de transacciones provenientes de los pórticos y armado de viajes. Los procesos principales que se llevan a cabo son:
  - Recepción, análisis y verificación de los tránsitos recibidos desde los pórticos.
  - Recepción de tránsitos de las vías de entrada
  - Armado de viajes, permite conocer el origen de las transacciones de salida de la autopista y tarificar como peaje cerrado.
  - Envío de los viajes realizados al Back-Office comercial.
- Sistema de Gestión o módulo de operación: configuración, alarmas, auditoría y gestión de pórticos.

A nivel de BackOffice, centrado en la atención a los usuarios de la autopista , las funcionalidades más importantes que se han implementado son:

- Gestión de clientes y cuentas y emisión de facturas.
- Página Web para clientes: consulta de saldos, tránsitos realizados y realización de pagos.
- Principales módulos:
  - Gestión de contactos.
  - Gestión de tags.
  - Gestión de listas.
  - Generación de remesas y gestión del cobro.
  - Gestión de impagos.
  - Proceso de facturación.
  - Gestión de entidades.

## 2. VÍAS DE ENTRADA

La vía de entrada será la encargada de permitir el acceso al viaducto. Dicha vía contará con dos controladores de vía. Uno de ellos encargado de la vía principal y el segundo encargado de la vía de desvío. A estos controladores irán conectados los dispositivos necesarios para dotarle de la funcionalidad requerida.

Dentro del sistema de entrada funcionalmente se diferencian dos partes, una primera barrera con:

- Área Información Entrada: donde se indica estado de la vía (Abierta/Cerrada) teniendo como objetivo identificar si el Viaducto está abierto en un sentido o en otro.
- Área de Identificación: Lugar donde se realiza la identificación del vehículo. Se identifican los vehículos que entran en el Viaducto por medio de su tag y de su matrícula.
- Área de Señalización: Zona donde se informa al vehículo de su saldo y de la dirección que ha de tomar

En la segunda barrera, se tiene una segunda oportunidad para los vehículos de validar su forma de pago, esto se hace mediante lectores portátiles con la lectura del código de barras asociado a cada tag.

Las funciones básicas del controlador de vía, para las vías de entrada, se detallan a continuación:

- Presentación de la configuración y estado de la vía.
- Presentación de los datos de identificación de la vía y del operador.
- Apertura, cierre de turno de la vía.
- Presentación de los vehículos detectados.
- Habilitación /deshabilitación del teclado o teclas en función del estado de la vía.
- Asociación del importe y la categoría al tránsito
- Asociación de modos de pago al tránsito.
- Asociación de modos de paso al tránsito.
- Generación de una ficha contable con los datos del tránsito.
- Control del cierre de la aplicación por usuarios autorizados.
- Comunicaciones con Centro de Control.
- Interfaz gráfica con la posibilidad de mostrar el estado de todos los elementos que componen la vía.
- Captura de matrículas para su posterior reconocimiento.

Para cada vía existirá un proceso de telecargas de datos desde el Centro de Control que enviará a cada una de las vías una lista negra que contendrá todos los tags no válidos. Cada vez que el centro de control reciba una nueva lista la distribuirá a todas las vías. Se podrá consultar qué versión de lista está cargada en cada vía en el módulo de supervisión.

### 3. PORTICOS DE SALIDA

Este sistema de salida estará compuesto por pódicos free-flow capaces de realizar la identificación del usuario mediante el tag incluyendo equipamiento necesario para la detección multicarril de vehículos mediante tecnología láser. Una configuración multicarril permite la conducción normal en el área de paso, a la velocidad de circulación de 90 Km/h y permitiéndose los cambios de carril de los vehículos en tránsito.

Los bloques principales del pódico free-flow a nivel de salida que aquí se describen son:

- Sistema de detección multicarril basado en tecnología láser : VDAC
- Sistema de adquisición de imagen con iluminación infrarroja que captura una imagen delantera de cada tránsito para un posterior reconocimiento automático de matrículas para México : VES
- Sistemas de comunicaciones basado en DSRC 915 MHz válido para México con antenas y transponder de Mark IV (MIV) : ETC
- Controlador de pódico, formado por el controlador multicarril , el sistema de alimentación general y de comunicaciones: CP
- Estructura metálica que soporta todo el hardware necesario para el correcto funcionamiento del pódico free-flow: PÓRTICO

La siguiente figura muestra un diagrama con los bloques comentados:

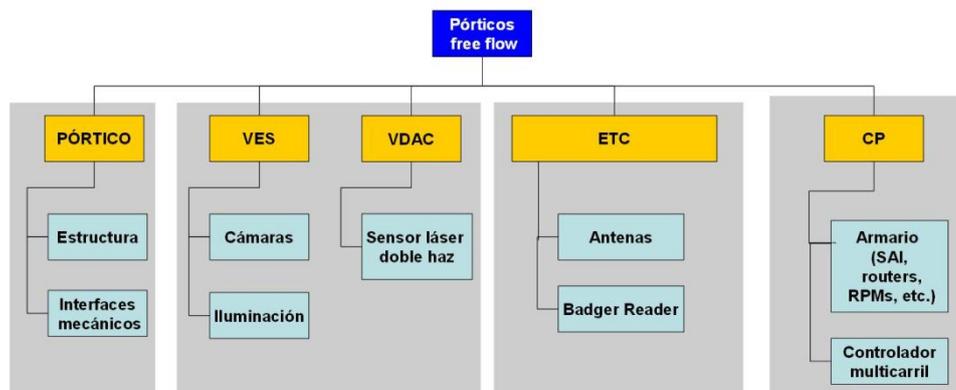


Figura 1. Distribución por bloques pódico Free-Flow

Para el correcto funcionamiento del Sistema de Peaje, es fundamental que estos elementos se integren correctamente y actúen de forma coordinada. El controlador multicarril tiene como funcionalidad principal controlar y sincronizar todos los sistemas de los que está formado dicho punto de cobro de peaje. El "matching" de la información que sobre el vehículo nos dan los sistemas de comunicaciones y de detección es una tarea crítica del sistema y ha de realizarse en tiempo real.

#### 4. CENTRO DE CONTROL

La arquitectura a nivel de centro de control tanto a nivel de hardware como software, está basada para cubrir los siguientes requisitos:

- **Reasignación dinámica** de recursos: los servidores permiten asignar dinámicamente los recursos disponibles con la posibilidad de asumir picos de carga sin necesidad de aumentar el hardware.
- **Óptimo rendimiento:** el rendimiento supera con creces los requisitos exigidos, utilizando tecnología de última generación
- **Escalabilidad** en caliente de la plataforma: los servidores dispondrán de tasas de crecimiento entorno al 25 % en sus componentes. Las ampliaciones podrán realizarse en caliente, sin necesidad de detener la operativa.
- **Redundancia** en todos los componentes: todos los componentes clave de la configuración ofrecerán alternativas frente a posibles fallos.
- Configuración en **alta disponibilidad:** la configuración incluye Alta disponibilidad de las aplicaciones básicas permitiendo entornos alternativos en caso de caída.
- **Máxima utilización** de componentes: la configuración permitirá el uso activo de la mayoría de los componentes, permaneciendo únicamente los mínimos indispensables en espera ante un eventual incidente.

Debido a la existencia de procesos de negocio heterogéneos, se encuentra la necesidad de disponer de métodos de comunicación entre procesos y herramientas para poder diseñar de forma gráfica el flujo de negocio de la información. Para la integración de todos los sistemas se usa una plataforma middleware orientada a mensajes. La utilización de esta plataforma posibilitará el desarrollo ágil de los procesos e interfaces entre sistemas, proporcionando la fiabilidad, garantía, robustez y tolerancia que este tipo de sistemas requiere.

La parte del centro de control del asociada a las vías de entrada es la encargada de almacenar los datos generados en esas vías, así como la de enviar la información de listas y saldos hacia las mismas. Además también sirve de interfaz con el sistema de BackOffice y el COP. El servidor central dispone de una base de datos donde se almacenan los datos proporcionados por las vías.

Módulo Origen	Módulo Destino	Descripción de la relación
Pórtico	Centro Control	Tránsitos
		Imágenes
		Alarmas
Centro de Control	Pórtico	Tarifas
		Listas de TAGs y Saldos

Tabla 1. Distribución por bloques pórtico Free-Flow

En relación al BackOffice comercial, el sistema realiza una gestión integral de la actividad de peaje y los procesos comerciales de la autopista, con los siguientes puntos principales:

- Sistema CRM, que permitirá la gestión de clientes y cuentas así como la emisión de factura mensual, siempre que se alcance un valor configurable. También se incorpora una página Web de clientes para consulta de saldos, tránsitos realizados y realización de pagos.

- Interfaz para comunicar el Sistema de Back Office con ERP contable de la concesionaria.
- Informes diarios de tráfico, viajes por enlace y por recorrido, así como informes de altas y bajas de usuarios y saldos.

Existe un aplicativo a nivel de centro de control, sistema de supervisión basado en tecnología web, MOMS, que permitirá la monitorización del estado del equipamiento así como la visualización de alarmas en tiempo real, las alarmas que van ocurriendo tanto en las vías como en los pódicos, así como del proceso de distribución de saldos y procesos propios del centro. Cuando todas las alarmas de la vía sean de baja prioridad el icono de alarma será de color verde. Cuando alguna de las alarmas de la vía se de alta prioridad, el icono de la alarma será de color rojo.

Para la visualización de todas las incidencias relacionadas con el tráfico a nivel de ITS, se tiene una aplicación que sirve de herramienta para el control de tráfico interurbano y para el mantenimiento de equipos de carretera. Este sistema está basado en una arquitectura distribuida según el modelo Cliente / Servidor, que permite tener información de cualquier carretera, en cualquier puesto de operación. Además, permite poder actuar sobre los elementos de la carretera, desde cualquier puesto de operador.

Está información será por un lado datos del estado del equipo, como por ejemplo la señalización de un panel PMV, o el enclavamiento de una cámara contra un monitor. Por otro lado, se verán las alarmas que puedan surgir en el mencionado equipamiento, para que el operador pueda detectarlas y actuar si fuese necesario.

## REFERENCIAS

1. [www.viaductobicentenario.com.mx](http://www.viaductobicentenario.com.mx)
2. [www.indra.es](http://www.indra.es)
3. Otras referencias:

Toll System Management and Web page for CONMEX	2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tolling Management System.</li> <li>• Back-Office System.</li> <li>• Call Centre.</li> <li>• Web Page with general information.</li> <li>• Private webpage for Customers</li> </ul>
Indiana Toll Road (USA)	2006-2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Back-Office system with customers accounts Management.</li> <li>• Call Center / IVR</li> <li>• Website implementation for general information and customers.</li> <li>• Reports generation system- Data Warehouse (Business Objects).</li> <li>• Electronic Toll Collection System.</li> <li>• CCTV system.</li> </ul>
Americo Vespucio Sur (Chile)	2003-2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Free flow system implementation.</li> <li>• Back-Office system implementation.</li> <li>• Data migration (accounts and tags) of the Free flow system.</li> </ul>