

Conceptos
prácticos para la
implementación de

ITS

en carreteras

SISTEMA INTELIGENTE
DE TRANSPORTE





Copyright



Banco Interamericano de Desarrollo
Rafael Poveda
Shirley Cañete

Consultor Externo
TECNOBRAM

Gráficos y Diagramación
NAZCA "Artes Gráficas"

Fotos e Ilustraciones
Jaime Marcelo Apunte O.

Datos estadísticos
Comunidad Andina de Naciones (CAN)
Comisión Europea (CE)
Traveller Information Services Association

Contacto BID
bidtransporte@iadb.org

www.iadb.org

Copyright © 2019 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.

CONCEPTOS PRÁCTICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE **ITS** EN CARRETERAS



MAPA DE LA COMUNIDAD ANDINA DE NACIONES



Tabla de contenido

1.-	INTRODUCCIÓN	6
2.-	CONTEXTO GENERAL DE LOS SISTEMAS ITS	8
3.-	CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA	14
3.1.-	¿Qué son los ITS?	14
3.2.-	¿Para qué sirven los ITS?	14
3.3.-	Beneficio costo y los ITS	14
3.4.-	Etapas de estudios y diseños de proyectos ITS	15
3.5.-	Tecnologías ITS en carretera	17
3.6.-	Guía conceptual y metodológica para proyectos ITS en carretera	22
3.7.-	Otros aspectos importantes	38
4.-	NOTA FINAL	40
5.-	VÍNCULOS DE INTERÉS	41
5.1.-	Entidades	41
5.2.-	Publicaciones	41



INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de un despliegue ITS es generar beneficios por medio del uso de las tecnologías aplicadas al transporte, como son:

En los últimos años, con el aumento del parque automotor y, por lo tanto, de la inversión en infraestructura, en América Latina, se ha comenzado a notar un incremento en la frecuencia de implementación de Sistemas ITS en ciudades y carreteras.

Este documento tiene como objetivo resumir los principales conceptos y pasos a seguir al momento de la implementación de un Sistema ITS.

De esta manera, el lector encontrará una definición general de los ITS y cuál es su utilización. Así mismo, se profundiza en los puntos que se deben considerar para la instalación de los sistemas ITS en carretera. Por ejemplo, los posibles beneficios cualitativos económicos y cuantitativos que resultan de las inversiones en estos sistemas. Luego se presentan las etapas

que conforman el desarrollo de estos proyectos, que van desde los estudios hasta el diseño, y una descripción general del tipo de tecnologías ITS que se pueden implementar en carreteras.

En el apartado de la guía conceptual y metodológica, se profundizan los conceptos para la ejecución de un Sistema ITS. Se comienza con una identificación de los beneficios para los diferentes actores y se continúa con el abordaje de los procesos de toma de decisión que llevan adelante la implementación. Es en esta etapa donde se determinan y enumeran las principales causas que llevan un proyecto a fracasar, y culmina con las recomendaciones para la instalación de los ITS en carreteras.

Por último, en la Nota Final se resumen los principales conceptos que trascienden las tecnologías ITS.

- Operador - Sociedad - Usuarios - Estado





CONTEXTO GENERAL DE LOS SISTEMAS ITS

Acorde a cifras oficiales de la Secretaría General del bloque subregional, con sede en la capital peruana, entre 2005 y 2014 el parque motor de los países integrantes de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) creció un promedio anual de 11.7%, al llegar a 19.19 millones de unidades, lo que corresponde a cerca de 181.5 unidades por cada 1.000 habitantes. El crecimiento más fuerte se presentó en Colombia, con 12.7%; seguido por Bolivia, con 11.8%; Perú, con 11.7%, y Ecuador, con 8.1%.

Al mismo tiempo, otro informe de la CAN (2013) reveló que un total de 13 479 personas murieron y otras 141 175 resultaron heridas en 347 018 accidentes de tránsito que se registraron.



Mientras las cifras de accidentalidad en la región andina siguen incrementando (127 fallecidos por cada millón de habitantes), las muertes por accidentes de tráfico en la Unión Europea (UE) cayeron un 2% entre 2015 y 2016, y llegaron a 50 fallecidos por cada millón de habitantes (casi la mitad en comparación con la CAN), según el informe anual de la Comisión Europea.

En la UE, la disminución de accidentes fatales está relacionada, entre otros factores, con los despliegues de ITS. El trabajo en la homogenización y en el acceso de los usuarios a los servicios de información de tráfico inició en 1992. Uno de los primeros proyectos impulsados fue Eureka 147, que sirvió de ruta para la creación de lo que ahora se denomina TPEG (*Transport Protocol Experts Group, o Grupo de Expertos en Protocolo de Transporte*). Las soluciones de servicios hacia los usuarios del transporte, tanto en seguridad vial como en información al viajero, comenzó en el ambiente de las comunicaciones por radio mediante el uso de esquemas analógicos (*Radio Data System-RDS*) y luego con el enfoque de radio digital (*Digital Audio Broadcasting-DAB*), este último basado en Servicios TPEG a través de la Asociación de Servicios de Información al Viajero-TISA.



CONTEXTO GENERAL DE LOS SISTEMAS ITS

Con el paso del tiempo, se comenzó a comprender la importancia de los esquemas basados en ITS y su contribución al ámbito de seguridad vial. Esto llevó al establecimiento de un nuevo esfuerzo enfocado determinar las necesidades de ITS que tendría un usuario de ITS dentro de las ciudades, entre ciudades y hasta entre países. Es así como surge el proyecto Karen 2000 en el año 1998, que finalizó con la concepción, por parte del comité técnico de ITS, de la norma ISO/TC 204, denominada ISO 14813-1, referente a estos servicios.

La UE siguió generando formas de articular los ITS apegadas a las particularidades de la región. En el año 2008 presentó el plan de acción de los ITS, el cual respondía a sus problemas concretos. Estos estaban agrupados en seis áreas prioritarias definidas a partir de los aportes de agentes públicos y privados. Por lo que se asumió que las aplicaciones ITS concernientes a tales áreas debían ser lo suficientemente interoperables para que fueran desplegadas en corto y mediano plazo a lo largo de la UE (European Commission, 2008).

En ese sentido, puede inferirse que la UE fue consciente de que para lograr un despliegue coherente de ITS es preciso

emplear infraestructuras comunes de ITS (Plataforma ITS Europa, 2009), por ello, les ha dado una gran importancia a las tecnologías orientadas a servicios. Fue así como surgió EasyWay (Plataforma ITS Europa, 2009), el cual propuso los procedimientos que deberían tenerse en cuenta para la prestación de servicios dentro de la red de transporte europea TERN (*Trans-European Road Network*).

EasyWay tiene varias fases: la primera, relacionada con el estudio de viabilidad sobre algunos servicios ITS que podrían ser prestados; la segunda, tiene como objetivo analizar cuáles herramientas de las TIC permiten la viabilidad del ofrecimiento de servicios ITS (primera visión hacia el 2015); la tercera, propone la armonización de los sistemas de mensajería variable (VMS), y la cuarta, orientada hacia la construcción de un nuevo protocolo que permita a las centrales de tráfico compartir datos de manera eficiente y transparente (Plataforma ITS Europa, 2009). El anterior trabajo dio origen a los estándares CEN 16157, asociados a interoperabilidad en ITS.



Acciones del Plan de Acción ITS 2008

Uso óptimo de datos de la vía, del tráfico y de la ruta	<ul style="list-style-type: none"> > EU-mejores servicios de información de viaje en tiempo real. > Recogida y suministro de datos de la vía. > Datos públicos exactos para mapas digitales. > Servicios de información básica gratuita. > Promoción de planes de viaje multimodales.
Continuidad del tráfico y de la gestión de flotas	<ul style="list-style-type: none"> > Comunidad de los servicios de ITS. > Servicios de Transporte y Logística de la Carga (<i>eFreight</i>). > Marco de la Arquitectura ITS europea. > Implementación de la interoperabilidad de los sistemas de peaje electrónico.
Seguridad viaria y vial	<ul style="list-style-type: none"> > Promoción de los sistemas de seguridad embarcados. > Introducción de <i>eCall</i> europea en profundidad. > Marco regulador de interfaces seguras hombre-máquina. > Pautas de mejores prácticas: impacto de los ITS en los usuarios vulnerables de la vía. > Pautas de mejores prácticas: plazas de estacionamiento seguras para camiones (apoyo de ITS).
Integración de vehículos e infraestructura de transporte	<ul style="list-style-type: none"> > Arquitectura de una plataforma embarcada abierta. > Desarrollo y evaluación de sistemas cooperativos. > Especificaciones para la comunicación de sistemas cooperativos. > Mandatos para la estandarización europea.
Protección de datos y responsabilidades	<ul style="list-style-type: none"> > Aprobación y medidas sobre seguridad y protección de datos. > Abordar temas de responsabilidad, en especial en sistemas de seguridad embarcada.
Coordinación ITS Europa	<ul style="list-style-type: none"> > Marco legal de coordinación europea de ITS. > Conjunto de herramientas de apoyo a la decisión para la inversiones en ITS. > Pautas para la financiación pública de ITS (EU y nacionales). > Plataforma de colaboración sobre ITS urbanos.

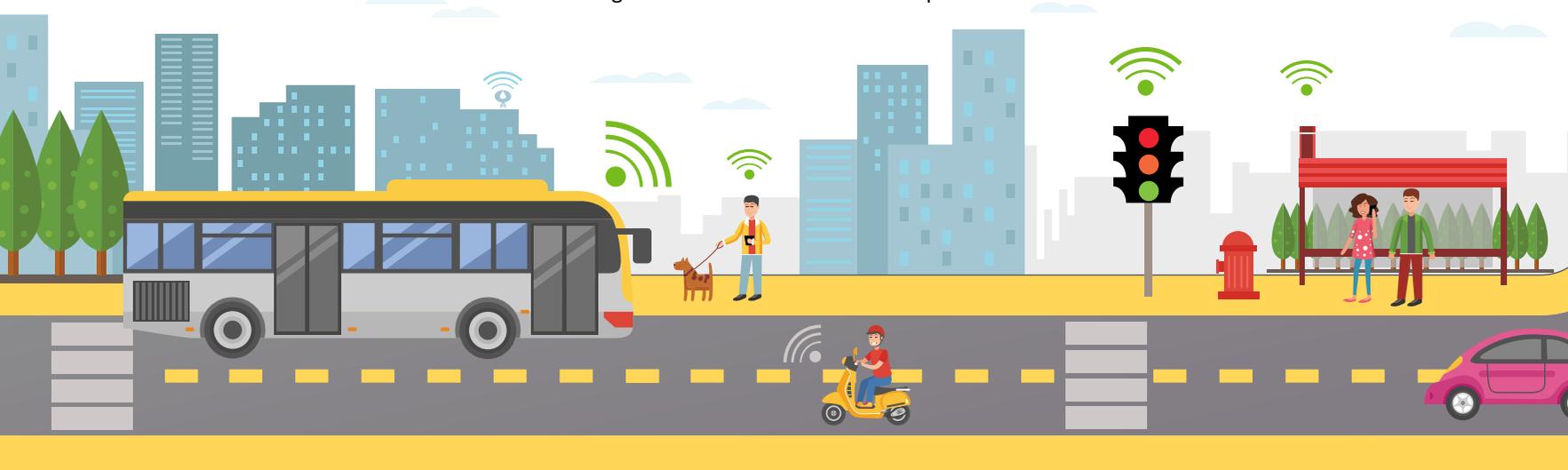


CONTEXTO GENERAL DE LOS SISTEMAS ITS

Uno de los detalles de la propuesta Easyway que debe resaltarse es que el intercambio de información entre las centrales de tráfico pertenecientes a los países miembros se llevó a cabo mediante la iniciativa DATEX II (*Data Exchange*), que siguió los parámetros exigidos por el comité técnico de ITS ISO/TC 204. La creación del mencionado protocolo tuvo un gran impacto, ya que está sustentado sobre las tecnologías orientadas a servicios que emplean específicamente las tecnologías basadas en XML, como los servicios web.

Dicho protocolo es la carta de navegación que recopila información relacionada con el tráfico y el viaje en toda la UE, y la continúa integrando a lo largo de carreteras urbanas e interurbanas en la región, con miras incluso hacia el año 2030.

A raíz de lo anterior, la UE estableció la Directiva 2010/40/EU: Marco para la coordinación y el uso e implantación efectivo de los Sistemas Inteligentes de Transporte, y desde el establecimiento de esa política pública se considera la carta de navegación de los ITS en la Unión Europea.



Directiva 2010/40/EU: Marco para una puesta en marcha coordinada y efectiva del uso de los Sistemas Inteligentes de Transporte.

Objetivos:

- Establecer un marco para el uso coordinado y efectivo de los ITS.
- Fijar prioridades comunes.
- Desarrollo de especificaciones y estándares.



CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

3.1.- ¿QUÉ SON LOS ITS?

Hay dos definiciones importantes, una un poco más popular, la otra un poco más técnica:

- Popularmente, los ITS son los Sistemas Inteligentes de Movilidad.
- Técnicamente, los ITS son todos los sistemas telemáticos (telecomunicaciones e informáticos) para el diseño, implementación y operación de los sistemas de movilidad.

3.2.- ¿PARA QUÉ SIRVEN LOS ITS?

- Para generar beneficios.
- Para solucionar problemas.
- Para hacer la movilidad más organizada, más planificable, más agradable y más segura.

En resumen:

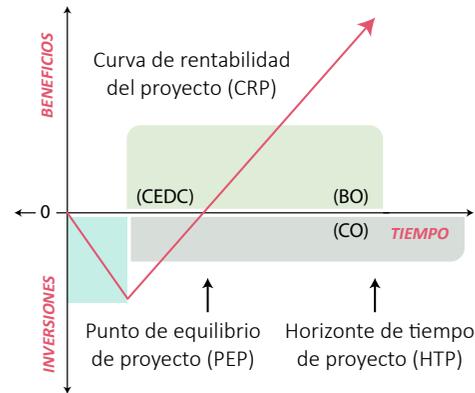
- Para lograr una movilidad eficiente y sostenible que contribuya a hacer un mejor uso del tiempo, y
- Para generar una buena experiencia en la movilidad.

3.3.- BENEFICIO COSTO Y LOS ITS

3.3.1.- ¿Cómo funciona el beneficio costo?

En primer lugar, hay que identificar a los beneficiados y los beneficios de los ITS. Típicamente, los beneficiados son la sociedad, el usuario, el operador y el Gobierno. El desafío es identificarlos con claridad, ya que no siempre resultan evidentes o no todos los usuarios son receptivos a la implementación de un sistema ITS.

En estos casos, es de utilidad un tradicional análisis de costo-beneficio, que busca un balance favorable de los beneficios (directos e indirectos) frente a los costos de inversión capital (CAPEX - Capital Expenditure) y a los



costos operacionales (OPEX - Operational Expenditure) mediante una curva de rentabilidad del proyecto.

Pero para una evaluación completa de los beneficios de la implementación de un sistema ITS, se deben analizar los beneficios cuantitativos, económicos y cualitativos.

Los beneficios cuantitativos corresponden a los beneficios económicos para la sociedad o beneficios socioeconómicos. Entre estos se incluyen las mejoras en la seguridad vial y en la reducción de los tiempos de viaje. Por ejemplo, las acciones derivadas de la implementación de ITS que tengan como objetivo la reducción de accidentes de tránsito, las cuales generarían ahorros en los costos de los servicios de emergencia, de hospitales y de pérdidas de productividad

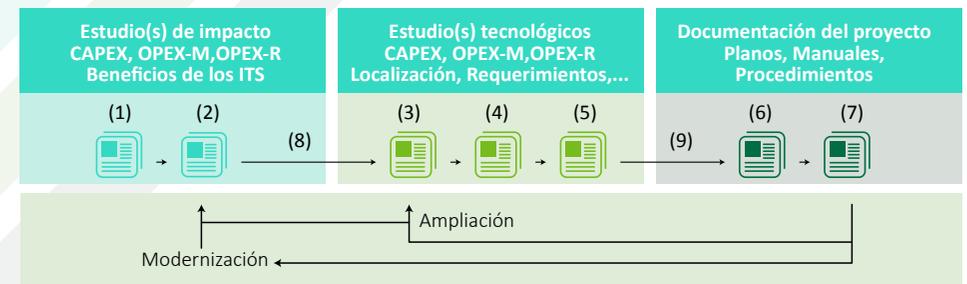
asociados a las personas lesionadas o muertas en esos casos.

En lo referente a los beneficios económicos, los sistemas ITS pueden reducir la inversión inicial de capital en infraestructura vial. Un ejemplo es la instalación de sistemas de pesaje o la compensación operativa de estos, en los que se podrían suscitar ahorros en la recaudación.

Un ejemplo de los beneficios cualitativos es la mejora de la experiencia de los usuarios en una ruta o avenida, ya sea al lograr una mejor fluidez en el tráfico a través de un sistema de semáforos inteligentes al proveer mejor calidad de información al usuario, mediante sistemas de señalización variable (VMS), o al brindar iluminación de mayor calidad en la vía mediante sistemas de iluminación LED.

3.4.- ETAPAS DE ESTUDIOS Y DISEÑOS DE PROYECTOS ITS

3.4.1.- Esquema paso a paso para estudios y diseños ITS





CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

Etapas en estudios y diseños:

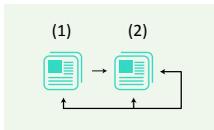
Etapas 1: Estudios de impacto

Paso 1: Estudios de prefactibilidad (1), que consiste en una descripción breve de los beneficios a esperar y que podrían justificar el proyecto, equipamiento y servicios a nivel borrador; CAPEX y OPEX a nivel borrador, que permiten determinar si el proyecto o el componente ITS del proyecto está en un rango de ser factible.

Paso 2: Estudios de factibilidad (2), que consiste en una descripción detallada y posible dimensionamiento mediante uso de la modelización de los beneficios a esperar para la justificación del proyecto; Prediseño conceptual a fin de obtener cantidades más exactas para el análisis de CAPEX, OPEX-R y OPEX-M.; Análisis de normas técnicas y legislación vigente y su impacto en la factibilidad.

La gran ventaja de los estudios de impacto (pasos 1 y 2) es que se pueden crear múltiples escenarios y

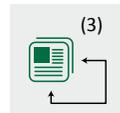
Estudio(s) de impacto CAPEX, OPEX-M, OPEX-R Beneficios de los ITS



realizar múltiples interacciones hasta llegar a una solución factible y óptima.

Etapas 2: Diseños tecnológicos

Paso 1: Diseño conceptual (3), que radica en la cuantificación y localización de los elementos sobre plano y donde se pueda con verificación en terreno; cálculo de potencias a esperar como insumo a los estudios eléctricos; estudio de mercado que permite valorizar el CAPEX y estimar los OPEX-M y OPEX-R a esperar; comparación de diferentes alternativas tecnológicas frente a sus costos, beneficios y conveniencia; diseño de telecomunicaciones, a fin de determinar requerimientos técnicos mínimos en función de tráfico de datos, condiciones de terreno y posibles redundancias requeridas.



Como en la etapa anterior, los diseños conceptuales posibilitan la compra de diferentes tecnologías y trabajar múltiples escenarios.

Paso 2: Diseño de licitación, que se basa en los cuadros de cantidades y localización del paso anterior con pautas

importantes como a) la integrabilidad de la solución, b) la fácil ampliación e intercambio de componentes y c) la no creación de dependencias tecnológicas. Para la obtención de lo anterior, es posible y ventajoso bajar el nivel de detalle de las especificaciones, agrupar ítems en soluciones integrales y describir el performance o desempeño de subsistemas de la solución a implementar.

Paso 3: Diseño de implementación (5): es el detalle de la ejecución en función de las soluciones y de los productos ofertados por el ganador adjudicado. Estos son planos civiles, de estructuras, telecomunicaciones y eléctricos a detalle unifilar; protocolos de entrega, recepción, pruebas detalladas e instrumentos requeridos para todos los componentes ITS; definición de stock de repuestos requeridos.

Etapas 3: Planos y documentación

Paso 1: Documentación as built (6): incluye los planos a detalle unifilar de todo lo implementado en lo civil, de estructuras, telecomunicaciones y eléctricos, tanto en físico como en digital, para facilitar modificaciones

posteriores. Así como la entrega de manuales y realización de capacitación sobre el sistema vivo antes y durante un periodo de estabilización.

Paso 2: Procedimientos de operación (7): es el catálogo de procedimientos para las diferentes tareas y roles operacionales. Además de los procedimientos para los diferentes mantenimientos predictivos, preventivos y correctivos.

Las tres etapas son separadas por la aprobación del proyecto (8) y la contratación de los servicios relacionados con su implementación (9).

Al ampliar, renovar, modernizar o integrar los ITS de un proyecto en operación, según el caso, se regresa a los productos (2) o (3).

3.5.- TECNOLOGÍAS ITS EN CARRETERA

Las carreteras, a diferencia de las ciudades, representan un gran reto para los ITS, lo que se entiende mejor cuando se vuelven a llamar sistemas telemáticos. Un gran obstáculo son las telecomunicaciones, que muchas veces hacen que las inversiones sean tan altas que generan curvas de



CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

rentabilidad bajas y hasta negativas. Por ejemplo, llevar un video en vivo de un lado de la ciudad al otro es relativamente fácil, pero traerlo desde 100, 200 o más kilómetros, desde regiones con infraestructuras de telecomunicaciones poco desarrolladas, es muchísimo más difícil y costoso.

Se debe cambiar la óptica bajo la que se ven esos costos. Es necesario entender que, en su concepción, las vías eran también vías de desarrollo, y llevar redes de telecomunicaciones a la par de las redes viales es llevar desarrollo a las regiones. Por lo tanto, las inversiones en infraestructura de telecomunicaciones a lo largo de las carreteras no es solo el costo de la construcción, es inversión en el desarrollo del país.

Si se logran superar los retos de las redes de telecomunicaciones de alta velocidad y distancia, se abre la puerta a una infinidad de tecnologías.

Algunas tecnologías prioritarias, tanto en vía como en los centros de control son:

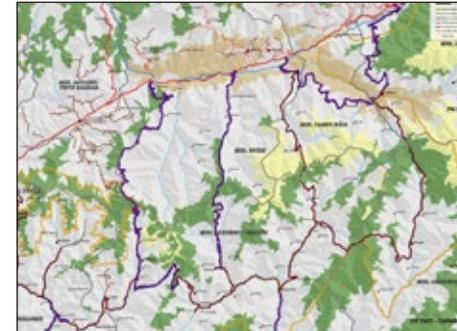


- **Sistemas de operación central tipo SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos):** reciben el estado de todos los componentes centrales de comunicaciones y periféricos; y permite la actuación sobre ellos en lo referente a configuraciones y operaciones. Incluyen sistemas para la operación del proyecto completo, los ITS bajo cielo, túneles, peajes, pesajes y otras infraestructuras importantes.



- **Sistemas de planificación:** reciben datos operativos internos (del proyecto) y externos (Internet, big data) para ayudar a entender las ocurrencias cíclicas y acíclicas en la carretera; y así planificar, coordinar y optimizar el uso de los recursos a

disposición para una prestación de un servicio óptimo.



- **Sistemas de recaudo / peajes:** los sistemas de peaje permiten recaudar las tasas de uso de las infraestructuras. Esas operaciones pueden ser con diferentes métodos y medios de pago, como el efectivo y tarjetas de crédito, entre otros, que pueden operar de manera aislada o integrada dentro de un proyecto, país o región.



- **Sistemas de control de peso:** los sistemas de control de peso se usan comúnmente para el registro de peso total y peso por eje de los vehículos de carga, para así poder determinar el cumplimiento de la legislación respectiva y asegurar que se eviten los daños a la infraestructura y accidentes causados por sobrepeso de vehículos o mala distribución de la carga.



- **Sistemas de señalización variable:** Los sistemas de señalización variable permiten transmitir contenidos dinámicos y actuales a los usuarios de la carretera. Esos contenidos pueden ser variaciones de la velocidad en función de las condiciones de tráfico hasta mensajes completos desplegados en paneles de mensajería variable en puntos estratégicos.



CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA



- **Circuitos cerrados de televisión CCTV:** los sistemas de Circuitos Cerrados de Televisión (CCTV) ayudan a monitorear el estado de la vía, intersecciones, túneles y otras infraestructuras importantes, como áreas de servicio, y plazas de peaje, y así actuar de manera efectiva y monitorear las acciones desplegadas en caso de incidentes.

- **Telefonía de emergencia:** los teléfonos de emergencia aseguran la disponibilidad de un canal de comunicación permanente y directo con los operadores de la carretera y a través de ellos el acceso a los cuerpos de atención de emergencias.



- **Sistemas de iluminación:** mejoran las condiciones de visibilidad nocturna o en condiciones climáticas adversas. Es importante el buen dimensionamiento y selección de calor de la iluminación para que sea efectiva.



- **Detectores de altura:** ayudan a identificar y advertir sobrealturas que pueden poner en peligro estructuras e infraestructuras con dimensiones limitadas.



- **Redes de sensores:** captan las diferentes variables tanto de tráfico (volúmenes, orígenes y destino, velocidades en punto o por tramos,

etc.), así como las condiciones climáticas o de visibilidad, a fin de obtener datos para planificación, operación y la generación de alarmas en caso de detectarse situaciones atípicas.



- **Medios sociales y aplicaciones:** los medios sociales y aplicaciones permiten el intercambio bidireccional, directo y personalizado de información con los usuarios de la vía antes, durante y después de la utilización de la carretera.





3.6.- GUÍA CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA PARA PROYECTOS ITS EN CARRETERA

3.6.1.- Beneficios de los ITS en carretera

El objetivo principal de un despliegue ITS es generar beneficios por medio del uso de las tecnologías aplicadas al transporte. Esos beneficios pueden ser para:

- El Estado
- El contratista u operador
- La comunidad
- Los usuarios de la vía

Los beneficios también pueden ser compartidos por los grupos, como se ilustra a continuación.

Ejemplos de beneficios para contratista u operador

- **Rentabilidad y sostenibilidad:** la operación eficiente del sistema de movilidad sin desperdicio de recursos ni redundancia de labores promueve una operación rentable y sostenible.
- **Gestión de mantenimiento:** el manejo eficiente de la infraestructura

asegura su manutención en un estado óptimo.

- **Tarifa justa:** tarifas que permitan recuperar las inversiones, pero que aseguren un alto tránsito en la vía.
- **Seguridad vial:** mejora y mantenimiento de altos estándares en la seguridad vial, evitando en un máximo accidentes graves o con fatalidades.
- **Manejo de incidentes:** máximo aprovechamiento de la infraestructura vial y recuperación rápida en caso de incidentes.
- **Planificación:** posibilidad de despliegue rápido de acciones de mitigación en caso de contingencias y recuperación rápida de la operatividad en caso de incidentes.
- **Información de movilidad:** información fiable y actualizada sobre el estado de la movilidad.

Ejemplos de beneficios para el Estado

- **Transparencia:** la transparencia en la operación y manejo de recursos.
- **Información de movilidad:** la adquisición de información fiable para facilitar y hasta cierto punto automatizar las tareas de

fiscalización, planificación estratégica y la determinación de políticas sectoriales.

- **Seguridad vial:** mejora y manutención de altos estándares en la seguridad vial, evitando en un máximo accidentes graves o con fatalidades.
- **Tarifas justas:** tarifas de peajes que no dificulten el desarrollo económico de la región y del país.
- **Medioambiente:** monitoreo y aseguramiento de altos estándares de calidad de aire.

Ejemplos de beneficios para el usuario

- **Seguridad vial:** mejora y manutención de altos estándares en la seguridad vial, evitando en un máximo accidentes graves o con fatalidades.
- **Información al usuario:** disponibilidad de información válida y relevante sobre las condiciones de movilidad.
- **Tarifas justas:** pago de tarifas justas que reflejan los beneficios del usuario en el tiempo de viaje, uso de combustible y comodidad.
- **Experiencia de movilidad:** fluidez de viaje sin congestión y con una velocidad buena y segura.

3.6.2.- Consideraciones para priorización de diferentes ITS

La priorización de los ITS se basa sobre diferentes principios que pueden ser económicos y/o técnicos, y de desarrollo de proyecto:

- **Principios económicos:** se priorizan los ITS con mayor relación beneficio/costo. Ese tipo de principio se emplea sobre todo en la selección de proyectos y de tecnologías. Para lograr una priorización transparente, requiere la utilización de modelos avanzados. En ese sentido, beneficios sociales, ambientales y demás son convertidos a moneda corriente para que ese principio pueda aplicarse.

Como ejemplo se verá la seguridad vial en las rutas y sus cifras

En las carreteras del mundo, **cada año** fallecen 1.25 millones de personas y 50 millones reciben lesiones en accidentes de tránsito.

Cada día fallecen 3 400 personas, de los cuales 500 son niños.

Cada minuto fallecen 2 personas.



Los accidentes de tránsito son la principal causa de muerte entre los jóvenes de entre 15 y 29 años de edad.

90 % de las muertes ocurren en países en vías de desarrollo.

Cada año los accidentes de tránsito, en las carreteras del mundo cuestan **US\$ 518 mil millones**.

Los accidentes cuestan alrededor del 1% del **PIB** en los países pobres, el 1.5% del **PIB** en países en vías de desarrollo, y 2% del **PIB** en los desarrollados.

Toda acción que tenga impacto directo sobre estas cifras se traduce en un beneficio. Por tanto, se deben promover inversiones en sistemas ITS que permitan mejorar la seguridad vial. Los sistemas ITS que pueden actuar sobre la gestión de la seguridad vial son el control de la velocidad, sistemas de señalización e información al usuario, sistemas de iluminación LED, control de sobrepeso, entre otros.

A nivel internacional, la implementación de radares de control de límite de velocidad ha permitido reducir el nivel

de accidentes. Un estudio de Wilson, Willis, Hendrikz, Le Brocque y Bellamy (2010), reveló que los radares son un método válido para reducir el número de fallecidos y accidentes de tráfico. Esta afirmación la alcanzan tras la revisión de 35 estudios que evalúan el efecto de los radares en la velocidad, accidentalidad, muertos y heridos. Comparando con una zona control, la reducción de la velocidad media fue de entre el 1% y el 15% y la proporción de vehículos que excedían la velocidad se redujo entre un 14% y un 65%. En las proximidades de los radares, se redujeron todos los accidentes de un 8% a un 49%, y los accidentes con heridos graves o muertos de un 11% a un 44%.

Los estudios de áreas o zonas concretas arrojan resultados similares. De estas características es la investigación llevada a cabo por Li, Graham y Majumdar (2013), en la que se evaluó el impacto de los radares en el Reino Unido durante 9 años. Los resultados obtenidos muestran una reducción significativa en el número de accidentes de todas las severidades en los lugares donde se localizan

los radares y a 200 metros de su ubicación, sin encontrarse evidencias de migración de la accidentalidad.

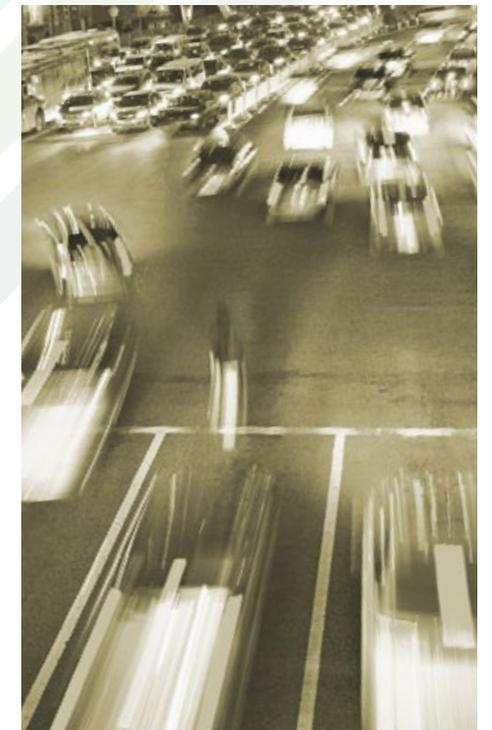
- **Principios técnicos y desarrollo de proyecto:** se priorizan los ITS dependiendo de cómo encajan en el desarrollo de un proyecto marco de carretera. Ese principio se emplea para sintonizar los requerimientos de obra de los ITS, evitando o disminuyendo retrabajos de obra. Ejemplos típicos son las redes de telecomunicaciones, espaciamiento para bases de estructuras y elementos, y la inclusión de requerimientos geométricos, como bahías.

3.6.3.- Factores de decisión y selección

Un número importante de proyectos ITS para carretera no llegan a ser implementados o culminados. Momentos decisivos hay muchos, pero resalta el momento de la licitación y contratación de los proyectos ITS para carretera.

Para aumentar la posibilidad de que un proyecto se haga realidad se deben analizar:

- El equilibrio de expectativas, potenciales y restricciones.
- El ciclo de selección/definición tecnológica.
- La combinación de los dos.





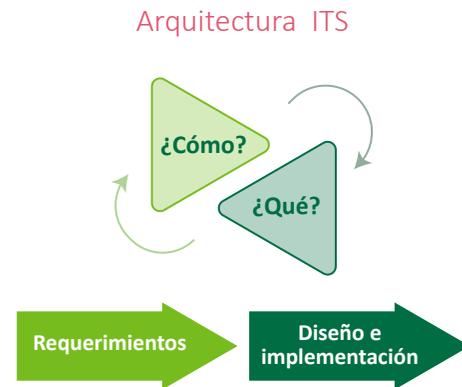
CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

Equilibrio de expectativas, potenciales y restricciones



- > **¿Qué quiero:** los deseos, funcionalidades, niveles de integración, integración, entre otros.
- > **¿Qué puedo:** restricciones económicas, legales, normativas, de tiempo, y demás.
- > **¿Qué hay:** productos y soluciones en el mercado, madurez, fiabilidad, integrabilidad, y similares.

Ciclo de selección/definición tecnológica



El proceso de selección/definición: entre la definición de requerimientos y los procesos de diseño e implementación se desarrolla la arquitectura del proyecto, que es el puente entre el qué y el cómo del proyecto.

El proceso de selección y decisión: puede tener múltiples vueltas según el equilibrio de expectativas, potenciales

y restricciones, y puede recibir insumos de usuarios, gobierno, operadores y la industria.

Las siguientes son las principales causas por las que los proyectos ITS a veces no se logran implementar de manera correcta. Muchas de estas causas pueden resultar obvias, pero ocurren. Sistemáticamente se han observado estos errores y se puede mostrar con facilidad la cantidad de proyectos que han quedado en el papel o, peor aún, abandonados al costado de la carretera. Un típico ejemplo son las inversiones en infraestructura de puestos de pesaje para el control de la sobrecarga con tecnología WIM (pesaje en movimiento). Llama la atención la cantidad de estaciones fuera de servicio o que no funcionan de forma correcta. Las causas son generales para todos los sistemas ITS y se pueden ejemplificar con el caso de una estación de pesaje WIM, como se presenta a continuación:

- **Copiar y pegar.** No siempre un caso que ha resultado exitoso en un país o región, es garantía de que se pueda replicar con igual resultado en otro sitio. Además de la solución técnica, se deben considerar los factores

culturales, regulatorios y tecnológicos al momento de llevar adelante el proyecto ITS. En el caso de una estación de pesaje WIM, normalmente se visita un país donde el sistema funciona con éxito, se muestra la tecnología y su funcionamiento, pero rara vez muestran el camino que se tomó para alcanzar ese nivel de funcionamiento. Se debe tener en cuenta el grado de involucramiento de la autoridad responsable, el grado de profesionalización del transporte, la uniformidad del parque automotor y su grado de modernización. Estas son preguntas que deben hacerse al momento de evaluar una tecnología que se ha desarrollado con éxito en otro sitio y se desea replicar.

- **Estandarización y reglamentación.** En la etapa de diseño del sistema ITS a implementar, se deben estudiar y evaluar el estado de las normas, reglamentos y leyes locales, que amparan el uso de la tecnología seleccionada. Este punto es muy sensible en los casos donde la tecnología ITS se vaya a utilizar como elemento de fiscalización y control. En el caso de una estación de pesaje WIM, se debe analizar el



CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

marco regulatorio local en cuanto a los sistemas metrológicos, tanto en metrología científica (procedimientos de calibración), como metrología legal, y la posibilidad de utilizar sistemas de pesaje dinámico.

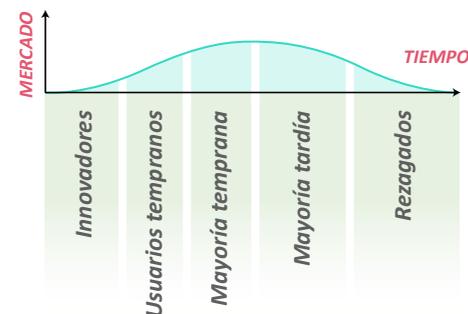
- **El marco legal.** Cuáles son las modificaciones que hay que contemplar en leyes y decretos para poder fiscalizar con sistemas de peso dinámico.
- **Falta de procedimientos de operación.** Junto con la tecnología a implementar, se deben desarrollar procedimientos de operación y mantenimiento. Siguiendo con el ejemplo de la estación de pesaje dinámico, se deberá definir con claridad cómo será el procedimiento de operación y fiscalización en función de las normas locales.
- **Falta de capacitación.** En el desarrollo del proceso de implantación de los sistemas ITS, se debe incluir un plan de capacitación y transferencia de conocimiento a modo de formar al personal local que estará a cargo del sistema. Es importante que el personal que quede a cargo de los sistemas tenga el conocimiento adecuado de las

tecnologías y las normas que definen las condiciones de funcionamiento de los sistemas a instalar. En el caso de estaciones de pesaje WIM, los responsables de los sistemas deben tener un claro conocimiento de las normas internacionales ASTM E1318 o Cost 323, ya que en ellas se establece cuáles son los parámetros de aceptación de las instalaciones y la calibración previo a su puesta en funcionamiento.

3.6.4.- Ciclo de adopción de ITS

Las tecnologías generalmente obedecen a unos ciclos de adopción en 5 etapas (innovadores, usuarios tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados).

Ciclo típico de adopción tecnológico



Si bien ese ciclo se puede presentar para un producto o una línea de productos, para el sistema ITS se ve diferente, ya que:

- Un sistema ITS está compuesto por una gran cantidad de productos, lo cual genera una sobreposición y suma de muchas curvas de ciclo.
- El mercado en general de las tecnologías ITS está creciendo con nuevas aplicaciones y métodos, como vehículos interconectados o integración de ITS con ciudad inteligente.

- Hay un efecto en el que las tecnologías novedosas se vuelven indispensables para la vida diaria en un corto lapso.

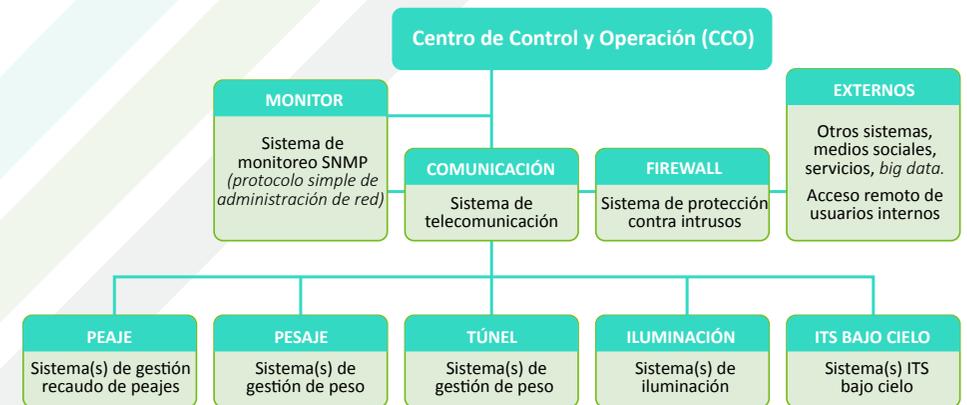
3.6.5.- Estructura básica de los ITS en carretera

Hay dos estructuras de los ITS en carretera:

Estructura lógica/estructura física

La estructura lógica se refiere a las conexiones de los diferentes elementos y la compartición de redes eléctricas y de telecomunicaciones.

Estructura lógica básica de un ITS de carretera





CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

La estructura física se refiere a la localización de los elementos en vía, las áreas sobre las cuales rigen sus acciones y los medios físicos de transporte de datos y energía.

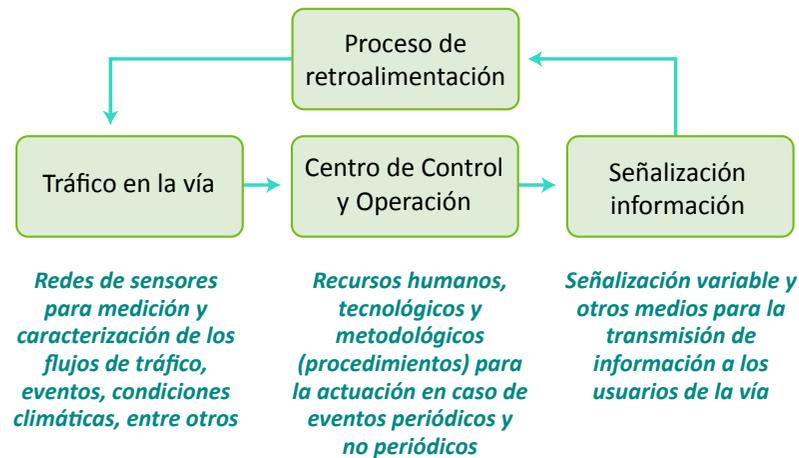
3.6.6.- Concepto técnico de gestión de tráfico

La gestión de tráfico en carretera se basa

en un ciclo de regulación con sus recursos y herramientas cuyos componentes han sido ilustrados anteriormente.

Es importante que los procesos se analicen y optimicen de forma permanente, conforme a las variaciones de los patrones de demanda y comportamiento del tráfico.

Concepto técnico de gestión de tráfico en carreteras



Auditoría regular de diferentes tipos y clases de eventos. Utilización de Fuentes externas de información (big data). Utilización de herramientas de modelística avanzada para la creación y recreación y análisis de eventos cíclicos y a cíclicos. Desarrollo y optimización permanente de procedimientos de gestión e intervención.

3.6.7.- Tipos de riesgos en las diferentes etapas de proyecto

Hay que tener en cuenta que los ITS son solo una pequeña parte en el CAPEX y desarrollo de los proyectos carreteros. En la fase operativa su importancia crece. En ese sentido, cada etapa de los proyectos ITS tiene unos riesgos típicos:

- **Etapa de estudios:** aparte de los riesgos que se analizan en los estudios iniciales, tales como ambiental, social, técnico, financiero, etc. (sostenibilidad general del sistema), existe el riesgo de que no se analicen diferentes escenarios tecnológicos, requerimientos futuros de personal con ciertas calificaciones y competencias, necesidades de normas técnicas y legales para la implementación de los ITS y potenciales de tecnologías como servicio (*ITS as a Service*).
- **Etapa de diseños:** en la etapa de los diseños, existe el gran riesgo de generar sistemas de tecnologías propietarias y cerradas, sistemas que no permiten o dificultan su ampliación o integración con otros sistemas, sistemas que sean difíciles de mantener y/o operar.

- **Etapa de implementación:** en la etapa de implementación de los ITS existe el riesgo de una no sintonización de los avances civiles y de tecnologías ITS, la generación de retrabajos y sobrecostos y demoras.

- **Etapa de operación:** en la etapa de operación existe el riesgo de no hacer uso completo de las tecnologías, así como de no generar los beneficios esperados y que ocurran sobrecostos de operación. También puede que no se esté preparado para emergencias por falta de procedimientos y simulacros frecuentes.

3.6.8.- Riesgos y recomendaciones típicas de los ITS en carretera

Cada proyecto ITS tiene sus particularidades, dependiendo de factores técnicos, políticos, legislativos, normativos, competencias, procedimientos y, en especial, de terreno, lo cual hace necesario un análisis de riesgo para cada proyecto o tramo de proyecto.

Algunos riesgos y recomendaciones típicas para los subsistemas ITS más comunes son ilustrados a continuación.



Centro (s) de control, peajes, pesajes y software

Riesgos típicos	Recomendaciones generales
Falta de procedimientos operacionales o procedimientos operacionales no adecuados	Procedimientos operacionales y de mantenimiento del sistema ITS
Personal con deficiencias en calificación, capacitación o motivación	Plan de requerimientos de competencias y de capacitaciones permanentes
Insuficiente capacidad del sistema informático	Especificación de sistemas de tamaño correcto. Mantenimiento y actualización permanente
Falta de esquemas de redundancia operativa	Plan de respaldo en diferentes niveles que permite una degradación sin generación de catástrofes técnicas
Vulnerabilidad informática contra intrusión externa e interna	Plan de seguridad informática
Ausencia de softwares profesionales para tareas importantes en operación y planificación	Análisis de requerimientos de software para todas las tareas de mantenimiento y planificación
Falta de repuestos	Plan y mecanismo para fácil adquisición y administración de repuestos
Estabilidad y continuidad del fluido eléctrico	Análisis de requerimientos. Planes de contingencia eléctrica

Cámaras, señalización dinámica, sistemas de reconocimiento de vehículos, sensores meteorológicos y otros.

Riesgos típicos	Recomendaciones generales
Falta de mantenimiento	Procedimientos de mantenimientos del sistema periférico ITS
Ancho de banda insuficientes (CCTV)	Cálculo de requerimientos operativos del sistema CCTV
Calidad de redes de telecomunicaciones	Plan de contingencia de telecomunicaciones. Grabación de estados e imágenes de video de manera local. Automatización local
Calidad insuficiente de elementos	Adquisición de elementos robustos para el despliegue en terreno
Vulnerabilidad informática contra intrusión externa e interna	Plan de seguridad informática. Uso de redes virtuales encriptadas
Robo de elementos	Implementación de protecciones pasivas y activas para la protección de los elementos desplegados en vía. Campañas de socialización con la comunidad
Mala localización de elementos	Análisis y definición de localización correcta de los elementos periféricos en la vía
Falta de repuestos	Plan y mecanismo para fácil adquisición y administración de repuestos
Estabilidad y continuidad del fluido eléctrico	Análisis de requerimientos. Planes de contingencia eléctrica de ser necesario



Sistemas de comunicaciones y sistemas de llamadas de emergencias

Riesgos típicos	Recomendaciones generales
Falta de mantenimiento	Procedimientos de mantenimiento del sistema de telecomunicaciones, implementación de monitores SNMP
Falta de cobertura GSM (teléfono SOS)	Implementación de accesos a redes alternativas como redes de fibra óptica
Rotura de cables (fibra óptica)	Plan de contingencia de telecomunicaciones. Plan de mantenimiento correctivo. Respaldo con redes virtuales
Vandalismo a elementos visibles (teléfonos SOS)	Campañas de socialización con la comunidad
Vulnerabilidad informática contra intrusión externa e interna	Plan de seguridad informática. Uso de redes virtuales encriptadas
Robo de elementos	Implementación de protecciones pasivas y activas para la protección de los elementos desplegados en la vía. Campañas de socialización con la comunidad
Mala localización de elementos	Análisis y definición de localización correcta de los elementos periféricos en la vía
Falta de repuestos	Plan y mecanismo para fácil adquisición y administración de repuestos
Estabilidad y continuidad del fluido eléctrico	Análisis de requerimientos. Planes de contingencia electrónica de ser necesario

Sistemas información por internet, medios sociales, medios radiales, entre otros.

Riesgos típicos	Recomendaciones generales
Falta de calidad y veracidad de contenidos	Mecanismo para el aseguramiento de actualidad, relevancia y veracidad de la información emitida
Latencia en atención de mensajes	Aseguramiento de planta de personal suficiente para dar respuesta rápida y oportuna a los mensajes y consultas de los usuarios
Desconexión de sistemas	Aseguramiento que los sistemas de mensajería bidireccional en las diferentes redes sean sintonizados con los sistemas y las acciones de los sistemas ITS
Falta de auditoría	Implementación de mecanismos de análisis de eventos, mensajes, acciones y demás para mejorar los procesos y procedimientos de manera permanente
Responsabilidad legal y fiscal de los operadores	Procedimientos operacionales que cobijan los operadores ante posibles demandas legales
Vulnerabilidad informática contra intrusión externa e interna	Plan de seguridad informática
Falla parcial o completa de telecomunicaciones	Plan de contingencia. Sitio alternativo de acceso a las redes



CONCEPTOS Y TECNOLOGÍA

Recursos de atención de emergencias, vehículos de asistencia, entre otros

Riesgos típicos	Recomendaciones generales
Localización (recursos móviles)	Utilización de herramientas de modelística para la definición correcta y anticipada de vehículos de asistencia
Falta de comunicaciones	Implementación de procedimientos operacionales multiagencia para la atención de emergencias
Falta de planes de contingencia	Implementación de modelística para la creación de planes de contingencia
Falta de convenios	Implementación de convenios y acuerdos específicos para la atención preventiva, durante y después de ocurrencia de emergencia
Falta de auditoría	Implementación de mecanismos de análisis de eventos, mensajes acciones y demás para mejorar los procesos y procedimientos de manera permanente
Falla parcial o completa de telecomunicaciones	Plan de contingencia. Sitio alternativo de acceso a las redes

3.6.9.- Un ejemplo - lineamientos para la implementación de un sistema de peaje

El peaje es la tasa que se cobra como contrapartida al derecho de poder circular por una carretera. Generalmente el dinero recaudado por concepto de peaje en un tramo se destina para financiar los gastos de operación y mantenimiento de su infraestructura vial.

Existen varios tipos de peaje vial:

- **Peaje convencional.** Es el sistema en el que el usuario paga por el uso de la vía en la estación de peaje. La modalidad de cobro es manual o electrónico (TAG).

- **Peaje en sombra.** El pago lo realiza el contratante de la concesión de la vía. Este sistema no interfiere en la circulación y se liquida en función de los tránsitos medidos.
- **Sistemas de peaje de flujo libre (free-flow).** Este sistema no interfiere la libre circulación del tránsito y se cobra por medio electrónico (TAG) o lectura de la matrícula.

3.6.10.- Tipos de riesgos en peajes

A continuación se describen los riesgos más comunes en función de tipo de peaje instalado.

Tipo de peaje	Tipo de riesgo	Acción
Peaje convencional	<ul style="list-style-type: none"> › Falta de control › Fraudes de los operadores › Fraudes de los usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> › Implementar procedimientos de gestión, auditoría y control › Implementar más tecnología
Peaje sombra	<ul style="list-style-type: none"> › Falta de detección de vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> › Implementar procedimientos de control › Implementar más tecnología
Peaje de flujo libre	<ul style="list-style-type: none"> › Cobro fiscalización 	<ul style="list-style-type: none"> › Implementar legislación y regulación del pago de peaje › Aumentar el énfasis y rigor en la fiscalización, a modo de identificar y actuar sobre los evasores › Políticas de difusión y educación a los usuarios

3.6.11.- Acciones para la modernización de peajes

Hoy día la modernización de los sistemas de peajes no presenta limitantes tecnológicas, sino más bien institucionales y de regulación, en cuanto a la actuación sobre los infractores, ya sean los operadores del sistema como los evasores.

La evolución a sistemas de cobro electrónico, tanto en los casos de cobro en puestos de peaje como en los casos de flujo libre, requiere de que en la etapa de concepción se contemple un diseño tecnológico que asegure alta confiabilidad del sistema y un marco regulatorio que asegure la fiscalización de los evasores.

Si se tienen fallas técnicas, limitantes o dificultades para asegurar el cobro de los usuarios, los riesgos de pérdida de la recaudación serán altos. Estas pérdidas pueden poner en riesgo la viabilidad de la modernización tecnológica del sistema de peaje.

3.7.- OTROS ASPECTOS IMPORTANTES

3.7.1.- Operación de la carretera

Aparte de un buen despliegue tecnológico, la prestación de servicios eficientes a los usuarios necesita:

- personal motivado y capacitado, y
- procedimientos de Operación Estandarizados (SOP – Standard Operation Procedures)

Cabe resaltar que cuando se habla del personal, se hace referencia a los roles de las personas, quienes pueden ocupar diferentes tipos en un día o en un momento, para lo cual deben haber recibido una capacitación adecuada.

Ejemplo: Un accidente simple en vía

Rol 1: contestar la llamada, establecer tipo de incidente, localización y completar demás información.

Rol 2: localizar los recursos a disposición lo más cerca al incidente.

Rol 3: determinar requerimiento de personal y equipo de otras entidades en el sitio.

Rol 4: despachar recursos humanos y equipos al lugar del incidente, entre otros.

entre otros.

En un sistema pequeño de pocos incidentes, una misma persona podría cumplir todos los roles. Sin embargo, en caso de incidentes importantes, un trabajo en paralelo puede ser ventajoso, y minimizar impactos y salvar vidas. Para que esta labor se lleve a cabo en paralelo y tenga siempre la misma calidad, es importante que todos los roles estén sincronizados a la perfección.

Por lo tanto, se necesita que se establezcan procedimientos de operación estandarizados. Además, los procedimientos, no solo aceleran la atención de los incidentes, sino que dan seguridad legal a los operadores en el cumplimiento de sus roles.



El reto no es tanto lo que haya que hacer, sino que se debe iniciar. Muchas de las definiciones globales, como son modelos de arquitectura o arquitecturas, referencia de servicios ITS, métodos y requerimiento para planificación e integración, ya existen y están implementados.

Se debe entender que los ITS deben servir para la generación de beneficios.

El reto real es el entendimiento y los beneficios nacionales y regionales que los ITS pueden generar e iniciar los procesos legislativos y normativos correspondientes.

Definido el sistema ITS a implementar, se deben crear y poner en marcha los planes para la generación de las competencias teóricas y prácticas en diferentes niveles

(planificación, operación, mantenimiento, fiscalización, etc).

En otras palabras, definida la solución del Sistema ITS a implementar, esta se debe apoyar sobre cuatro pilares, que son:

- la tecnología a implementar,
- la existencia de un marco regulatorio y jurídico que asegure la correcta implementación de la tecnología,
- la adecuada capacitación del personal operativo y técnico local,
- la existencia de procedimientos de trabajo y manuales de operación y mantenimiento que permitan la uniformización de los procesos de trabajo y medición de resultados.

5.1.- ENTIDADES

- **ERTICO (ITS Europa):** www.ertico.com
- **ITS América:** www.itsa.org
- **IDB:** www.iadb.org/en/topics/transport/transportation
- **Asociación Mundial de Carreteras:** www.rno-its.piarc.org/es/iniciando-its

5.2.- PUBLICACIONES

- **Comunidad Andina de Naciones, Accidentes de Tránsito en la Comunidad Andina 2013:** <http://www.comunidadandina.org/DocOficialesFiles/DEstadisticos/SGde661.pdf>
- **Regional Observatory of Intelligent Transport Systems for Latin America and the Caribbean:** <https://publications.iadb.org/handle/11319/7217#sthash.uwm4IHkA.dpuf>
- **Plan de acción y directiva ITS de la Comisión Europea:** <http://www.codatu.org/wp-content/uploads/Plan-de-accion-y-directiva-ITS-de-la-comision-europea-Jaime-Huerta-Gomez-de-Merodio.pdf>
- **Manual explotación de la Red Vial & Sistemas Inteligentes de Transporte (World Road Association).**
- **Organización Mundial de la Salud (2013), "Global Status Report on Road Safety 2013: Supporting a Decade of Action".**
- **Wilson, Cecilia & Willis, Charlene & Hendrikz, Joan & Le Brocq, Robyne & Bellamy, Nicholas. (2010).** Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. Cochrane database of systematic reviews (Online). 11. CD004607. 10.1002/14651858.CD004607.pub4.
- **Li, Haojie & Graham, Daniel & Majumdar, Arnab. (2013).** The impacts of speed cameras on road accidents: An application of propensity score matching methods. Accident; analysis and prevention. 60C. 148-157. 10.1016/j.aap.2013.08.003.
- **Plataforma ITS Europa (2009).** "Actividad 5: Mejoras de seguridad para el transporte de mercancías en el TEN-T" (Activity 5: Safety improvements for freight transport on the TEN-T): <https://www.its-platform.eu/activities/activity-5-safety-improvements-freight-transport-ten-t>
- **Plataforma ITS Europa (2009b).** "Easy way I + II": <https://www.its-platform.eu/content/easyway-i-ii>

SISTEMA INTELIGENTE
DE TRANSPORTE



División de Transporte
Sector de Infraestructura y Energía

*Mejorando el transporte carretero
en la región andina*

Para más información:

www.iadb.org