

01121
47



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

"PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) A LA RED
CARRETERA NACIONAL"

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A ;

GERARDO MAURICIO / GELO RAMIREZ

DIRECTOR DE TESIS: ING. ALBERTO CORIA ILIZALITURRI



MEXICO, D. F.,

ABRIL 2003

9



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



LIBERTAD NACIONAL
JUSTITIA
MEXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN
FING/DCTG/SEAC/UTIT/174/02

Señor
GERARDO MAURICIO GELO RAMÍREZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. ALBERTO CORIA ILIZALITURRI, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

"PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) A LA RED CARRETERA NACIONAL"

- INTRODUCCIÓN
- I. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES (ITS)
 - II. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTES (ITS)
 - III. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS
 - IV. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL
 - V. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) EN LAS CARRETERAS NACIONALES
 - VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria 6 Enero 2003

EL DIRECTOR

M.C. GERARDO PERRANDO BRAVO
GEB/GMP/mstg

b

DEDICATORIAS

A Dios

A mis padres: Marina y Miguel Ángel

A mis hermanos: Marina, Maricela y Miguel Ángel

A Lorena

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México

A la Facultad de Ingeniería

Al Ing. Alberto Coria Ilizaliturri

C

**ÍNDICE**

	Página
Introducción	1
Capítulo 1. Sistemas Inteligentes de Transportes (ITS)	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 ¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transportes?.....	4
1.2.1 Organismos Internacionales	6
1.3 Clasificación de los Sistemas Inteligentes de Transportes	14
1.3.1 Sistemas Avanzados de Información al Viaje.....	15
1.3.2 Sistemas Avanzados de Dirección de Tránsito	16
1.3.3 Operaciones de Vehículos Comerciales	17
1.3.4 Sistemas Avanzados de Control de Vehículos	18
Capítulo 2. Arquitectura Nacional de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)	20
2.1 Definición	20
2.2 Características.....	21
2.3 Contenido	24
2.3.1 Relación con las Arquitecturas Internacionales	30
Capítulo 3. Aspectos Relevantes en la Construcción de Carreteras	32
3.1 Costos en Carreteras.....	32
3.1.1 Costos de Inversión	33
3.1.2 Costos de Operación	33
3.1.3 Costos de Mantenimiento	34
3.1.4 Costos de Usuarios	35
3.2 Terreno Natural	36
3.3 Terracerías	37
3.4 Subyacente	38
3.5 Subrasante	39
3.6 Bases y Subbases	40
3.7 Pavimentos	43
3.7.1 Clasificación	43



	Página
3.8 Tránsito.....	47
3.8.1 Características.....	47
3.8.2 Volumen.....	48
3.8.3 Densidad.....	51
Capítulo 4. Situación Actual de la Red Carretera Nacional	52
4.1 Red Nacional de Carreteras.....	52
4.1.2 Clasificación.....	61
4.2 Características del Tráfico en las Carreteras Nacionales	62
4.3 Tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte Utilizadas Actualmente	66
4.3.1 Sistema IAVE.....	67
4.3.2 Señalización Dinámica.....	68
4.3.2 Sistemas de Posicionamiento.....	68
Capítulo 5. Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en las Carreteras Nacionales	71
5.1 Justificación	71
5.2 Variables que Inciden en la Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)	74
5.2.1 Aspectos Metodológicos.....	75
5.2.2 Aspectos Técnicos.....	76
5.3 Propuesta de Aplicación	77
5.3.1 Sistemas para el Vehículo.....	78
5.3.2 Sistemas para el Usuario.....	83
5.3.3 Sistemas para la Vía.....	85
5.3.4 Sistemas Integrados.....	87
5.4 Experiencia Internacional.....	90
5.4.1 El Caso de los Estados Unidos	91
5.4.2 Estudio de Caso.....	92
Conclusiones	95
Bibliografía.....	97

PAGINACIÓN

DISCONTINUA



INTRODUCCIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es innegable que los avances tecnológicos del siglo pasado y los actuales, han coadyuvado a elevar el nivel de vida del hombre como ente inmerso en una sociedad cambiante y a la vez demandante de productos y servicios en todas las actividades económicas, incluyendo el transporte.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte son un ejemplo tangible de como la tecnología de punta tiene la capacidad de actuar como un satisfactor en una de las principales actividades del hombre, es decir, el transporte, tanto de personas como de mercancías. Por otro lado el autotransporte se ha consolidado en los últimos años como el principal medio de transporte en México, siendo motor de la economía nacional y superando al aéreo, marítimo y al ferroviario en esta actividad, por este motivo es imperante contar con caminos que cuenten con un alto grado de especificación en aras de obtener los mejores flujos así como los más altos estándares de seguridad para mitigar de esta forma el costo social y económico que el país tiene que sufragar por conceptos de colisiones y accidentes de gran magnitud en las carreteras nacionales.

De igual forma México no puede rezagarse en el contexto económico global, el cual exige, entre otros aspectos, el manejo y la aplicación de tecnología compatible con aquella utilizada en otros países, para que de este modo se alcancen los niveles más altos de competitividad en un marco en que los Tratados Comerciales que México ha suscrito con diferentes naciones, en especial con los Estados Unidos de América y Canadá, exigen estandarizar criterios para que el intercambio de mercancías se realice de la manera más eficiente y rápida posible.



Son justamente los Sistemas Inteligentes de Transporte un instrumento eficaz para alcanzar los niveles de competitividad anteriormente mencionados ya que agilizan los flujos del Transporte y además proveen de información al viajero sobre las condiciones de los caminos en tiempo real y de esta forma disminuir los índices de accidentes que se suscitan recurrentemente en las carreteras del país.

Este trabajo busca de manera general alcanzar dos objetivos primordiales: primeramente, otorgar un panorama general de lo que son los Sistemas Inteligentes de Transporte, sus principales aplicaciones y su sustentabilidad; el segundo objetivo es proponer una aplicación real de los Sistemas Inteligentes de Transporte en las Carreteras Nacionales.

Para alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, este trabajo se encuentra dividido en cinco capítulos; en el primero, se define el paradigma de los Sistemas Inteligentes de Transporte así como su aplicación general; el segundo capítulo, es fundamental ya que define el modelo que México necesita desarrollar para sustentar el crecimiento de los Sistemas Inteligentes de Transporte en el país, modelo plasmado en el documento denominado Arquitectura Nacional de los Sistemas Inteligentes de Transporte; en el tercer capítulo, se menciona de manera general el procedimiento constructivo de carreteras partiendo de la premisa que no se tienen consideraciones específicas para implementar Sistemas Inteligentes de Transporte, ya que éstos hasta la fecha se han implementado sobre los caminos ya existentes; el cuarto capítulo muestra las características actuales de la Red Carretera Nacional así como datos relevantes sobre la importancia que tiene el autotransporte en el país, de igual forma se mencionan los Sistemas Inteligentes de Transporte que se utilizan actualmente; finalmente, el quinto capítulo define una propuesta de aplicación de Sistemas Inteligentes de Transporte en la Red Carretera Nacional, sustentando la misma en la experiencia internacional que se tiene respecto a este punto.



1. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

1.1 Antecedentes

Durante la década de los años ochenta un grupo de ingenieros de California, Estados Unidos determinaron que la evolución de los sistemas computacionales y de las telecomunicaciones podría incidir de manera directa en la transportación terrestre, es así que mediante el uso de estos avances en combinación con tecnologías de uso originalmente militares, nació el concepto de lo que actualmente se conoce como ITS (Intelligent Transport Systems) - Sistemas Inteligentes de Transporte, anteriormente denominado como IVHS (Intelligent Vehicle Highway Systems) - Sistemas de Autopistas y Vehículo Inteligentes¹.

El vertiginoso avance tecnológico del siglo XX en unión con la reducción de costos en dicha tecnología, han provocado el desarrollo de los ITS durante los últimos diez años en todo el mundo, principalmente en los países más desarrollados.

Muchos países han visto desarrollados sus programas de implementación de ITS mediante el uso de sistemas de pago de peaje con tarjetas electrónicas, sistemas de semaforología computarizada, señalización dinámica, kioscos informativos y de servicios, monitoreo dinámico, atención de emergencias, sistemas para el vehículo, etc.

¹ César Benitez Joyner. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS): Señalización Dinámica pág. 7



Cabe destacar que en un principio los ITS tenían su principal desarrollo en el transporte terrestre, sin embargo, actualmente existen aplicaciones directas en otros medios de transporte como lo es el aéreo, ferroviario y marítimo, principalmente en el uso de sistemas de posicionamiento geográfico.

El éxito de los ITS en los diferentes países en los que se han desarrollado, han requerido de la participación y cooperación de los sectores público, privado y académico, siendo este último pilar para su desarrollo. Esta participación sectorial ha permitido que exista un desarrollo mundial sustentable de los ITS principalmente en los rubros para los cuales fueron creados: eficiencia, seguridad e implícitamente, protección al medio ambiente.

1.2 ¿Qué son los Sistemas Inteligentes de Transporte?

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) son las tecnologías de vanguardia de sistemas de información y computacionales, integradas de tal manera que se mejore el funcionamiento de los sistemas de transporte, es decir, tecnologías aplicadas a la infraestructura del transporte, al vehículo y al usuario.

La implementación de ITS tiene como objetivos fundamentales tres aspectos:

- Eficientar el flujo del transporte.
- Incrementar la seguridad de los usuarios.
- Mitigar problemas ambientales al tener una mayor fluidez vehicular.

Los problemas típicos de transporte terrestre son variados, están interrelacionados entre sí e incluyen:



- Congestión de tránsito, debido tanto a causas recurrentes como a no recurrentes.
- Contaminación ambiental, debido a la emisión de contaminantes de los vehículos.
- Seguridad, en el vehículo y fuera de él (en las instalaciones del transporte).



Ilustración 1. Congestionamiento Vehicular

Los sistemas ITS proveen al viajero información en tiempo real para incrementar la seguridad y la eficiencia en los sistemas de transportación terrestre, para pasajeros y mercancías, en áreas urbanas, suburbanas y rurales, entre ciudades y corredores internacionales incluyendo los cruces fronterizos, considerando la reducción de congestionamientos de vehículos con el uso de caminos inteligentes, para el control del tránsito por medio del monitoreo continuo y confiable.

La aplicación de ITS provoca que se generen nuevos conceptos en cuanto a formas innovadoras de infraestructura, aplicación tecnológica, financiamiento e inversión en el transporte.



Las tecnologías ITS ayudan a mejorar la percepción de los conductores y de esta forma evitar accidentes. Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que le transmiten los sentidos. En términos generales los sentidos más utilizados por los conductores son²:

- Visual (vista).
- Cinestésico (movimiento).
- Vestibular (equilibrio).
- Auditivo (oídos).

La información llega a un conductor a través de la visión periférica lo que le permite tomar decisiones durante un instante o todo el recorrido; los sentidos cinestésico y vestibular proporcionan información relevante al conductor acerca de las fuerzas asociadas con el cambio de dirección, la velocidad, el frenado, las vibraciones y la estabilidad del vehículo; el sentido auditivo se refiere a la percepción al sonido de alguna bocina o de las ruedas al patinar que alertan al conductor para evitar una colisión. Los sistemas ITS alertan al conductor sobre circunstancias que se presentan en el trayecto y de esta forma tomar decisiones acertadas que eviten de alguna forma una posible colisión.

1.2.1 Organismos Internacionales

Durante varios años, algunos países comenzaron a desarrollar sus propias tecnologías ITS, lo que provocó que no existiera coordinación en cuanto a trabajos y avances en materia de ITS por lo que surgieron tres organizaciones que integran asociaciones y agrupaciones nacionales y que tienen como objetivos fundamentales apoyar el desarrollo armónico y sustentable de ITS así como alcanzar la compatibilidad de sistemas, resolver problemas multinacionales y

² Paül. H. Wright. Ingeniería de Carreteras pág. 58



fomentar el intercambio de información relativa a ITS. Dichas organizaciones son:

- A. ITS América (Intelligent Transport Society of America), con sede en Washington, D.C., E.U.A., agrupando a los siguientes países: Canadá, Estados Unidos de América, México, Brasil, Chile, Argentina y Sudáfrica.

- B. ERTICO (European Roads and Transport Intelligent Commission), con sede en Bruselas, Bélgica, agrupando los siguientes países: Bélgica, Inglaterra, Francia, Alemania, España, Italia, Holanda, Suecia, Dinamarca, Noruega, Portugal, Irlanda, Rumania, Grecia y Polonia.

- C. VERTIS (Vehicle and Roads Transportation Intelligent Society) con sede en Tokio, Japón agrupando a los siguientes países: Japón, Corea, China, Taiwan, Hong Kong, Taipei, Singapur, Indonesia, Nueva Zelanda, Australia, Malasia y Vietnam.

En México, está constituido desde el año de 1999 el comité ITS México, el cual tiene por objetivo coordinar los mecanismos, medios y asignación de recursos en proyectos de ITS.

El comité ITS México está conformado por representantes de los sectores público, privado y académico³. A continuación se mencionan las entidades que forman cada sector así como el modo en que participan y participarán en el futuro:

³ José Lobaco Amaya. La Implementación de Tecnología ITS para la Prevención de Accidentes y el Incremento de la Seguridad en Vialidades pág. 6



Sector Público

- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial⁴.
- Secretaría de Gobernación.
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Secretaría de Turismo.
- Instituto Mexicano del Transporte.
- Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos.
- Aeropuertos y Servicios Auxiliares.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- Comisión Federal de Telecomunicaciones.
- Telégrafos de México.
- Ángeles Verdes.
- Sistema Nacional de Seguridad Pública.
- Comisión de Avalúos de Bienes e Inmuebles Nacionales.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes es la dependencia gubernamental rectora y la más alta autoridad del Comité; cada vicepresidencia coordina los proyectos propios de su campo de acción y autoriza la integración y participación de las unidades administrativas de la SCT, dependencias gubernamentales, representantes de los sectores privado y académico que se considere pertinentes.

Cabe señalar la prioritaria y particular función de la vicepresidencia de Telecomunicaciones, debido a que el paradigma de ITS se basa fundamentalmente en éste campo. Se tiene contemplado que todas las

⁴ Actualmente Secretaria de Economía



dependencias gubernamentales se integrarán y coordinarán con la vicepresidencia correspondiente a los proyectos en los cuales participen. Se propone que la participación de algunas dependencias gubernamentales consista en:

1. La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secretaría de Economía), participará en los tratados, acuerdos y normas de ámbito internacional; determinará la metodología específica en los procesos de importación y exportación de dispositivos ITS.
2. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, participará en el manejo de recursos financieros, aplicación de modelos financieros para el desarrollo de los proyectos; también atenderá lo referente al pago de derechos y regalías, manejo de fondos, pago de adquisiciones y equipos, suministros e internación de bienes de tecnología ITS y utilización de sistemas ITS para eficientar los procesos aduanales.
3. La Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, participará en la adecuación y construcción de infraestructura e implementación de sistemas ITS, prestando especial atención a la preservación del medio ambiente y la ecología, así como el uso de combustibles alternos.
4. La Secretaría de Turismo, participará en el planteamiento y estructuración de proyectos encaminados a la creación y eficiencia de servicios de transporte para el turismo e información a usuarios, concertando acciones con Aeropuertos y Servicios Auxiliares y con la Cámara Nacional de Autotransporte de Pasaje y Turismo, principalmente.
5. La Secretaría de Gobernación, principalmente por conducto de la Procuraduría General de la República, participará prioritariamente en la actualización y modernización de cuerpos policíacos, la interacción de operativos y procedimientos tanto para la estricta aplicación de las leyes y reglamentos de tránsito, como para el combate a la delincuencia en el transporte, mediante el uso y aplicación de tecnologías ITS.



1. SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

6. La Secretaría de Relaciones Exteriores, participará en el protocolo para el establecimiento de acuerdos y convenios, comerciales y de transferencia de tecnología ITS. Además, Relaciones Exteriores tendría la capacidad de coordinar la participación de representantes y delegados mexicanos especialistas en ITS, para asistir a foros internacionales.
7. La Secretaría de Salud, participará en el diseño y elaboración de proyectos basados en ITS, destinados a la prevención de accidentes viales y principalmente a desarrollar mecanismos y procedimientos para la expedita y adecuada atención y canalización de lesionados accidentados en vialidades.
8. El Instituto Mexicano del Transporte, participará en la coordinación de proyectos de investigación, conformación de cuadros y matrículas para la formación de especialistas en ITS, atención a los programas de intercambio académico y de investigadores con Universidades e Institutos extranjeros, principalmente con Canadá y EUA.
9. Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos, participará en el desarrollo y modernización de las autopistas que administra, implementando tecnologías y dispositivos ITS. En una etapa inicial se tiene contemplado la modernización y ampliación de su sistema de telepeaje⁵, promoción del comercio electrónico, vigilancia por medio de circuitos de cámaras, sistemas de señalización dinámica y atención de emergencias; se promoverá el desarrollo del proyecto piloto de carretera inteligente que tiene elaborado desde hace algunos años.
10. Aeropuertos y Servicios Auxiliares, participará en la modernización de servicios en la red aeroportuaria, mejorar los servicios a usuarios, atención de emergencias y actualización de ayudas aéreas.
11. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), participará en la conformación de esquemas y bases de datos que sirvan como soporte para estudios de factibilidad y regionalización de aplicación

⁵ Sistema Electrónico de Cobro de Peaje



de tecnologías ITS. Adicionalmente participará en el diseño, estructuración, aplicación y control de medios, mecanismos y metodologías informáticas para el desarrollo de ITS.

12. La Comisión Federal de Telecomunicaciones, participará en el uso y control de frecuencias, protocolos y estándares para la aplicación de tecnologías ITS, vigilando la adecuada utilización del espectro radio eléctrico, evitando fallas e interferencias.
13. La Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado de México, participarán en el desarrollo de proyectos de aplicación de tecnologías ITS para el mejoramiento del transporte público urbano, sistemas de semaforología y protección al medio ambiente. Conjuntamente con la Secretaría de Protección y Vialidad, utilizarán sistemas con tecnología ITS para el combate a la delincuencia y mejora de la atención ante emergencias y accidentes viales.

Sector Privado

- Cámara Nacional de Autotransporte de Pasaje y Turismo.
- Cámara Nacional de Autotransporte de Carga.
- Asociación Nacional de Transporte Privado.
- Confederación Nacional de Transportistas Mexicanos.
- Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones.
- Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros.
- Confederación Nacional de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos.
- Confederación Nacional de Cámaras de Comercio.
- Transportes Arwest.
- Kenworth de México.



- Grupo Dina.
- Freightliner.
- 3M México.
- Allied Signal.
- Terminal Multimodal Altamira.
- Asociación Mexicana de Infraestructura Concesionada.
- Hendrichson Mexicana.
- Sistemas de Información Geográfica S.A.
- Internacional de Contenedores Asociados de Veracruz.
- Arel Consulting, S.A.
- Integra Ingeniería, S.A.
- Cal y Mayor y Asociados.
- APL de México.

El sector privado a través de sus principales Cámaras y Asociaciones, participará en la estructuración de programas de aplicación de tecnologías ITS; participará desde la fase de diseño de proyectos y su principal aportación será la definición de compromisos, acuerdos y contratos para la realización de los proyectos y el uso de tecnologías ITS. Las empresas dedicadas a la producción, distribución, operación y atención de sistemas ITS, participarán en el apoyo directo para proporcionar la información sobre alternativas tecnológicas, que sirvan de base para la elaboración de proyectos con tecnología de vanguardia, que satisfaga real y ampliamente las necesidades de México. De igual forma, dichas empresas participarán en la elaboración de esquemas financieros accesibles para la adquisición y explotación de los respectivos productos, que sean atractivos para los transportistas nacionales.

El sector privado será el principal patrocinador de los trabajos que realice el Comité, siendo de preferencia las aportaciones en especie, de acuerdo a programas y esquemas elaborados y aprobados por el Comité ITS México.



Sector Académico

- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Politécnico Nacional.
- Asociación de Facultades y Escuelas de Ingeniería Civil.
- Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

El sector académico participará en el desarrollo de los proyectos de investigación, intercambio académico, conformación de esquemas para intercambio de estancias de especialistas extranjeros. Promoverá el desarrollo y actualización de los planes y programas de estudio de las carreras de ingeniería, informática y otras relacionadas con ITS; lo anterior con objeto de formar profesionistas especializados en ITS. Por otro lado, participará en la organización y coordinación de eventos científico - académicos sobre ITS, tales como seminarios, talleres, congresos, mesas redondas, paneles, etc.

Dada la importancia de los trabajos que pretende realizar el Comité ITS México, la dirigencia del mismo recae exclusivamente en titulares de las unidades administrativas de la SCT responsables en su función de los modos de transporte utilizados en nuestro país y sobre los cuales se desarrollaría la plataforma de tecnología ITS.

Con objeto de lograr el mayor éxito posible en la ejecución de los proyectos que se determinen convenientes, acordes a los modelos de desarrollo que han permitido en diversos países la aplicación y uso adecuado de tecnologías ITS, en el organismo rector se determinó incluir un consejo consultivo conformado por los principales representantes de los sectores privado y académico.



En términos generales, el consejo consultivo de manera conjunta con los vicepresidentes son los responsables de determinar los proyectos a realizar, definiendo los alcances, recursos y esquema global de los mismos, así como los mecanismos de operación y explotación.

1.3 Clasificación de los Sistemas Inteligentes de Transporte

Los Sistemas Inteligentes de Transporte pueden ser clasificados en cuatro categorías principales⁶:

1. Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS, Advanced Traveler Information Systems).
2. Sistemas Avanzados de Dirección de Tránsito (ATMS, Advanced Traffic Management Systems).
3. Operaciones de Vehículos Comerciales (CVO, Commercial Vehicle Operations)
4. Sistemas Avanzados de Control Vehicular (AVCS, Advanced Vehicle Control Systems).

Adicionalmente a la clasificación anteriormente mencionada, se han determinado dos aplicaciones extras aunque de menor importancia de sistemas ITS, éstas son:

1. Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS, Advanced Public Transportation Systems).
2. Sistemas Avanzados de Transporte Rural (ARTS, Advanced Rural Transportation Systems).

Los APTS son tecnologías ITS con fines urbanos, incluyen sistemas para localización automática de vehículos y horarios en tiempo real de autobuses mediante señales de mensajes variables en las paradas de transporte.

⁶ Anthony Saka. Intelligent Transport Systems pág. 18



Por su parte, los ARTS incluyen la aplicación de elementos tecnológicos ITS, particularmente elementos de información al viajero y sistemas APTS aplicados en ambientes rurales, como por ejemplo información metereológica y al turismo.

1.3.1 Sistemas Avanzados de Información al Viajero (en inglés ATIS-Advanced Traveler Information Systems)

Los Sistemas Avanzados de Información al Viajero proveen información precisa sobre condiciones de tránsito, horarios, tarifas, rutas y condiciones climáticas. Estos sistemas son de gran utilidad para transportistas que realizan viajes nocturnos ya que informan sobre algunas situaciones climatológicas que pueden incidir en el viaje, como lo puede ser aparición de neblina, lluvia, etc.

De esta manera se brinda al viajero la oportunidad de realizar decisiones antes de comenzar un viaje en cuanto a seleccionar una ruta apropiada, cuándo ir o bien el medio de transporte a utilizar así como el seguimiento durante la ruta elegida.



Ilustración 2. Sistema Móvil de Información



Los sistemas ATIS utilizan los siguientes recursos tecnológicos:

- Terminales de información al viajero (información en tiempo real).
- Señalización dinámica (señales de mensajes variables).
- Mapas electrónicos y equipos de guía de ruta en vehículos.
- Displays o pantallas de información en las paradas de autobuses.
- Programas de radio y T.V. sobre la información de las condiciones del tránsito vehicular en las vialidades, incidentes, condiciones meteorológicas, etc., todo ello en tiempo real.

Algunos de los beneficios que se obtienen con estos sistemas son:

- Información en tiempo real sobre las condiciones del tránsito vehicular para elegir una ruta a seguir.
- Disminuye la incertidumbre de los viajeros sobre las condiciones que se presentarán durante el recorrido.
- Reducción de accidentes.
- Disminución de impactos al medio ambiente.

1.3.2 Sistemas Avanzados de Dirección de Tránsito (en inglés ATMS-Advanced Traffic Management Systems)

Estos sistemas hacen uso de tecnología de vanguardia con la finalidad de eficientar el flujo vehicular, sin embargo, su objetivo primordial es incrementar la vigilancia y el patrullaje de carreteras.

Los sistemas ATMS utilizan los siguientes recursos tecnológicos:

- Instrumentos de visión electrónica.
- Circuito cerrado de televisión.
- Señalización dinámica.



Algunos beneficios que se obtienen con estos sistemas son:

- Información en tiempo real sobre la situación del tránsito para elegir una ruta.
- Implementar sistemas de sincronización de semáforos que sean adaptables de tal manera que minimicen el número de detenciones y, por lo tanto, demoras sobre las vías arteriales.
- Implementando un sistema de cobro electrónico de peaje que involucre el uso de transponders⁷.

1.3.3 Operaciones de Vehículos Comerciales (en inglés CVO-Commercial Vehicle Operations)

El objetivo fundamental de estos sistemas es aumentar la productividad y la seguridad en la industria del transporte pesado facilitando los procesos de obtención de licencias, registros, marcos regulatorios y los procesos de entrega de carga así como información precisa de las características del vehículo.

Los sistemas CVO utilizan los siguientes recursos tecnológicos:

- Sistema de Identificación Automática de Vehículos (AVI-Automatic Vehicle Identification Systems).
- Sistema de Localización Automática de Vehículos (AVL-Automatic Vehicle Location Systems).

Algunos beneficios que se obtienen con estos sistemas son:

- Respuesta en tiempo real.
- Comunicación y monitoreo con unidades en viajes largos.

⁷ Dispositivo electrónico que tiene la capacidad de almacenar datos del vehículo (matrícula, modelo, dimensiones, entre otros), así como el registro del pago de peaje.



- Seguimiento de cargamentos de alto valor.
- Máxima eficiencia en administración de flotas.

1.3.4 Sistemas Avanzados de Control Vehicular (en inglés AVCS-Advanced Vehicle Control Systems)

Estos sistemas abarcan todos aquellos elementos tecnológicos basados en el vehículo, destinados a proveer un ambiente de conducción más seguro, eficiente y confortable.

Los sistemas AVCS utilizan los siguientes recursos tecnológicos:

- Antibloqueo de frenos.
- Control de tracción.
- Control de velocidad de cruce dependiendo de las condiciones prevalentes del tráfico en una vía rápida.
- Sistemas de protección en el interior del vehículo (bolsas de aire).

Algunos beneficios que se obtienen con estos sistemas son:

- Mayor seguridad para los usuarios de los vehículos en diferentes condiciones climatológicas y de tráfico.
- Reducción en la ocurrencia de accidentes.
- En un futuro, revolucionar las vías rápidas de comunicación terrestre, tanto en su construcción como en su operación, para una automatización.

La categoría de sistemas AVCS incluye elementos tecnológicos que son usados en la actualidad, sin embargo, se dice que estos sistemas tienen un "sentido futurista"⁸ ya que algunas tecnologías son difíciles de implementar

⁸ Roger R. Stough. Intelligent Transport Systems pág. 33



sobre todo de manera general a todos los vehículos debido a que los fabricantes de automóviles manejan líneas de producción que contemplan vehículos con escasa tecnología de este tipo, reservando ésta solo para aquellos vehículos de lujo.

Se puede decir que la implantación de estas tecnologías es más viable en términos generales en el autotransporte de carga y de pasajeros ya que se puede legislar sobre la obligación de utilizar algunos sistemas avanzados para el vehículo en beneficio de la seguridad.



Ilustración 3. Sistemas de Seguridad en el Vehículo



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

2.1 Definición

La Arquitectura Nacional de ITS, es un documento que tiene como objetivo integrar los sistemas y tecnologías en uso actualmente y presentar un marco general para el desarrollo del transporte, en sus diferentes modos, incluyendo las bases para la posterior elaboración de las Arquitecturas Regionales; de esta manera se logrará la aplicación gradual de tecnologías ITS en México, utilizando aquellos sistemas que satisfagan las necesidades del sistema de transporte de manera integral, armónica y eficiente, con tecnología escalable y compatible.

Partiendo de las condiciones actuales del transporte en México, las aplicaciones y trabajos iniciales en el campo de ITS, así como los niveles de competitividad requeridos para participar con éxito en mercados globalizados y cadenas logísticas mundiales, se define un panorama general para la elaboración de una Arquitectura Nacional, basada en arquitecturas ITS de otros países que han desarrollado e implementado con éxito ITS.

En el diseño se incluyen las consideraciones fundamentales para la Arquitectura Nacional, el modelo para su elaboración y el marco general de desarrollo del transporte en México; esto representa una herramienta necesaria para la adecuada aplicación de tecnologías ITS de manera segura y eficiente.



Es importante mencionar que en este trabajo de investigación se propone una metodología para elaborar la Arquitectura Nacional en base principalmente a aquellas Arquitecturas ya establecidas en otros países así como en base a las propuestas ya existentes y elaboradas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

2.2 Características

El desarrollo de proyectos y aplicación de sistemas y tecnologías de tipo ITS comprende todos los modos de transporte (aéreo, marítimo, carretero y ferroviario); comprende también todos los factores y elementos que intervienen en el mismo: vehículo (diseño, fabricación, componentes, aditamentos, asistentes, etc.), usuario (conductor, pasajero, peatón, controlador del sistema, operador de servicios, operador logístico, etc.) y vía (infraestructura, señalización, instalaciones, medio ambiente, etc.); involucra a diversos actores (autoridades, empresarios, prestadores de servicios, investigadores, etc.) y su campo de aplicación es nacional (ciudades, carreteras federales, estatales y municipales, etc.).

Por tal motivo, es necesario diseñar y estructurar un marco general para el desarrollo de esta tecnología; un marco que defina las características de todos y cada uno de los elementos del sistema de transporte, los requerimientos que deben cumplir cada uno de ellos, las expectativas y perspectivas a futuro, las condiciones de operación y servicio para garantizar la compatibilidad, los niveles de eficiencia y eficacia en el servicio, los medios y mecanismos de consulta y difusión de ITS, entre otros aspectos.



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Este marco general mencionado es lo que se conoce como Arquitectura ITS. Una Arquitectura Nacional comprende el marco global para aplicación en todo el país y las bases y lineamientos para el diseño y elaboración de Arquitecturas Regionales para aplicación de ITS en cada estado y/o municipio.

En este trabajo de investigación se hace una propuesta para la elaboración de la Arquitectura Nacional de ITS con base a la identificación de las necesidades actuales del país en materia ITS y de la participación de los diferentes actores involucrados para el desarrollo sustentable de los mismos. De igual forma se ha considerado para la elaboración de esta propuesta, aquellas ya realizadas particularmente por la Subdirección de Desarrollo Tecnológico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Se propone que la estructuración de la Arquitectura Nacional se llevará a cabo con la participación del Comité ITS México y directamente a través de los vicepresidentes o de sus representantes; éstos últimos trabajarían en la estructuración de la Arquitectura Nacional atendiendo los temas inherentes a sus áreas de trabajo, trabajando también en la elaboración de los lineamientos y parámetros para las Arquitecturas Regionales. Se propone que en esta etapa se cuente con la asistencia de una empresa consultora con experiencia en el desarrollo de Arquitecturas Nacionales y Regionales de ITS.

La participación de las áreas de la SCT se coordinará para lograr la integración de los trabajos que las mismas realizan, por tal motivo "no habrá una asignación adicional de funciones, ni la consecuente erogación de gastos"⁹.

⁹ www.sct.gob.mx Propuesta de Arquitectura ITS de la SCT, 2000



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Para cubrir los gastos de la empresa consultora existe la posibilidad de obtener fondos de la Agencia de Comercio y Desarrollo de EUA (Trade & Development Agency, TDA); mediante un programa de apoyo de la TDA se puede disponer de un fondo de \$300,000 (trescientos mil dólares) aproximadamente para desarrollar el proyecto. La única "condición" para efectuar este préstamo es que el 80% de la participación de asesoría debe ser por una empresa de EUA y el 20% por una empresa del país receptor.

De acuerdo a las políticas y acuerdos de apoyo a Latinoamérica, los recursos otorgados por la TDA no son en calidad de préstamo; el diseño de la arquitectura es totalmente a criterio y consideración del país receptor; la selección de las empresas participantes es decisión única del país receptor; no hay compromisos para la adopción de una tecnología específica. Países latinoamericanos como Argentina y Chile han hecho uso de este programa para la elaboración de su arquitectura; se propone que México busque desarrollar su Arquitectura Nacional contemplando incorporarse al programa de la TDA.

Es importante mencionar una vez más que los gastos que se generen del diseño de la Arquitectura Nacional y de las regionales, no serán financiados por el gobierno federal sino que a partir del posible préstamo de la TDA y con la participación de la iniciativa privada se sufragarán estos gastos.

Para efectos de este trabajo se propone que el planteamiento de la arquitectura de ITS para México se desarrolle conforme a los siguientes puntos:

- Marco General de Desarrollo del Transporte.
- Objetivo General.
- Análisis de Condiciones Básicas para la Arquitectura
- Variables Predominantes.



2.3 Contenido

El proyecto global para la elaboración de la Arquitectura Nacional de ITS en México y de desarrollo de aplicaciones potenciales, parte de un conjunto de variables que se tienen que considerar por etapas, es decir se tiene que estructurar el esquema de elaboración de la Arquitectura Nacional ITS en tiempos bien definidos, para lograr esto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha considerado un programa en el que se contemplan las fases de desarrollo de la Arquitectura Nacional ITS así como sus respectivos tiempos de desarrollo.

Es innegable que se debe contar con una estructura lógica en el desarrollo de la Arquitectura Nacional ITS, sin embargo, para efectos de este trabajo, se determina que la SCT no ha definido variables prioritarias para sustentar el desarrollo de los ITS, que existe una falta de visión de algunos aspectos relevantes que deben de ser considerados durante el desarrollo de este documento, aspectos que pueden determinar el éxito o fracaso de la implementación de ITS en México.

La SCT ha elaborado el siguiente plan de desarrollo en el que se contempla trabajar de manera conjunta en México y en EUA ya que en este país se encuentra la sede de ITS América, además de que se pretende seguir el modelo de desarrollo de ITS que se tiene en Estados Unidos, principalmente por motivos de índole económico. A continuación se muestran las fases y los tiempos que el gobierno a través de la SCT ha definido para el crecimiento de los ITS en México. Cabe señalar que esta propuesta en la actualidad se encuentra en su primera fase.



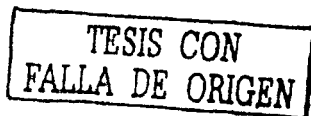
2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Fase	Tiempo Estimado
I. Levantamiento de un inventario de aplicaciones de ITS en México y de detección de necesidades prioritarias.	Tres a cuatro meses, para realizarse en México.
II. Construcción de una arquitectura nacional.	Doce meses, estancia en Washington, D.C. con visitas técnicas a las principales ciudades de México.
III. Elaboración de una base para la construcción de arquitecturas regionales.	Seis meses, estancia en Washington, D.C. con visitas técnicas a Estados y regiones de la República Mexicana.
IV. Elaboración de un Plan Nacional y Programa Maestro para la aplicación y desarrollo de ITS en México.	Doce meses, estancia en Washington D.C., con reuniones quincenales, mediante foros virtuales en Internet y un Simposium anual.
V. Elaboración de documento técnico y reporte final.	Cuatro meses, estancia en Washington D.C.
VI. Propuesta de metodología de evaluación y seguimiento.	Cuatro meses, para realizarse en México.

Cuadro 1. Fases Propuestas por la SCT para la Elaboración de la Arquitectura ITS¹⁰

Los proyectos específicos de aplicación se realizarán conjuntamente con el proyecto global y estarán inmersos en el mismo; como propuesta inicial, el comité ITS México sugiere los siguientes proyectos para los diferentes modos de transporte los cuales son susceptibles de aceptación y modificación por parte de los Vicepresidentes del Comité ITS México.

¹⁰ www.sct.gob.mx, enero 2003





2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Esta propuesta fue realizada a partir de un análisis profundo y objetivo sobre las necesidades prioritarias de cada uno de los medios de transporte, para efectos de este trabajo se enfatiza las propuestas en el Transporte Carretero:

- Transporte Marítimo: Eficientización del sistema portuario nacional, con base en Sistemas de Intercambio Electrónico de Datos.
- Transporte Aéreo: Seguridad operacional y administración de flotas y aeropuertos, con base en Sistemas de Posicionamiento Global y kioscos de atención a usuarios.
- Transporte Carretero¹¹: Sistema de prevención de accidentes en carreteras y atención a víctimas; control de vehículos de internación temporal; agilización de cruces fronterizos; ampliación y diversificación del sistema de telepeaje; control y administración de flotas de autotransporte; desarrollo y uso de bitácora electrónica.
- Transporte Ferroviario: Control y seguimiento de carga; eficientar los patios de maniobras y estaciones de transferencia.
- Telecomunicaciones: Desarrollo de un esquema de compatibilidad y armonización en el uso de radio frecuencias.
- Transporte Multimodal: Eficientar y desarrollar aplicaciones para el control y agilización de nodos de transferencia; modernización de servicios logísticos.
- Transporte Urbano: Control y administración de tráfico; servicios asistenciales a conductores; administración de emergencias.

¹¹ Propuesta Inicial



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Cabe señalar que con respecto al proyecto en el Transporte Carretero se tiene contemplado la implementación de muchas otras tecnologías ITS, sin embargo, para efectos de este trabajo de investigación se han identificado otras necesidades que se determinan prioritarias y que se analizarán más adelante.

En la realización de la Arquitectura Nacional se tiene que tomar en cuenta no solo aspectos técnicos, sino también aspectos de compatibilidad con otras arquitecturas mundiales así como elementos socio-culturales los cuales tienen tanta importancia como los otros aspectos.

Es así como independientemente de las fases contempladas por la SCT para la elaboración de la Arquitectura Nacional, en este trabajo se propone contar con un esquema pragmático que permita dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿qué?, ¿quién?, ¿cómo?, ¿cuánto? y ¿cuáles?; preguntas que son fundamentales contestar para determinar los alcances reales que se tendrán al elaborar el marco de desarrollo de los ITS dentro de la Arquitectura Nacional.

En el siguiente cuadro se muestra la forma en que las interrogantes mencionadas anteriormente deben de contemplar de manera más explícita aspectos relevantes para la implementación ITS, es decir, lo que se desea alcanzar en términos reales y los aspectos que se deben de tomar en consideración para que particularmente en México se logre desarrollar la Arquitectura Nacional.



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

¿Qué?	¿Qué sistemas se han de desarrollar?; ¿Qué tipo de tecnología va a emplearse? ¿Qué resultados se lograrán?
¿Quién?	¿Quién evaluará y determinará las tecnologías a utilizarse? ¿Quién desarrollará, aplicará y operará los sistemas? ¿Quién cubrirá los costos?; ¿Quién se beneficiará con los sistemas aplicados?
¿Cómo?	¿Cómo se llevará a cabo la aplicación de nuevas tecnologías? ¿Cómo se evaluarán la alternativas tecnológicas? ¿Cómo se incluirá la participación de operadores y usuarios? ¿Cómo se logrará un crecimiento armónico?
¿Cuándo?	¿Cuándo se aplicarán las tecnologías y los sistemas? ¿Cuándo deberá comenzar a desarrollarse cada modo de transporte? ¿Cuándo deberá comenzar el desarrollo en cada región del país? ¿Cuándo se recuperará la inversión? ¿Cuándo será necesario la sustitución de las tecnologías utilizadas?
¿Cuánto?	¿Cuánto se esta dispuesto a invertir? ¿Cuánto se desea desarrollar el transporte?
¿Cuáles?	¿Cuáles son las características y normas que se deben cumplir y los requerimientos que deben satisfacer las arquitecturas regionales? ¿Cuáles son los niveles de seguridad y eficiencia que se lograrán?

Cuadro 2. Aspectos a Considerar en la Arquitectura ITS

En la elaboración de la Arquitectura Nacional de ITS se debe de realizar un estudio con algunas variables que inciden de manera directa en la correcta elaboración de un documento de tal importancia. Se han definido cuatro variables predominantes que requieren de su estudio para la elaboración de un documento rector para el desarrollo de la Arquitectura de ITS.



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

- I. Tecnologías existentes en México. (TE)
- II. Necesidades de transporte de la población y del sistema. (N)
- III. Pronóstico de requerimientos para el transporte mexicano. (PR)
- IV. Desarrollo del transporte en México para lograr niveles de competencia internacionales. (DT)

Es importante mencionar que estas son las variables prioritarias a considerar en el desarrollo de la Arquitectura Nacional ITS, sin embargo, existen algunas otras que de igual forma influyen de manera directa pero no de manera técnica, algunas pueden ser : aspectos socio-culturales, aspectos económicos y aspectos jurídicos. Se ha elaborado el siguiente cuadro comparativo, en el cual se puede observar en cada intersección renglón - columna, los componentes susceptibles de análisis y definición para desarrollar las especificaciones técnicas que conformen la Arquitectura de ITS, analizando la relación de renglón r_i sobre columna c_j .

	TE	N	PR	DT
TE	Funcionamiento Compatibilidad Obsolescencia	Costo Eficiencia Eficacia	Escalable Rentabilidad	Dependencia Base de desarrollo
N	Selección Jerarquizar	Poblacionales Sectoriales	Básicas Impuestas	Direccionamiento
PR	Mega-tendencias	Variación en la oferta y demanda	Competitividad	Nivel de avance
DT	Desarrollo tecnológico	Satisfacción	Ventajas Oportunidades	Seguridad Diversidad Confiabilidad

Cuadro 3. Comparación de Variables



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

Como se puede apreciar, el desarrollo de una Arquitectura Nacional de ITS no es tarea sencilla, es necesario la realización de un estudio serio y efectivo sobre las condiciones actuales del país en materia de ITS así como fijar los objetivos y los alcances a los que se quiere y se puede llegar, considerando para ésto las preguntas realizadas anteriormente, así como un profundo análisis de las variables que se definieron.

De igual forma también se tiene que tomar en cuenta el desarrollo de Arquitecturas Internacionales como se podrá ver en el siguiente subcapítulo.

2.3.1 Relación con Arquitecturas Internacionales

Analizando las Arquitecturas de EUA, Canadá y Unión Europea; y de acuerdo a las características propias de México tales como su ubicación geográfica, relaciones comerciales predominantes y el desarrollo de la tecnología nacional, se ha determinado tomar la Arquitectura de EUA como modelo para la elaboración de la Arquitectura propia.

Se debe recordar que la elaboración de la Arquitectura Nacional de ITS está a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a través del Comité ITS México y contará con la asesoría de una prestigiada consultoría norteamericana y los gastos que se desarrollen serán sufragados mediante el programa de la TDA tal y como se mencionó anteriormente.

Es importante enfatizar que el modelo de Arquitectura ITS a seguir es la de los Estados Unidos, ya que este país además de contar con experiencia en el desarrollo de ITS, es nuestro principal socio comercial.



2. ARQUITECTURA NACIONAL DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS)

México ha firmado tratados comerciales con diferentes países (Chile, Argentina, Israel, Unión Europea, entre otros), y aproximadamente del 93% al 96% del comercio de México se da con los países con los que tiene celebrados tratados de libre comercio, y de éstos tratados, el intercambio comercial con los Estados Unidos a través del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) representa aproximadamente el 96% del intercambio comercial total de México. Además ambos países comparten una de las fronteras más grandes a nivel mundial por donde pasa el mayor número de los productos, lo que implica adoptar en gran parte un modelo de implementación de ITS en base a las condiciones establecidas en los Estados Unidos. Se puede expresar de manera gráfica que la Arquitectura Nacional debe de adaptarse en forma y estructura a la Arquitectura existente en Estados Unidos y en menor medida a la de otros países:

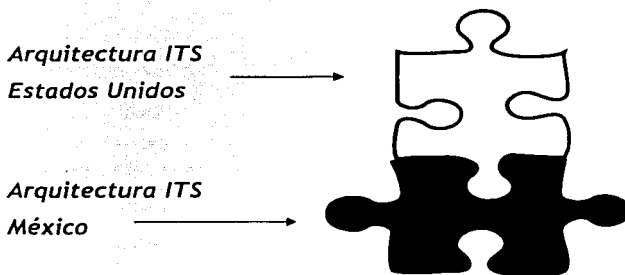


Figura 1. Compatibilidad con la Arquitectura de Estados Unidos



3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

3.1 Costos en Carreteras

La inversión que se pretende realizar en la implementación de ITS comienza con la elaboración de la Arquitectura Nacional (en los capítulos anteriores se definió la forma en la que se obtendrían fondos para sufragar esta inversión), de igual forma, el Programa Nacional de Carreteras contempla en su estrategia de inversión para el sexenio 2000-2006, el rubro correspondiente a la modernización de carreteras:

“Modernizar y ampliar la red federal, particularmente en los tramos que corresponden a los ejes troncales, a fin de ampliar la cobertura de las carreteras de altas especificaciones; mejorar los accesos a ciudades, aeropuertos y puertos marítimos y fronterizos; propiciar la interconexión eficiente con otros modos de transporte; y facilitar la continuidad en la circulación de los flujos vehiculares, particularmente en la red básica nacional”¹²

En los proyectos carreteros se consideran los costos clásicos: Costos de Inversión Inicial, Costos de Operación y Costos de Mantenimiento, pero de igual forma se debe de considerar el Costo de Usuarios. Cada uno de los anteriores costos deben ser considerados con la misma importancia, ya que durante algunos años no se le daba el justo valor a los costos de mantenimiento y a los costos de usuarios.

¹² www.sct.gob.mx, Estrategias de Inversión 1999-2000-2010



3.1.1 Costos de Inversión

Son costos que se consideran desde el inicio del proyecto, es decir, desde la planeación del proyecto, hasta la operación del mismo. Se clasifican de la siguiente manera:

- I. Costos de Derecho de Vía. Estos costos se refieren a todas las erogaciones que se tienen que hacer en el inicio del proyecto, es decir, gastos de expropiaciones de terrenos, compras de los mismos y todos aquellos gastos necesarios para poder tener acceso a todo lo largo de la ruta trazada para la carretera.

Algunas veces estos costos pueden elevarse demasiado debido a trámites en los que se recurre a abogados y aspectos legales, además que en otras ocasiones se tiene que lidiar con aspectos políticos y sociales en los cuales además de elevar los costos del proyecto, pueden ocasionar otros problemas a tal grado que se pueden detener los trabajos del proyecto.

- II. Costos de Diseño de Proyecto. Son costos que involucran todos los aspectos técnicos del proyecto, es decir, el trazo, levantamientos topográficos, diseño geométrico, etc. Contempla tanto el trabajo realizado en gabinete como en campo.

3.1.2 Costos de Operación

Son los costos en los que se recurre en cuanto la carretera comienza a operar. Algunos de estos costos se refieren a aspectos tales como son: costos de control de tránsito, costos de alumbrado, costos de limpieza en carreteras, costos de servicios (sanitarios, emergencias, auxilio vial, casetas telefónicas, etc.) e incluyen los salarios de los trabajadores, consumos de combustibles, consumos de energía eléctrica, etc.



3.1.3 Costos de Mantenimiento

Son costos necesarios para que la operatividad y funcionalidad de la carretera se mantenga de forma constante a lo largo de su vida útil. Se consideran dos tipos de costos: Costos de Rehabilitación y Costos de Conservación.

- I. Los costos de rehabilitación se refieren a aquellos en los que se realizan reparaciones mayores debido a que las condiciones de servicio son deplorables por los que estos costos son de considerable magnitud.
- II. Los costos de conservación son de menor magnitud debido a que son aquellos que tienen como finalidad mantener la carretera en las mismas condiciones de servicio que se tenían cuando se terminó la construcción de la misma y las reparaciones son menores.

Con la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) los costos de mantenimiento disminuyen considerablemente, ya que al tener un sistema de control vehicular de altas especificaciones se evitan desgastes en la carretera principalmente al evitar el paso de vehículos de gran tonelaje que no cumplen con las especificaciones vigentes en cuanto a peso y dimensiones; de igual forma, los costos de reparaciones por accidentes se minimizan ya que la tasa de accidentes también disminuye de forma considerable.



3.1.4 Costos de Usuarios

Este tipo de costos no fueron considerados como prioritarios durante mucho tiempo, sin embargo, se ha comprobado su importancia e incluye a los siguientes:

- I. Costos de Operación de los Vehículos. Son costos que tiene que ver con los kilómetros de viaje realizado, costos por combustibles y costos de mantenimiento del vehículo (neumáticos, costos mecánicos, etc.).
- II. Costos de Valor del Tiempo de Viaje. Se determinan por el valor unitario de lo que se esta transportando, depende del tipo de viaje y del tipo de carga.
- III. Costos de Accidentes de Tránsito. Estos costos representan además del costo económico tanto en infraestructura como en vehículos, el costo social que representan.

Como se mencionó anteriormente, los costos referentes a los accidentes carreteros pueden ser reducidos significativamente con la aplicación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), ya que uno de los objetivos fundamentales de estos sistemas es el disminuir la tasa de accidentes mediante una red carretera de altas especificaciones que le permita a los conductores circular bajo las más altas condiciones de seguridad, esto implica que a medida que los accidentes disminuyen, el costo social que implica dichos accidentes también lo hace.

Actualmente en cualquier proyecto carretero se debe de tomar en cuenta todos los costos anteriormente mencionados, ya que hasta hace unos años muchos de ellos no eran considerados como fundamentales, debido principalmente a que la finalidad de construir carreteras era el simple hecho de comunicar poblaciones (a pesar de que existe una clasificación bien establecida de caminos). De igual forma la falta de recursos, intereses particulares (sobre



todo de los gobiernos que tendrían participación en el tramo carretero), evitaban en algunas ocasiones que no se consideraran los costos que implica construir una carretera de alta especificación.

3.2 Terreno Natural

La estructura típica de las carreteras es la siguiente:

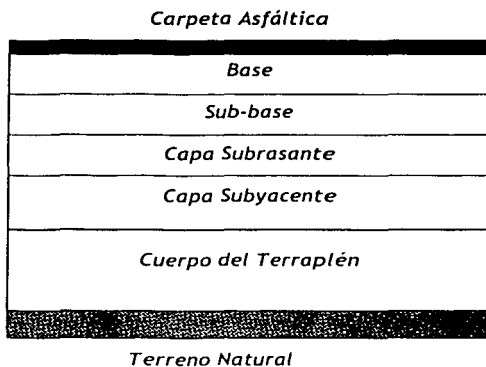


Figura 2. Estructura Típica de una Carretera

Es importante destacar que a diferencia de los pavimentos de concreto asfáltico, en los pavimentos de concreto hidráulico no se requiere de una base, sino que basta con una sub-base, esto debido a la eficiencia que tiene la carpeta de concreto hidráulico para distribuir las cargas transmitidas por los vehículos que transitan por la carretera; incluso en pavimentos de bajo nivel de tránsito, basta solamente con la capa subrasante como plantilla¹¹.

¹¹ Fernando Olivera Bustamante. Estructuración de Vías Terrestres pág. 46



El terreno natural se define como la franja de terreno incluida en el derecho de vía, cuyo estado de esfuerzo original resulta afectado por la construcción de la obra vial y que recibe las cargas de tránsito distribuidas a través de la estructura.

En general cuando la resistencia del terreno natural es mayor a 1 kg/cm^2 y los terraplenes o cortes no son mayores a 3 m, el comportamiento de la estructura es adecuado, cuando no se tienen estas condiciones se requiere ejecutar estudios de mecánica de suelos relativos a resistencia y deformación, así como estudios de estabilidad de taludes¹⁴.

3.3 Terracerías

Las terracerías pueden definirse como los volúmenes de materiales que se extraen o que sirven de relleno en la construcción de una vía terrestre. La extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y si este volumen de material se usa en la construcción de los terraplenes o los rellenos, las terracerías son compensadas y el volumen de corte que no se utiliza se le denomina desperdicio.

Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o los rellenos, se necesita extraer material fuera de ella, a lo que se le denomina zona de préstamos. Si estas zonas se ubican cerca de la obra, de 10 a 100 m a partir del centro de la línea, se llaman zonas de préstamos laterales; si se encuentran a más de 100 m, son de préstamos de banco.

¹⁴ Ibidem. Pág. 52



Las terracerías en terraplén se dividen en el *cuerpo del terraplén*, que es la parte inferior, y la capa *subrasante*, la cual se coloca sobre la anterior con un espesor mínimo de 30 cm.

A su vez, cuando el tránsito que habrá de operar sobre el camino es mayor que 5,000 vehículos diarios, se construyen en el cuerpo del terraplén los últimos 50 cm con material compactable y esta capa se denomina *subyacente*.

El cuerpo del terraplén tiene como finalidades: alcanzar la altura necesaria para satisfacer las especificaciones geométricas (sobre todo en lo relativo a la pendiente longitudinal), resistir las cargas del tránsito transmitidas por las capas superiores y distribuir los esfuerzos a través de su espesor para transportarlos en forma adecuada al terreno natural, de acuerdo con su resistencia.

El procedimiento constructivo del cuerpo del terraplén se reduce al acarreo de material al lugar de la obra e iniciar el proceso de compactación. Si los materiales acarreados no son compactables se forma una capa con un espesor casi igual al del tamaño de los fragmentos de roca, no menor a 15 cm, para posteriormente ser compactado mediante un tractor de orugas.

3.3 Subyacente

Cuando el tránsito que habrá de operar sobre el camino es mayor de 5,000 vehículos diarios, se construyen sobre el cuerpo del terraplén una capa de 50 cm de material con material compactable, esta capa es conocida como subyacente. El procedimiento constructivo de la capa subyacente es similar que el de la capa subrasante, por lo que se mencionará en el subcapítulo siguiente.



3.4 Subrasante

Esta capa al igual que la subyacente esta formada por materiales compactables y su espesor generalmente es de 30 cm. Algunas de las funciones principales de la capa subrasante son:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén.
- Uniformar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracerías a lo largo del camino.
- Economizar los espesores de pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren espesores grandes.
- Evitar que las terracerías cuando están formadas principalmente por fragmento de roca, absorban el pavimento

El procedimiento constructivo de las capas subyacente y subrasante comienza con el acarreo de camiones con los materiales obtenidos por cortes o bien extraídos de bancos de préstamo al lugar donde se requieren, ahí es depositado por volteo y posteriormente extendido por un tractor el cual al mismo tiempo compacta el material agregando agua con una pipa hasta lograr la compactación deseada en capas de 15 cm aproximadamente.

Posteriormente, una motoconformadora, por medio de la cuchilla, deja la superficie a la elevación exacta de acuerdo a las especificaciones del proyecto para que finalmente un rodillo compactador pase una y otra vez hasta lograr la capa final.

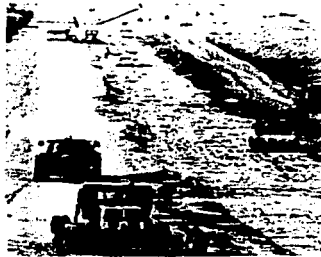


Ilustración 4. Construcción de Terracerias

3.6 Bases y Sub-bases

En caminos y aeropuertos principalmente, sobre la capa subrasante se construye el pavimento, que cuando es del tipo flexible está constituido por sub-base, base y carpeta, aunque en ocasiones la base no se requiere si los pavimentos son rígidos ya que éstos se forman por una sub-base y la losa de concreto hidráulico. Las sub-bases y las bases tienen finalidades y características semejantes; y las funciones de estas capas son las siguientes:

- Recibir y resistir las cargas del tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).
- Transmitir estas cargas, adecuadamente distribuidas, a las terracerias.
- Impedir que la humedad de las terracerias ascienda por capilaridad.
- En caso de introducirse agua por la parte superior, permitir que el líquido descienda hasta la capa subrasante por donde es desalojada.

El procedimiento constructivo de las bases y sub-bases es similar y consta de varias etapas:



3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

a) Exploración

Se requiere efectuar un reconocimiento completo de la zona donde se construirá la obra vial, a fin de encontrar posibles bancos de materiales para pavimentación. Para este fin es muy útil utilizar fotografías aéreas y hacer reconocimientos de tipo terrestre.

b) Muestreo

Una vez localizados los posibles bancos, se realizan sondeos preliminares para determinar la calidad de los materiales y si los resultados son positivos, se efectúan más sondeos definitivos para conocer la extensión del banco y la variabilidad del material.

c) Extracción y Acarreos de Materiales

Para extraer los materiales, es preciso que aquellos que se encuentren en forma masiva se obtengan con tamaños accesibles, que en obras viales son de 75 cm como máximo. Para ello, se debe de dinamitar la roca para obtener el tamaño deseado.

d) Tratamientos Previos

Los tratamientos previos de cribado o de trituración se llevan a cabo antes de llegar a la obra.

e) Acarreo a la Obra

Los materiales tratados previamente o los que pueden llevarse en forma directa del banco, se acarrean a la obra, en donde se acamellonan (es decir, medir el volumen del material y en caso de que haya faltante se realizan los recargues necesarios) con el uso de motoconformadoras.



3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

f) Tratamientos en la Obra

En el tramo se aplican los tratamientos (estabilizaciones mecánicas y de tipo químico) a los materiales que los necesitan.

g) Compactación

Posteriormente se compacta el material, para lo cual se humedece con una cantidad de agua cercana a la óptima, la cual se distribuye en varias pasadas de la pipa.

El material es extendido con una motoconformadora y posteriormente pasa la pipa para humedecerlo, este proceso se repite para mezclar el material hasta homogeneizarlo.

Finalmente el material se compacta con máquinas de rodillos sin salientes, ya sea metálicos liso o de cajas con neumáticos hasta lograr el grado de compactación deseado.

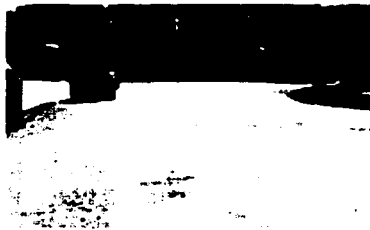


Ilustración 5. Compactación



h) Riego de Impregnación

Una vez alcanzado el grado de compactación de proyecto en las bases, éstas se dejan secar superficialmente durante varios días. Cuando la capa ya esta seca, se barre para retirarle la basura, el polvo y las partículas sueltas que pueda haber con ayuda de cepillos manuales o mecánicos. Posteriormente, se proporciona a la base un riego de impregnación, el cual sirve para tener una zona de transición entre la base de materiales naturales y la carpeta asfáltica. El asfalto debe penetrar en la capa de base cuando menos 3 mm.

3.7 Pavimentos

Se define como pavimento al conjunto de capas de materiales seleccionados que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento, en donde se debe tener una operación rápida y cómoda, conceptos que son relativos ya que dependen del tipo de camino que se desea construir.

3.7.1 Clasificación

Existen dos tipos de pavimento: los flexibles y los rígidos; la elección dependerá a las características particulares del camino que se desea construir así como las especificaciones que se deseen.



Actualmente no se tiene ninguna restricción en cuanto a la elección del tipo de pavimento en la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) sin embargo, de acuerdo a algunos de los casos analizados en otros países se determinó que generalmente, dicha implementación se ha realizado en pavimentos rígidos.

Pavimentos Flexibles

En este tipo de pavimentos, una carpeta asfáltica proporciona la superficie de rodamiento; las cargas de los vehículos se distribuyen hacia las capas inferiores y la carpeta asfáltica se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Las capas que forman un pavimento flexibles son: carpeta asfáltica, base y sub-base, las cuales se construyen sobre la capa subrasante.

Pavimentos Rígidos

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente una falla. Es necesario construir una capa de sub-base para evitar falla en las losas. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de concreto hidráulico y la sub-base que se construyen sobre la capa subrasante.



3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

Los pavimentos de concreto hidráulico se caracterizan por el bajo mantenimiento que requieren durante toda su vida útil que en algunos casos rebasa los 50 años, este mantenimiento consiste principalmente en el cambio de juntas, reparación de grietas, etc.

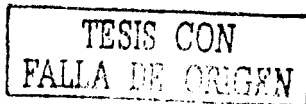
En el caso de los pavimentos de concreto asfáltico, los costos de mantenimiento son relativamente bajos los primeros 4 o 5 años pero al llegar a la rehabilitación estos costos se incrementan de manera considerable, de igual forma, los costos de los usuarios se ven afectados notablemente cuando se realizan los trabajos de mantenimiento.

En los pavimentos de concreto hidráulico, los costos de mantenimiento son considerablemente bajos durante toda su vida útil y debido a que este mantenimiento no es continuo, los costos de los usuarios son mínimos. Es importante señalar que en la mayoría de los casos en que se tienen problemas con pavimentos de concreto hidráulico no es debido al pavimento en particular sino a errores en los procesos constructivos.

La comparación de los diferentes costos entre el concreto hidráulico y el concreto asfáltico puede ser definida de la siguiente forma:

COSTOS/PAVIMENTOS	CONCRETO HIDRÁULICO	CONCRETO ASFÁLTICO
INICIAL	<i>ALTO</i>	<i>ALTO</i>
OPERACIÓN	<i>REGULAR</i>	<i>REGULAR</i>
MANTENIMIENTO	<i>MUY BAJO</i>	<i>ALTO</i>
USUARIOS	<i>BAJO</i>	<i>ALTO</i>

Cuadro 4. Comparación de Costos en Pavimentos





3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

En México, se construyen cada vez más caminos con pavimento de concreto hidráulico debido a las ventajas que tiene en cuanto a nivel de servicio comparado con el concreto asfáltico.

El nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas de la carretera y cómo las perciben los conductores. Se han encontrado algunos patrones para poder medir el nivel de servicio, como lo son: distancias de frenado, coeficientes de fricción, visibilidad, etc.



Ilustración 6. Carretera en Operación

Los niveles de servicio se dividen en seis categorías desde la A hasta la F, que representan el total de condiciones de manejo, desde la mejor hasta la peor, en ese orden. Los niveles de servicio miden cualitativamente el efecto de factores como el tiempo de viaje, la velocidad, el costo y la libertad de maniobra, los que en combinación con otros factores, determinan el tipo de servicio que una instalación proporciona al usuario bajo las condiciones establecidas.



Actualmente no se tienen especificaciones técnicas en cuanto al tipo de pavimento deseable u óptimo para implementar Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) sin embargo, debido a que uno de los propósitos de los ITS es eficientar el flujo de vehículos comerciales, de pasajeros y de carga, es decir, vehículos de gran tonelaje, es deseable llevar a cabo la implementación de ITS en caminos con concreto hidráulico debido a las ventajas que tiene éste en cuanto a resistencia y nivel de servicio.

3.8 Tránsito

Conocer las características del tránsito que utiliza o utilizará un camino en operación o que se habrá de construir, es vital para el proyecto carretero ya que por una vía terrestre pueden transitar con cierta facilidad una cantidad determinada de vehículos de diferentes tipos, con cargas distintas que son transmitidas a la estructura de diversas maneras.

3.8.1 Características

Las características del tránsito deben ser conocidas, ya que esto será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en la selección e implantación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte. Las características que se deben de tomar en cuenta son: el tránsito, la velocidad, el tiempo de recorrido, el volumen y la densidad. De igual forma se tiene que contemplar los siguientes datos:



- Tránsito diario promedio anual (TDPA)
- Tránsito en el carril de diseño
- Composición del tránsito por tipos de vehículos
- Peso de los vehículos cargados y vacíos
- Número y posición de ejes y llantas
- Incremento anual de tránsito
- Número de vehículos o de ejes que transitarán por el camino durante su vida útil

Particularmente para la implementación ITS es importante saber el peso permitido de los vehículos, en un tramo carretero en específico, ya que de esta forma se puede regular el paso a aquellos vehículos que cumplan las especificaciones en cuanto a tonelaje y así evitar el deterioro del pavimento que se traduciría en un aumento en los costos de mantenimiento.

3.8.2 Volumen

Al proyectar una carretera es fundamental conocer el volumen de tránsito de la misma, es decir, la demanda que circulará en un intervalo de tiempo dado, su tasa de crecimiento y su composición.

El volumen de tránsito se define como el número de vehículos que pasan por un punto a lo largo de una carretera o de un carril durante un periodo determinado de tiempo.

Conocer los datos del volumen es importante en la implementación de ITS, ya que a partir de este dato se puede determinar el universo de vehículos a los cuales los ITS deberán servir en una carretera determinada para hacerla más eficiente y segura.



Se expresa como:

$$Q = N / T$$

Donde:

Q = Vehículos que pasan por unidad de tiempo

N = Número total de vehículos que pasan

T = Período de tiempo determinado

Es importante tener datos exactos sobre los volúmenes de tránsito para el correcto funcionamiento del camino, ya que de lo contrario se pueden tener volúmenes muy bajos respecto a los esperados o bien tan altos que provoquen congestionamientos. Los estudios sobre volúmenes tienen como finalidad obtener información relacionada con el movimiento de vehículos sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial.

Evidentemente, no es posible efectuar conteos de forma continua a lo largo de los tramos de un sistema de carreteras durante los 365 días del año, por lo tanto, los valores del tránsito promedio diario se basan en muestreos estadísticos.

Por lo tanto, es fundamental en la planeación y operación de la circulación vehicular, conocer las variaciones periódicas de los volúmenes de tránsito dentro de las horas de máxima demanda, durante el día, semanas y meses del año, inclusive es importante conocer las variaciones de los volúmenes de tránsito en función de su distribución por carriles, su distribución direccional y su composición.



3. ASPECTOS RELEVANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

El volumen de tránsito futuro se basa no solo en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del volumen de tránsito como se puede apreciar en la siguiente expresión:

$$TF = TA + IT$$

Donde:

TF = Tránsito Futuro

TA = Tránsito Actual

IT = Incremento del Tránsito

El Tránsito Actual (TA) es el volumen de tránsito que usa la carretera en el momento en el momento de quedar completamente en servicio.

El Incremento de Tránsito (IT) es el volumen de tránsito que se espera use la carretera en el año futuro seleccionado como de proyecto.



Ilustración 7. Tránsito en Carreteras



3.8.3 Densidad

La densidad de tránsito, también llamada concentración de tránsito, se define como el número promedio de vehículos que ocupan una unidad de longitud de la carretera en un momento dado. Por lo general se expresa en vehículos por kilómetro.



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

4.1 Red Nacional de Carreteras

México cuenta con un vasto sistema de transporte en el que resulta claro el amplio predominio del modo carretero en comparación con otros medios de transporte. Ello se explica primordialmente por sus grandes ventajas, como gran accesibilidad, mayor rapidez, amplia cobertura en todo el país, entre otras.

La red carretera nacional se ha desarrollado de manera gradual a lo largo de varias décadas; comunica hoy gran parte de las regiones y comunidades del país, aunque persiste un importante rezago.

En 1998, la red nacional de carreteras había alcanzado una longitud total de 322,857 kilómetros y para finales del año 2000, la red carretera nacional tenía una longitud total de 333,247.1 kilómetros, de los cuales 106,571.5 corresponden a carreteras libres, 5,933.1 a autopistas de cuota, 160,185.1 a caminos rurales y alimentadores y 60,557.4 a brechas¹⁵.

Esta red está integrada por carreteras libres, atendidas por los gobiernos federal y estatal; carreteras de cuota, a cargo del organismo descentralizado Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos (CAPUFE), concesionadas y otras de jurisdicción estatal, así como caminos rurales y brechas, cuya atención corresponde a los gobiernos estatales.

De las carreteras libres, 41,865.8 kilómetros pertenecen a la red federal, mientras que 64,705.7 están distribuidos entre las 31 redes estatales.

¹⁵ www.sct.gob.mx, Programa Nacional de Carreteras 1995-2000



Por lo que se refiere a las autopistas de cuota, la red operada por CAPUFE, integrada por su red propia y la que opera por cuenta de terceros, incluida la red del Fideicomiso de Apoyo para el Rescate de Autopistas Concesionadas (FARAC), tiene una longitud de 4,714.7 kilómetros, las concesionadas a particulares cuentan con 786 kilómetros y 432.4 son concesiones estatales de cuota. Los caminos rurales en su gran mayoría se han transferido a los gobiernos de los estados, por lo que la SCT sólo mantiene la jurisdicción directa de 4,596.9 kilómetros.

El total de caminos rurales a cargo de los estados suma 108,530.2 kilómetros, mientras que el total que es responsabilidad de municipios y otras dependencias es de 47,058 kilómetros. Las brechas se reparten en todo el país y suman 60,557.4 kilómetros

Es importante señalar que de acuerdo a la experiencia internacional los Sistemas Inteligentes de Transporte ITS son susceptibles de ser implementados en cualquier tipo de carretera atendiendo a las necesidades particulares de las poblaciones que conecten o comuniquen a las mismas. Por ejemplo, si se tiene un camino tipo brecha cuya finalidad simplemente es comunicar una pequeña localidad con otras poblaciones, se podría proponer un sistema de monitoreo continuo con la finalidad de aumentar la seguridad en el camino; por otro lado, si se tiene un camino cuyos principales usuarios son viajeros con propósitos recreativos (turismo) se puede instalar, por ejemplo, kioscos informativos con la finalidad de proveer al usuario información en tiempo real sobre condiciones climatológicas, condiciones en la ruta, entre otras funciones.

De ahí que la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) también deben de atender necesidades particulares de las poblaciones a las cuales se quiere beneficiar con dicha implementación, es por eso que en el



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

Capítulo 2 se mencionó que en la Arquitectura Nacional ITS se contemplan las Arquitecturas regionales para tener un panorama global de las necesidades de estas tecnologías.

LONGITUD DE LA RED CARRETERA EN EL AÑO 2000	
CARACTERÍSTICAS	LONGITUD (km)
Red Federal	47,366.5
Cuota	5,500.7
Libre	41,865.8
Redes Estatales	65,138.1
Cuota	432.4
Libre	64,705.7
Red de Caminos Rurales	160,185.1
SCT	4,596.9
Estados	108,530.2
Otros	47,058
Brechas Mejoradas	60,557.4
TOTAL	333,271.1

Cuadro 5. Longitud de las Carreteras por tipo de Camino¹⁶

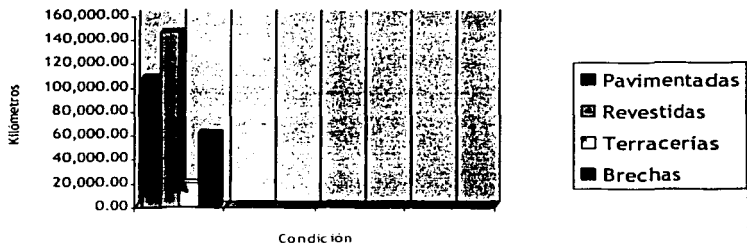
La clasificación e integración de estos grupos de carreteras, que conforman la red nacional, considera el tipo de operación libre o de cuota, las características geométricas, los volúmenes de tránsito y su función en el transporte de carga y de personas, así como su papel de impulsoras del desarrollo

¹⁶ www.sct.gob.mx



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

económico local, regional o nacional, ampliando así el criterio tradicional de definir el régimen de las carreteras con base en el origen de los recursos utilizados para su construcción, conservación y vigilancia. Del total de kilómetros en servicio, 107,822.4 están pavimentados, 145,350 corresponden a carreteras revestidas, 19,517.3 son de terracerías y 60,557.4 son brechas. Entre los caminos pavimentados, una longitud de 9,872.6 kilómetros (9.2 por ciento del total) tiene cuatro o más carriles. En la siguiente tabla se puede apreciar lo anterior:



Gráfica 1. Condición de las Carreteras¹⁷

Los principales aspectos de la problemática de la red federal de carreteras son el deficiente estado físico en que se encuentra, las limitaciones geométricas y de capacidad de una longitud importante de los corredores que constituyen sus tramos más utilizados, la todavía insuficiente cobertura, el mal estado de los caminos rurales y la necesidad de consolidar el funcionamiento del sistema

¹⁷ Idem



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

nacional de autopistas de cuota, tanto en lo que se refiere a sus aspectos financieros como a cuestiones operativas, de modernización y conservación.

En la actualidad, las condiciones físicas en que se encuentra la red federal de carreteras se clasifican de esta manera:

- 25% Buenas
- 35% Regulares
- 40% Malas

Sin embargo e independientemente del esfuerzo que se realiza, los montos de inversión que históricamente se han canalizado a la conservación de carreteras no resultan suficientes para superar todos los rezagos y lograr que la red federal no tenga caminos en mal estado.

Dados los volúmenes de tránsito que utiliza esa red y las especificaciones con las que cuenta, se observa que, en promedio, el 60 por ciento de su longitud funciona en condiciones que oscilan entre buenas y óptimas. Por su parte, un 30 por ciento presenta condiciones regulares en términos de capacidad, y alrededor del 10 por ciento opera cerca de la saturación. En esos tramos se presentan problemas de congestión, y los costos de operación de los vehículos así como los costos de los usuarios resultan más elevados que en el resto.

Uno de los elementos más importantes de la Red Carretera Nacional lo constituye los corredores que conectan a las cinco mesorregiones con las que cuenta el país y que proporcionan acceso y comunicación permanente a las principales ciudades, fronteras y puertos marítimos.

La longitud de estos corredores, que atienden poco más del 54 por ciento de los flujos carreteros interregionales, es de 19,263 kilómetros. Actualmente se encuentran en un proceso de modernización total, mismo que, hasta el año 2000,



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

había avanzado en un 60.8 por ciento, lo que equivale a 11,714 kilómetros. Así, se encuentran pendientes de modernizar otros 7,549 kilómetros, es decir, el 39.2 por ciento de su longitud.

En los programas de modernización de las carreteras nacionales se contempla la implementación de tecnología ITS, principalmente en los principales corredores y ejes troncales del país. La estrategia de inversión en carreteras del Gobierno Federal se enfoca a la Red Básica, debido a su importancia para el crecimiento y desarrollo del país. Dentro de ella, "los 10 ejes troncales merecen especial atención"¹⁸.

Estos ejes están integrados por carreteras que soportan un alto volumen vehicular y que, por ello, concentran un elevado porcentaje de la carga y de los pasajeros que se movilizan entre los centros productores y consumidores del país, por lo que tienen una alta jerarquía política y social.

Uno de los componentes más importantes de la red básica nacional lo constituye el conjunto de los diez ejes troncales principales, que suman una longitud total de 15,831 kilómetros, sin duplicar los tramos que comparten entre ellos. Esta longitud representa cerca del 56 por ciento de la red básica nacional de ahí la importancia de mantenerla y modernizarla constantemente¹⁹.

Los diez ejes están integrados por vías que comunican las principales zonas de producción industrial y agropecuaria y los centros urbanos y turísticos más importantes del territorio nacional.

¹⁸ www.sct.gob.mx. Imagen Objetivo para el Periodo 2001-2010, SCT

¹⁹ www.sct.gob.mx. Identificación y Jerarquía de los 10 Ejes Troncales Principales, Programa Nacional de Carreteras 1995-2000, SCT

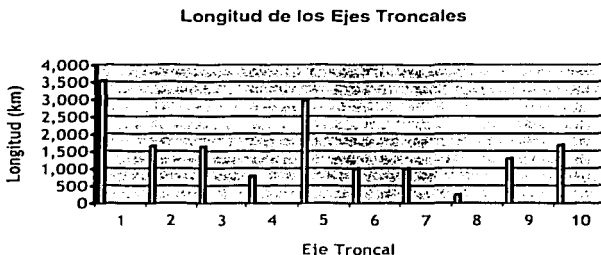


Cada uno de los ejes troncales se ha denominado según sus puntos extremos, y algunos incluyen ramales de gran importancia nacional, que en conjunto aseguran su cobertura de la mayor parte del territorio nacional.

Los diez ejes troncales principales son:

1. México-Nogales, con ramales a Lázaro Cárdenas, Acapulco y Tijuana
2. México-Nuevo Laredo, con ramales a Piedras Negras
3. Querétaro-Ciudad Juárez
4. Acapulco-Tuxpan
5. México-Cancún-Chetumal con ramales a Oaxaca y Chiapas
6. Mazatlán-Matamoros
7. Manzanillo-Tampico
8. Veracruz-Acapulco
9. Veracruz-Monterrey con ramal a Matamoros
10. Tijuana-Cabo San Lucas

Dada la importancia que tiene para la economía nacional cada uno de estos ejes troncales, se propone que las tecnologías ITS sean aplicadas a alguno de estos ejes troncales, por ejemplo, a alguno que conecte con el puerto de Veracruz debido a que es el principal puerto del país y que se desplazan una gran cantidad de toneladas de carga desde ese lugar hasta las principales ciudades del país.



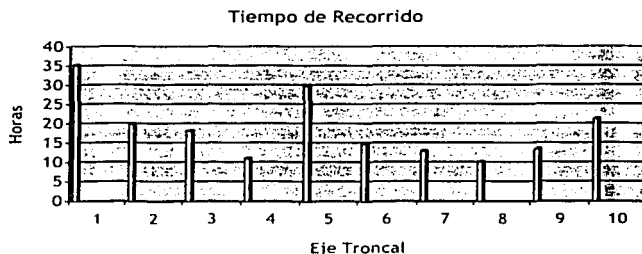
Gráfica 2. Longitud de los Ejes Troncales⁴⁰

El hecho de que los ejes se integren con las vías de comunicación más importantes del país, obliga a que sus tramos cuenten con altas especificaciones en toda su longitud, siendo también necesario que ofrezcan continuidad en la circulación.

Por ello, la implementación de tecnologías ITS se pretende realizar en algunos de estos tramos, dada su importancia para el desarrollo económico del país.

Ofrecer las características señaladas en todos los tramos que conforman los ejes troncales de la comunicación nacional, es fundamental para asegurar que tengan los menores costos y tiempos de recorrido y altos niveles de seguridad y confiabilidad de la operación, puesto que las carreteras de altas especificaciones contribuyen a mejorar la competitividad de la economía nacional y son un instrumento fundamental para el desarrollo integral de México y éste es justamente el objetivo de los Sistemas Inteligentes de Transporte ITS en las carreteras nacionales.

⁴⁰ www.sct.gob.mx

Gráfica 3. Tiempo Promedio de Recorrido en los Ejes Troncales²¹

Si bien la red carretera nacional posee una importancia de primer orden para nuestro país, que se destaca en el mundo por su vocación caminera, tanto la vastedad del territorio nacional como las crónicas limitaciones presupuestales que ha padecido este sector a lo largo de varios años y otros factores, inciden en una u otra medida en el hecho de que México posea una densidad carretera (es decir, la longitud de carreteras por kilómetro cuadrado de territorio) relativamente baja, respecto a otros países. En el siguiente cuadro se muestra una comparación entre la densidad carretera de México con respecto a otros países:

COMPARATIVO INTERNACIONAL DE DENSIDAD CARRETERA (longitud de carreteras por kilómetro cuadrado de territorio)							
México	E.U.	Canadá	Francia	Alemania	Italia	Japón	Reino Unido
0.14	0.64	0.10	1.62	1.77	1.04	3.04	1.61

Cuadro 6. Comparación Internacional de Densidad Carretera²²²¹ Idem²² Idem

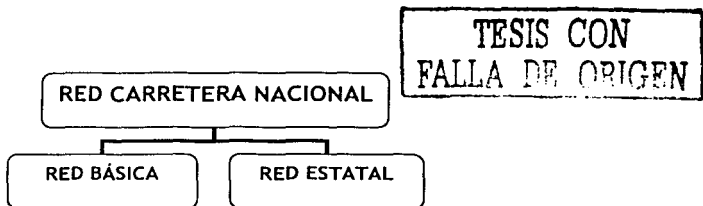


Como se puede observar, la situación de la red carretera nacional es compleja ya que por un lado es el principal modo de transporte del país y que contribuye en gran medida a la economía nacional, pero por otro lado existen algunas deficiencias en la red carretera que merman el desarrollo de este sector.

De ahí la importancia que tienen los Sistemas Inteligentes de Transporte ITS para ayudar a tener niveles de competencia altos mediante la eficiencia de los flujos y de la seguridad en las carreteras.

4.1.2 Clasificación

Las redes de caminos existentes se clasifican en diferentes grupos según su importancia; se han definido dos grandes tipos de redes de infraestructura carretera en México, estos son:



Cuadro 7. Clasificación de Carreteras

La Red Básica está integrada por las carreteras federales libres de importancia nacional, las que están a cargo de CAPUFE y las carreteras de cuota



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

concesionadas; en tanto que la Red Estatal está integrada por las carreteras estatales, federales de importancia regional o estatal y los caminos rurales. Para identificar las carreteras o tramos federales pertenecientes a la red básica nacional, se toma como criterio que esta red, como conjunto, debe asegurar la comunicación directa entre entidades federativas, sirviendo también a litorales y fronteras, enlazando a las capitales de los estados y a los principales puertos marítimos y fronterizos; además, los tramos de la red básica deben dar continuidad a los flujos que circulan por los ejes troncales nacionales, por lo que soportan los mayores volúmenes de tránsito, con una elevada presencia de vehículos pesados.

La aplicación de los criterios anteriores permitió identificar un conjunto de tramos y carreteras cuya longitud total es de 28,284 kilómetros, de los cuales 22,744 kilómetros corresponden a la Red Federal Libre y 5,540 kilómetros son autopistas de cuota. Estos tramos conforman la red básica de la infraestructura carretera nacional.

La red federal de carreteras es atendida en su totalidad por el gobierno federal. Registra la mayor parte de los desplazamientos de pasajeros y carga entre ciudades y canaliza los recorridos de largo itinerario, los relacionados con el comercio exterior y los producidos por los sectores más dinámicos de la economía nacional.

Las redes estatales cumplen una función de gran relevancia para la comunicación regional, para entazar las zonas de producción agrícola y ganadera y para asegurar la integración de extensas áreas en diversas regiones del país.

Por su parte, los caminos rurales y las brechas mejoradas son vías modestas y en general no pavimentadas; su valor es más social que económico, pues proporcionan acceso a comunidades pequeñas que de otra manera estarían



aisladas, sin embargo, su efecto en las actividades y la calidad de vida de esas mismas comunidades es de gran trascendencia.

4.2 Características del Tráfico en las Carreteras Nacionales

En las carreteras nacionales circulan primordialmente vehículos de carga y de pasajeros pertenecientes al autotransporte federal así como vehículos particulares. De los más de 330,000 kilómetros, de longitud total de la red nacional de carreteras, aproximadamente 42,000 kilómetros conforman la Red Federal Libre de Peaje, de éstos, el 57% tiene más de 30 años de servicio y sólo el 14% tiene menos de 15 años. Esto indica que la red mexicana fue diseñada y construida utilizando normas y técnicas que en la actualidad ya han sido superadas por las cargas de diseño autorizadas y por el incremento en el número de vehículos que circula actualmente.

Si se considera que en México el transporte carretero es el medio más importante debido al considerable número de pasajeros y carga que son movilizadas a lo largo del territorio nacional, se comprende la importancia estratégica que tiene para la economía del país la conservación de su infraestructura carretera y la necesidad de incrementar su longitud.

Cabe señalar que el 30% de la longitud de la red federal soporta tránsitos diarios de más de 5,000 vehículos y el 21% tiene problemas de capacidad para atender sus tránsitos en condiciones óptimas de seguridad y economía, ya que durante los últimos 10 años la carga transportada por carretera en México se ha incrementado en un 27.4% y los pesos autorizados de los vehículos han crecido de manera importante, al pasar de 34 toneladas en 1960 a 66.5 en 1999. Asimismo, en el periodo de 1989 a 1999 los pasajeros transportados por carretera se han incrementado en un 44%.



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

El estado actual de la red federal requiere mejoramientos sustanciales para soportar el crecimiento de los volúmenes y de las cargas unitarias del tránsito, que se han producido como consecuencia del Tratado de Libre Comercio entre México, Canadá y los Estados Unidos.

Por su vínculo directo e indirecto con la mayor parte de las ramas industriales y comerciales, el autotransporte federal representa un factor estratégico para la actividad económica del país, al tiempo que genera alrededor de 3.5 millones de empleos entre directos e indirectos.

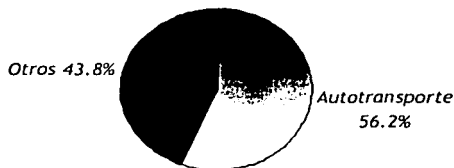
El autotransporte constituye el modo de transporte más importante del país: mueve aproximadamente el 56 por ciento de la carga y 98 por ciento del pasaje y el turismo. Esto indica que es fundamental mantener una política constante de mantenimiento y modernización de las carreteras nacionales.

Al cierre del año 2000 se contaba con una flota vehicular cercana a los 452 mil vehículos, de los cuales cerca de 57 mil corresponden al transporte de pasajeros y alrededor de 395 mil al de carga.

Para el año 2000 se comprobó una vez más la importancia que tiene el autotransporte ya que en ese año se transportaron 2 millones 660 mil personas y 413 millones de toneladas de carga.



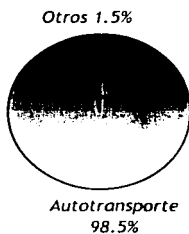
Porcentaje de Carga Total Transportada por el Autotransporte Federal en el Año 2000



Gráfica 4. Porcentaje de Carga Transportada²³

Por la forma en que están organizados, los prestadores del servicio de pasajeros son, en su mayoría empresas; en el caso del autotransporte de carga, aproximadamente el 55 por ciento está constituido por microempresas y *hombres-camión* (conductores y al mismo tiempo propietarios de la unidad).

Porcentaje de Pasajeros Transportados por el Autotransporte Federal en el Año 2000



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Gráfica 5. Porcentaje de Pasajeros Transportados²⁴

²³ Idem

²⁴ Idem



Los vehículos utilizados para prestar el servicio de transporte de pasajeros tienen una antigüedad promedio de diez años, mientras que, en el servicio de carga, la antigüedad alcanza los 17.5 años en promedio. Diseñar esquemas financieros para la renovación de la flota vehicular, incorporar unidades modernas y tecnologías de vanguardia (como lo son los sistemas ITS) son requisitos para mejorar la calidad y seguridad de los servicios y para competir en igualdad de circunstancias en el marco de los tratados comerciales de México, como es el caso del TLCAN.

El abatimiento del tránsito de vehículos irregulares que circulan por las carreteras nacionales se ha convertido en un grave problema. Pese a los diferentes esfuerzos realizados por las autoridades, principalmente en el aspecto de vigilancia y control de vehículos de gran tonelaje, un volumen importante de vehículos circula por las carreteras federales sin cumplir con la normatividad vigente, atentando contra la seguridad, deteriorando caminos y ejerciendo una clara competencia desleal contra los vehículos regulares.

El exceso en peso y dimensiones de algunas unidades son los principales problemas que se presentan en los vehículos irregulares. Estos problemas producen un grave deterioro en la infraestructura carretera y mina las condiciones de seguridad en las vías de comunicación. De ahí la urgencia de reforzar la normatividad, vigilar su cumplimiento e instalar centros de pesaje automáticos mediante tecnologías ITS.

También es por ello que la implementación de tecnologías ITS conlleva a lograr la convergencia de los aspectos de seguridad y protección a la infraestructura para que de esta manera se tienda a incrementar la productividad del autotransporte mediante una sana competencia que puede ser vigilada mediante el uso de tecnologías ITS en las casetas de la red carretera.



4.3 Tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) Utilizadas Actualmente

Actualmente es factible encontrar aplicaciones directas de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en México no solo aplicados en las carreteras sino también en ciudades y algunos puertos²⁵:

- Algunos sistemas de semaforología en las Ciudades de México, León y Guadalajara.
- El uso de tarjetas para el pago electrónico de peaje (sistema IAVE) desde 1992, en carreteras operadas por CAPUFE.
- La instalación de dispositivos para cruces prioritarios en transporte colectivo (Tren Ligero) en la Ciudad de México.
- Pantallas de señalización dinámica (en la Autopista del Sol y principales vialidades de la Ciudad de México).
- El uso de localizadores satelitales (GPS) en algunas flotillas de transportistas privados.
- La aplicación de sistemas digitalizados para la navegación (GIS).

A pesar de los sistemas señalados anteriormente, continúa existiendo una grave deficiencia en cuanto a la aplicación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en México, a diferencia de otros países que han visto como los beneficios de estas tecnologías ayudan a elevar los niveles de eficiencia, operatividad y seguridad en los diferentes medios de transporte, particularmente el carretero.

²⁵ Jose Lobaco Amaya. Op. Cit. pag.8



4.3.1 Sistema IAVE

El Sistema de Identificación Automática Vehicular (IAVE) opera desde hace unos años en México; es un medio eficaz de pago electrónico de peaje en las casetas de cuota de Caminos y Puentes²⁶, sin necesidad de pagar en efectivo y es un sistema similar al utilizado en varias carreteras a nivel mundial.

La tarjeta IAVE funciona por medio de señales electrónicas que son leídas por el sistema cada vez que se cruza por alguna de las casetas de cuota. El vehículo cuenta con un transponder que funciona como base de datos al tener información sobre el saldo que resta. Dicho sistema le abre paso automáticamente al vehículo, registrando la fecha, la hora y la dirección de cruce.

4.3.2 Señalización Dinámica

Son señales que tienen por objeto informar a los conductores de vehículos sobre diferentes situaciones que atañen directamente a la circulación vehicular. Su característica fundamental es mostrar versatilidad ante circunstancias diversas por medio de indicaciones generadas por elementos luminosos. Se instalan principalmente en vialidades que cuentan con carriles reversibles y en lugares donde constantemente se generan cambios en la circulación vehicular, ya sea por las características propias de la vialidad, por diferentes desvíos en áreas de trabajo o de conservaciones.

²⁶ www.capufe.gob.mx



Las señales dinámicas tienen tres funciones primordiales:

1. Regular el uso de carriles.
2. Controlar los límites de velocidad.
3. Información general.

4.3.2 Sistemas de Posicionamiento

Un sistema de posicionamiento (geográfico) es un arreglo en el que intervienen transmisores, receptores e información que permiten ubicar un ente en un determinado sistema de coordenadas de referencia²⁷.

El sistema más común es el GPS (Global Positioning System), este sistema de posicionamiento global permite dar coordenadas de donde esta el dispositivo o receptor instalado en el vehículo.

Funciona mediante referencias en el cielo (satélites), los cuales transmiten ciertas frecuencias hacia la tierra, el receptor en tierra (que es el que puede traer un trailer por ejemplo), detecta al menos cuatro señales que provienen de cuatro satélites y este receptor manda las coordenadas de su ubicación.

En México varias flotillas de transportistas utilizan estos sistemas con fines de seguridad y de control ya que además estos sistemas en combinación con otros tienen la capacidad de determinar en tiempo real otros aspectos tales como velocidades del vehículo e inclusive las paradas que realiza el mismo a lo largo de su recorrido.

²⁷ Elizabeth Chávez Fonseca. Estudio de los Sistemas de Posicionamiento en el Transporte. Pág. 26



4. SITUACIÓN ACTUAL DE LA RED CARRETERA NACIONAL

Desde hace algunos años, y actualmente es una tendencia cada vez mayor, algunos vehículos particulares en México, utilizan sistemas GPS por motivos de seguridad específicamente para localizar los vehículos robados.

Los sistemas de posicionamiento satelital también tienen aplicaciones en otros medios de transporte, principalmente en el marítimo y el aéreo.



5. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) EN LAS CARRETERAS NACIONALES

5.1 Justificación

El uso y aplicación de tecnología ITS resulta sumamente conveniente dadas las demandas y características actuales del transporte, basadas en los requerimientos y necesidades tanto de usuarios directos como de la sociedad en general; además, es impostergable su implementación dados los avances tecnológicos de los últimos años, así como las condiciones imperantes de la globalización económica. Para que ITS cumpla con su papel como herramienta de progreso nacional, resulta necesaria la definición previa del desarrollo y evolución de los sistemas de transporte, especialmente del modo terrestre; así como la adecuada selección de la tecnología extranjera que sea conveniente adquirir, con base en la aplicación y utilización prioritaria de tecnología nacional, así como la participación de técnicos y profesionistas mexicanos.

En nuestro país se han comenzado a utilizar de manera incipiente diversas tecnologías ITS; considerando que el objetivo fundamental de la tecnología es satisfacer las necesidades del hombre, debe de existir un compromiso entre todos los sectores del país para el desarrollo sustentable de los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS), para utilizar dicha tecnología y sus avances en beneficio de la humanidad y de la sociedad.

Es imposible detener el vertiginoso avance y desarrollo de la sociedad actual, es innegable afrontar el reto continuo que la sociedad demanda, como lo es la diversidad de elementos para la satisfacción de bienes y servicios; tanto las grandes compañías motoras de la economía, como todos y cada uno de los



mexicanos requieren satisfactorios, como es el transporte, aún en las regiones más recónditas y menos favorecidas en nuestro país.

El uso racional y eficiente de la tecnología representa el fundamento decisivo para el desarrollo y ejecución de proyectos en el corto y mediano plazos, en carreteras y vialidades de las principales ciudades y poblaciones de nuestro país.

El Sistema Nacional de Carreteras sigue consolidándose como el principal medio para el desplazamiento de personas y bienes a través de todo el país, constituyéndose además como el instrumento primordial para su integración social, económica y cultural. La estadística del transporte demuestra la importante participación del sistema carretero, en la agilización de las cadenas de producción y distribución de mercancías en el territorio nacional, así como en la atención de las actividades de exportación y del turismo. Por su parte, la red de carreteras alimentadoras permite completar las cadenas e integrar a las localidades rurales, propiciando su desarrollo.

De ahí la importancia que tienen los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en nuestro país, ya que actúan como fuerza motriz dentro del marco de modernización del país y como principales elementos en el esquema de competencia en el que México se encuentra sumergido a partir de los diferentes tratados comerciales suscritos, en particular el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN).

En la medida en que la red carretera opere en condiciones más favorables de fluidez y de seguridad del tránsito, aumentará su capacidad de proporcionar un transporte eficiente, con los consecuentes beneficios para la nación. Se debe de buscar que México vaya de la mano en los constantes avances tecnológicos en materia de ITS ya que el desarrollo sustentable de la economía nacional depende



en gran parte de lograr ésto. Se debe de contar con un Sistema Carretero a la vanguardia en donde los flujos vehiculares sean cada vez más rápidos y constantes y que la infraestructura carretera cuente con sistemas que permitan tener un alto nivel en materia de seguridad, para que de esta forma pueda México competir en el marco de la globalización

Beneficios

Es obvio que se obtienen muchos beneficios de las mejoras realizadas en las carreteras y en el transporte en carreteras mejoradas. Algunos de estos beneficios son directos y fácilmente identificables; otros son indirectos de más difícil comprensión. Para una mejor comprensión se puede expresar lo siguiente: los beneficios directos, resultan de reducir los costos de los usuarios y los beneficios indirectos, se incluyen aquellos beneficios a las propiedades adyacentes y al público en general.

La implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) conlleva a obtener ambos tipos de beneficios ya que la reducción de accidentes, flujos vehiculares más rápidos así como tener una respuesta inmediata ante cualquier emergencia, se traducen en una disminución en los costos de los usuarios de manera directa y tangible.

Por otro lado, enlazar con más facilidad comunidades, tener acceso de manera rápida y segura a los principales centros económicos del país y mitigar efectos ambientales, se traducen en beneficios indirectos.



5.2 Variables que Inciden en la Implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS)

La implementación de tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en cualquier proyecto, conlleva a tomar en consideración diversos aspectos que inciden de manera directa (y muchas veces determinante) en el desarrollo y éxito en dicha aplicación de ITS.

Como se mencionó en el Capítulo 1, es necesario desarrollar una colaboración intersectorial para el constante crecimiento de ITS en México (Sector Público, Sector Privado y Sector Académico).

Sin embargo, existen algunas otras variables, aspectos claves en los proyectos de ITS que deben de ser considerados al llevar a cabo un proyecto de ITS, estas variables pueden diferir de aquellas que se consideran en otros países, pero para efectos de México estas variables son:

- Aspectos Políticos
- Aspectos Jurídicos
- Aspectos Socio-Culturales

De igual forma es necesario realizar un análisis sobre lo que se puede y espera obtener de aplicar las tecnologías ITS, es decir, analizar la viabilidad y rentabilidad de implementar Sistemas Inteligentes de Transporte. Es necesario realizar un estudio en donde se determinen dos aspectos²⁸:

1. Aspectos Metodológicos
2. Aspectos Técnicos

²⁸ Marvin Fair L. Economics of Transportation and Logistics. pág 46



5.2.1 Aspectos Metodológicos

Los aspectos metodológicos son aquellos que nos permiten definir el contexto en que los ITS serán aplicados, es decir, se refieren al análisis que se debe de hacer respecto a los efectos directos e indirectos en una implementación ITS. Se ubican los siguientes retos metodológicos:

- Horizonte de Tiempo, es decir, determinar el periodo de tiempo aproximado en el que un proyecto de ITS tendrá continuidad, considerando para ello aspectos políticos y económicos principalmente.
- Visión, es decir, desarrollar los posibles escenarios a futuro, con el fin de hacer las consideraciones necesarias para cada uno de ellos en materia de proyectos ITS.
- Modelos de Estimación de Demanda, es decir, mediante programas computacionales realizar modelos de demanda futura en las carreteras y de esta forma determinar la factibilidad de los ITS en ese proyecto en específico.
- Regiones Económicas Funcionales, es decir, ubicar de manera directa y objetiva las regiones en donde por sus características geográficas, económicas y sociales son mayormente susceptibles de tener los beneficios de los ITS.
- Exactitud, es decir, tomar en cuenta que a pesar de la gran precisión que nos ofrece el realizar modelos de transporte, se debe de considerar que pueden presentarse variables que afecten el modelo por lo que se deben de aplicar varios escenarios y de ellos elegir al mejor.



5.2.2 Aspectos Técnicos

Son aquellos que nos llevan a determinar la relación costo-beneficio real del proyecto ITS. En cualquier proyecto se debe de realizar un análisis de este tipo, particularmente en los proyectos de ITS se acentúan aún más los beneficios tanto económicos como sociales. Los aspectos a considerar son:

- Seguridad, es decir, al implementar ITS se presume una reducción del tráfico vehicular por lo tanto, de igual forma existe una reducción de accidentes.
- Capacidad y Movilidad, es decir, el grado en el que se conseguirá mitigar las congestiones vehiculares y los beneficios conseguidos en la aplicación del proyecto. Estos conceptos son objetivos fundamentales en cualquier proyecto de sistemas de transporte.
- Costos de Construcción e Instalación, es decir, realizar un estudio en el que se presenten los principales costos que se generarán en la infraestructura, mantenimiento y en las operaciones del proyecto.
- Económicos, es decir, analizar el impacto económico que se tendrá en términos de empleos generados, ingresos y mermas. De igual forma, determinar el grado en que el proyecto beneficiará tanto a las economías estatales como a la economía nacional.
- Aspectos Fiscales, es decir, el papel que ejercerán las entidades gubernamentales en materia de recaudación. Determinar que estímulos fiscales se generan a los participantes de éstos proyectos. Establecer la forma en que se coordinarán los gobiernos federales y estatales para gravar el proyecto.
- Consecuencias Ambientales, es decir, analizar uno de los principales aspectos indirectos pero de gran importancia. Determinar que efectos en el medio ambiente se generarán durante el desarrollo del proyecto y la forma en que una vez que este funcionando, los beneficios en materia de medio ambiente que se obtendrán.



5.3 Propuesta de Aplicación

Es evidente que la implementación de Sistemas Inteligentes de Transporte en México no es de ninguna manera tarea sencilla dadas las condiciones económicas, sociales y culturales del país; de las condiciones mencionadas anteriormente, probablemente el aspecto económico sea el más complejo.

En este trabajo se propone la implementación de la tecnología a partir de la identificación de las necesidades prioritarias en las carreteras nacionales, particularmente en los ejes troncales debido a su importancia para la economía del país, es decir, no se incluye una propuesta de esquema de inversión ni un análisis de costos, ya que la finalidad es introducir al lector de este trabajo de investigación al mundo de los Sistemas Inteligentes de Transporte y a una aplicación tangible de los mismos.

Sin embargo, la fuente de recursos para la implementación ITS se identifica que sea en base a la participación de la iniciativa privada a modo de concesión como se realiza actualmente en algunos tramos de las carreteras nacionales, de hecho la SCT en su programa de inversión para los años 1999-2000-2010 tiene contemplado la modernización de los principales ejes troncales incluyendo tecnologías ITS.

A partir de un análisis a fondo de las tecnologías ITS actuales y cuya aplicación se ha llevado con éxito en otros países así como de las necesidades actuales en la Red Carretera Nacional, se ha determinado proponer la implementación de tecnologías ITS en cuatro aspectos:



1. Sistemas para el Vehículo
2. Sistemas para el Usuario
3. Sistemas para la Vía
4. Sistemas Integrados

Se debe de recordar que los objetivos fundamentales en la aplicación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en las carreteras nacionales son los siguientes:

- Eficientar el flujo carretero
- La disminución de ocurrencia de accidentes.
- El control y pronta rehabilitación del sistema en caso de interrupción.
- La atención oportuna y eficiente de las víctimas de accidentes.

5.3.1 Sistemas para el Vehículo

Como se mencionó en el capítulo 1, estos sistemas pertenecen a la categoría de AVCS (Sistemas Avanzados de Control Vehicular) y tienen como finalidad aplicar elementos tecnológicos en el vehículo de proveer al conductor un estado de más seguridad y comodidad. Es necesario recordar que muchos de estos sistemas tienen un *sentido futurista*, ya que en la actualidad sería imposible pensar que el total de vehículos que circulan pudieran adoptar esos sistemas o bien que los fabricantes de automóviles incluyeran en todas sus líneas de producción sistemas de esta naturaleza, es por esta razón que la propuesta de implementación en este punto va dirigida en términos generales a los transportistas de carga y de pasajeros ya que es más sencillo en un momento dado legislar respecto a este sector.



Los sistemas propuestos son los siguientes:

1. Sistemas Antibloqueo para Frenos (ABS, por sus siglas en inglés; Antilock Brakers System)

Sistema auxiliar para el frenado que evita perder el control del vehículo en caso de frenado intempestivo o de emergencia; permitiendo un mayor control de la unidad para evitar una invasión de carril, garantizando la verticalidad y el frenado uniforme de cada eje. Esto garantiza, en el caso de vehículos pesados, se evite en gran medida la volcadura de las unidades, o bien que al *colear* provoque un accidente de mayores magnitudes.

Consiste en un conjunto de dispositivos interconectados a un control central computarizado para su análisis; está conformado por válvulas reguladoras de presión que se colocan en cada rueda para activar y desactivar el mecanismo de frenado hasta 36 veces por segundo, el conductor tiene en el tablero una pantalla en donde se le informa del funcionamiento del sistema.

Estos sistemas también son utilizados por vehículos pequeños de uso particular de modelos reciente. Estos sistemas pueden combinarse con otro tipo de dispositivos. La mayoría de los vehículos del autotransporte federal utilizan este sistema de frenado al igual que algunos vehículos particulares.

2. Control de Presión de Neumáticos

Sistema automático que controla la presión de los neumáticos de los camiones, a través del cual se mantiene la presión del aire en el neumático, para prevenir la pérdida de control del vehículo.



Los sistemas actuales pueden mantener la presión de aire de hasta cuatro neumáticos de un autobús tipo de pasajeros hasta en un periodo de dos horas.



Ilustración 8. Control de Presión de Neumáticos

Este sistema se activa, automáticamente al presentarse una fuga de aire en cualquier neumático y a través de una pantalla en el tablero del conductor, indica el o los neumáticos dañados y la capacidad de compensación que tiene el sistema. Este sistema es compatible, entre otros, con ABS.

3. Sistemas de Localización Vehicular Satelital (GPS, por sus siglas en inglés: Global Position System)

Es un sistema que mediante el uso de satélites comerciales de órbitas alta o baja, permite conocer la ubicación de un receptor cada minuto, con un margen de error de 10 mts.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Actualmente, con este sistema es posible no solo llevar un control de la ubicación del vehículo, sino también llevar una bitácora de operación del vehículo, incluyendo información de: inicio de operación, rutas y distancias recorridas registro de eventos tales como periodos de aceleración, frenado, cambios bruscos de dirección, detención total del vehículo; hasta información más específica como acciones de mantenimiento, de abastecimiento de combustible, de reparaciones preventivas y correctivas, etc. Se debe de recordar que éste es una de las principales tecnologías ITS que se utilizan, principalmente en materia de seguridad, para localizar de manera rápida algún vehículo en caso de robo.

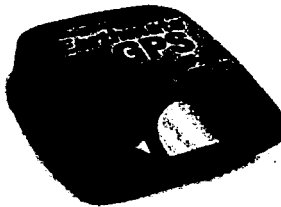


Ilustración 9. Dispositivo GPS para los Vehículos

4. Colección de Herramientas Electrónicas (ETC, por sus siglas en inglés: Electronic Tolls Collections)

Es un sistema de comunicación entre todos y cada uno de los vehículos que posean dispositivos de identificación electrónica (Transponder) y lectores instalados en las carreteras y vialidades, estos lectores enlazan la lectura de la información contenida en los transponders con la correspondiente información de las bases de datos con las cuales está conectado el sistema.



En los transponders se puede incluir la información referente a: identificación del vehículo (placa y tarjeta de circulación), características permitidas (peso y dimensiones), estado de operación (tenencia, verificación vehicular), inclusive información sobre el conductor (historial de accidentes, validación de licencia, certificado de capacitación).

Un caso específico son los ETC (Electronic Tolls Collections), dichos sistemas permiten realizar diversos tipos de operaciones comerciales, llevar un control de la carga (en su caso) y permitir la comunicación e integración de diferentes dispositivos ITS.

Los sistemas ETC, pueden ayudar a aumentar el flujo vehicular en más de un 200%, ya que tienen la capacidad de procesar los vehículos más rápido que los asistentes en las casillas de peaje. En México el sistema de pago electrónico IAVE establecido por CAPUFE maneja un sistema ETC.

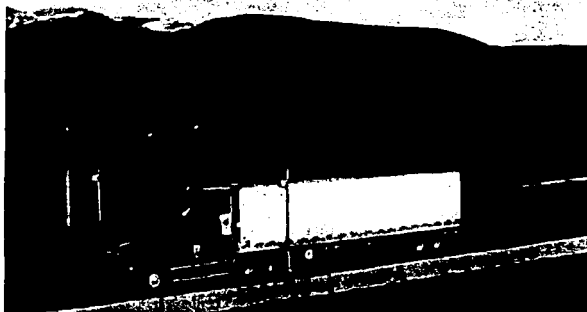


Ilustración 10. Control Automático de Peso y Dimensiones



5.3.2 Sistemas para el Usuario

Estos sistemas tienen como finalidad informar al conductor sobre las condiciones que prevalecen en la carretera con el fin de que se pueda realizar una decisión sobre la ruta más conveniente o bien que tenga conocimiento previo sobre la situación de la vialidad. Los sistemas que se propone son los siguientes:

1. Señalización Dinámica

Es un sistema que consiste en pantallas colocadas estratégicamente en algunos puntos de las carreteras y vialidades, que mediante *leds* (focos) transmiten mensajes de diferente tipo. Funcionan en conjunción con un sistema de monitoreo, un módulo central transmite los mensajes, los cuales pueden variar cada medio minuto, necesarios para informar a los conductores sobre las condiciones de tránsito, climatológicas, de infraestructura y de ocurrencia de accidentes, que se presentan en la carretera; en tal virtud el conductor podrá tomar las medidas preventivas necesarias.

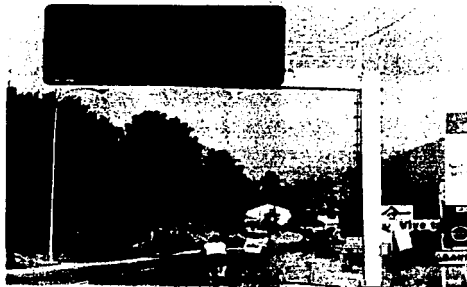


Ilustración 11. Señalización Dinámica



2. Información Meteorológica (Radiofrecuencia)

Es un sistema similar al sistema de señalización dinámica, pero en este caso los mensajes se transmiten por medio de una banda de radio de frecuencia civil (FM); es un proyecto en etapa inicial en la red carretera administrada por CAPUFE.

3. Información de Tránsito (Señalización, Obras, Incidentes, etc.)

Este sistema agrupa a los dos anteriores, poniendo especial atención a los casos en que se están realizando obras en las carreteras y vialidades, o bien donde ha acontecido algún accidente reciente.

Adicional a los mecanismos ya descritos, este sistema emplea dispositivos portátiles de fácil instalación y desinstalación cerca de los puntos donde se suscitó el accidente.

4. Kioscos Informativos

Son módulos que tienen como finalidad informar al usuario sobre condiciones climatológicas, congestionamientos, rutas alternas y situaciones de emergencia principalmente. La información puede ser imprimible y los kioscos son colocados en los principales puntos de escala en una carretera (gasolineras y casetas de peaje).



5.3.3 Sistemas para la Vía

Estos sistemas están destinados a mejorar el desempeño en el flujo vehicular de las carreteras e incrementar las medidas de seguridad mediante tecnología de punta destinada principalmente a los cuerpos de seguridad federal encargados de la seguridad en la Red Carretera Nacional.

Algunos sistemas que se utilizan en otros países con éxito y que se proponen implementar en este trabajo son:

1. Detectores de Velocidad

Estos sistemas se utilizan para detectar y controlar el exceso de velocidad de los vehículos. Existen dos clasificaciones principales:

- I. Integrados a la superficie de rodamiento; son sensores que se instalan a diferentes profundidades en la superficie de rodamiento o carpeta de concreto e inclusive sobre la misma (cinta magnética).
- II. Externos a la superficie de rodamiento; en este rubro existen dos categorías: los detectores fijos, los cuales consisten en cámaras infrarrojas digitales y los dispositivos portátiles (pistolas), los cuales pueden operar las personas encargadas de la vigilancia y control en carreteras y vialidades.

Este sistema puede complementarse con los sistemas de señalización dinámica para notificar al conductor del vehículo cuando éste exceda los límites de velocidad permitidos y así controlar la velocidad del vehículo.



2. Verificadores de Peso y Dimensiones

Es un sistema compuesto por sensores en la superficie de rodamiento y a veces con otros sistemas, mediante los cuales se verifica el peso y las dimensiones de los vehículos que transitan por la carretera.

Estos sistemas pueden instalarse en puntos estratégicos presentando las ventajas de poder monitorear hasta cuatro carriles simultáneamente, verificando todos y cada uno de los vehículos que por cada carril transiten.

La importancia de estos sistemas radica en que se tiene la posibilidad de controlar a vehículos de grandes dimensiones que circulan por tramos carreteros que tienen ciertas especificaciones en cuanto al peso y dimensión de los mismos.

3. Controladores de Distancia entre Vehículos

Es un sistema similar a los descritos anteriormente, el cual permite informar oportunamente al conductor de un vehículo a través de pantallas dinámicas y/o señales en el tablero del vehículo, cuando no mantenga la distancia prudente con el vehículo que le antecede.

Este sistema consta de sensores instalados en la infraestructura vial y/o en el vehículo; puede combinarse con otros sistemas ya descritos. Actualmente esta tecnología ITS ha tenido gran éxito en la prevención de accidentes de algunos tramos carreteros de Estados Unidos y Europa.



4. Monitoreo por Video

Es un sistema que consiste en la colocación de cámaras de video especiales, ubicadas a cada tres kilómetros de acuerdo a las características geométricas de la carretera, o bien en puntos estratégicos de acuerdo a la problemática de accidentalidad de la misma.

La información se capta en un módulo central y se utiliza de manera eficiente con otros sistemas (señalización dinámica, información meteorológica, sistemas integrados).

5.3.4 Sistemas Integrados

Estos sistemas son combinaciones de varios sistemas descritos anteriormente, adicionando en algunos casos tecnologías específicas. En estricta definición teórica a estos sistemas se les denomina comúnmente como *suprasistemas ITS*. Se proponen los siguientes suprasistemas ITS:

1. Coordinación de Cuerpos de Emergencia

Sistema que integra a todos los cuerpos de auxilio a través de un módulo de control central, para que cuando ocurre un accidente evalúe y determine las unidades de socorro de diversos organismos responsables que sean requeridas para atender el siniestro.

Este sistema permite establecer comunicación directa con tales organismos, eliminando la duplicidad de acciones y eficientando la respuesta ante la emergencia.



2. Atención pre-Hospitalaria

Optimización de la información proporcionada por varios de los sistemas descritos, con lo cual se puede dar la debida atención a las víctimas de un accidente. El objetivo es canalizar a las víctimas de accidentes a las unidades médicas adecuadas para su atención; brindando el servicio de atención médica previa al accidentado, tanto para evitar daños mayores como prepararlo para su atención médica especializada, así como también prever las condiciones necesarias en la unidad médica para recibir y atender eficientemente al accidentado. La aplicación de estos sistemas en carreteras de otros países ha tenido gran éxito ya que se ha disminuido el número de muertes gracias a una respuesta inmediata y eficiente de los cuerpos de emergencias.



Ilustración 12. Coordinación de Cuerpos de Emergencia

3. Cirugía Móvil

Consiste en aplicar los sistemas de radio y telecomunicación entre ambulancias y centros médicos hospitalarios, a efecto de poder realizar las intervenciones quirúrgicas necesarias e impostergables a las víctimas de accidentes.



Este sistema, aplicado ya en Canadá y en Estados Unidos, permite que en una sala de hospital, médicos especializados observen en pantallas las imágenes que transmiten las cámaras instaladas en los cascos de los médicos que a bordo de una ambulancia especializada, trasladan a una persona lesionada, víctima de un accidente vial, por radiofrecuencia los médicos del hospital transmiten a los médicos a bordo de la ambulancia, las instrucciones precisas para realizar una cirugía que se determine urgente, dado que con base en los síntomas que presente el lesionado, se determine que las posibilidades de llegar con vida al centro hospitalario son mínimas.

4. Control de Invasión de Ganado

Esta tecnología ITS es de gran utilidad en algunos tramos carretero, sobre todo en aquellos en los que se tiene actividad ganadera y en los que el ganado es susceptible de atravesar el camino.

Consiste en colocar un transponder en una oreja de cada cabeza de ganado y sensores colocados, en el derecho de vía, a lo largo de ciertos tramos carreteros determinados previamente como conflictivos.

Este sistema emite un choque eléctrico al momento en que detecta al transponder dentro de su radio de influencia; la conducta animal indica que habiendo experimentado el choque eléctrico en un reducido número de veces, el animal ya no intentará dirigirse hacia ese punto. Adicionalmente este sistema sirve como identificador de propiedad del ganado.



5.4 Experiencia Internacional

Existen diversos ejemplos de aplicación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) a nivel mundial, la mayoría de ellos, con gran éxito.

El programa ITS japonés ha contemplado el desarrollo de varios proyectos y ha sido pionero a nivel internacional en materia de ITS. Programas consistentes en proveer información real y actualizada al viajero sobre las condiciones del tráfico se aplican actualmente con gran éxito al igual que aquellos referentes a los Sistemas Avanzados de Control de Vehículos.

El Programa ITS Europeo ha desarrollado sistemas avanzados referentes principalmente a la seguridad vehicular en carreteras, se han desarrollado sistemas constantes de monitoreo así como algunos sistemas de información al viajero, particularmente kioskos informativos que son de gran utilidad para los usuarios.

América Latina no se ha quedado atrás en lo que se refiere a la implementación y desarrollo de ITS. En Santiago, Chile se desarrolló un sistema de control de tránsito que actualmente es uno de los más avanzados a nivel mundial.

Este sistema controla unos 1,750 semáforos, de los cuales 1,400 operan con planes de tiempo prefijados según la hora del día y 300 lo hacen con control dinámico, es decir, sus programaciones varían permanentemente de acuerdo a los flujos vehiculares existentes y finalmente unos 50 semáforos cuentan con sensores y los derechos de paso se van concediendo según la demanda puntual que se registre.



En Argentina, algunas de las carreteras han desarrollado sistemas de monitoreo con cámaras en vivo y kioscos de información que otorgan al usuario guías de viaje animadas e imprimibles.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ilustración 13. Kiosco Informativo

5.4.1 El Caso de los Estados Unidos

Como se mencionó en el Capítulo 2, conocer los desarrollos y aplicaciones en materia de ITS en los Estados Unidos resultan fundamentales para México, ya que la arquitectura de ITS en México, se desarrolla siguiendo como modelo la arquitectura estadounidense debido principalmente al intercambio comercial que se realiza entre estos países.

Algunos de los proyectos en materia de ITS desarrollados con éxito en los Estados Unidos son:



- ✓ NaviGator es un sistema inteligente de transporte del estado de Georgia. A pesar de que el objetivo principal del programa era facilitar la circulación por las carreteras de la ciudad de Atlanta a través de la distribución de información apropiada y oportuna a los conductores, posteriormente su función se ha visto incrementada. NaviGator ha sido pieza fundamental para servir como parte del programa estatal de gestión de emergencias e incidentes en carreteras mediante el uso de de redes de fibra óptica, circuito cerrado de televisión, sistemas de radio, entre otras tecnologías.

- ✓ MONITOR es el sistema de gestión de tránsito de autopistas del estado de Wisconsin para la zona metropolitana de Milwaukee. Es un instrumento que fue concebido para encarar los problemas de congestión y la vulnerabilidad ante incidentes. Este sistema utiliza detectores de vehículo, circuito cerrado de televisión, señales de mensaje variable para autopistas y radio aviso sobre las condiciones de la carretera.

5.4.2 Estudio de Caso

Estados Unidos ha desarrollado diversos programas de ITS aplicados tanto para las carreteras como para aplicaciones a nivel urbano en diferentes estados de aquel país.

Para efectos de este trabajo y su relación con el mismo se analizará un programa dedicado a alcanzar la mayor eficiencia posible en el flujo del tráfico de camiones en su paso por un tramo de carretera en el estado de Oregon, E.U.

En Oregon se han equipado veinte estaciones de pesaje con un sistema llamado *Proyecto Luz Verde*, el cual permite a los camiones equipados con



transponders, ser pesados y autorizados a su paso por las estaciones circulando a velocidad normal. El sistema de luz verde incluye balanzas de pesaje de vehículos en movimiento, lectores de identificación automática de vehículos montados en postes conectados a su vez a computadoras que son capaces de controlar el tamaño, peso, y la altura del camión. De igual forma se tiene la posibilidad de obtener datos adicionales como pueden ser la historia del conductor en relación con el registro del vehículo, pago de impuestos y seguridad. Todo esto en menos de un segundo, a un kilómetro y medio de distancia respecto a la estación de pesaje.

De abril a junio de 1999, 64,881 camioneros vieron la luz verde para su paso a medida que eran preautorizados al pasar por diez estaciones equipadas con el sistema luz verde. Considerando que se ahorran aproximadamente cinco minutos por camión al usar este método de pesaje, se tiene un ahorro total de 5,407 horas de viaje.

De enero hasta abril del 2000 se incrementó el paso de camiones a 134,352 a través de las 16 estaciones equipadas con este sistema, lo que representa un ahorro en viaje de 11,196 horas.

El estado de Oregon ha recuperado una inversión total de 25 millones de dólares y se estima que existe un ahorro anual aproximado equiparable al mismo monto de inversión.

A continuación se menciona algunos ejemplos en los que se fundamenta estos ahorros:

- Ahorros en el tiempo de viaje, lo que se traduce en costos menores de operación de camiones y consecuentemente, menores costos al consumidor.



- Ahorros en costos debido a la disminución en la necesidad de ampliar las estaciones de pesaje para manejar el creciente volumen de tráfico de camiones.
- Preservación de las carreteras, es decir, los camiones con sobrepeso son identificados y detenidos antes de que continúen y causen daños a los pavimentos.

Como se puede apreciar, los beneficios de este sistema han sido altos no solo desde el punto de vista económico, ya que independientemente de la recuperación de la inversión, también es posible ahorrar una cantidad considerable de tiempo al pasar por estas vías, aumentando de esta forma la productividad y competitividad de las empresas.

También es importante mencionar que inclusive desde el punto de vista de la seguridad, este proyecto ha conseguido grandes beneficios, ya que luz verde cuenta también con un sofisticado sistema de gestión de emergencias.

Este proyecto conjunta en gran parte varias de las aplicaciones que se desea utilizar en las carreteras de México, ya que además de contar con sistemas de operación de vehículos comerciales (fundamental para la eficiencia en el transporte de carga principalmente), también se consideran aspectos de sistemas integrados para el control de emergencias, de ahí que se haya elegido este caso para ejemplificar una implementación real de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en carreteras.



CONCLUSIONES

Los objetivos mencionados al inicio de este trabajo han sido cumplidos, ya que por un lado se ha otorgado un panorama general de las principales aplicaciones de tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte así como la estructuración para el desarrollo de los mismos y por otro lado se ha propuesto una implementación en la que se define el actuar y los beneficios de estas tecnologías en las carreteras nacionales. Sin embargo, es necesario mencionar algunos otros aspectos de gran relevancia y que han sido identificados a partir de la realización de este trabajo.

La Red Carretera Nacional se ha consolidado como uno de los principales ejes para el crecimiento económico y social del país, sin embargo, enfrenta rezagos y problemas que han impedido su total desarrollo.

Los problemas relacionados con el transporte son variados y algunos demasiado complejos con profundas raíces por la estructura política, social y cultural del país, que particularmente se han reflejado en el autotransporte en carreteras a pesar de la gran vocación que tiene México en este medio de transporte.

No es posible concluir este trabajo mencionando que los Sistemas Inteligentes de Transporte son la panacea para todos los problemas relacionados con el transporte, sin embargo, definitivamente son un instrumento útil que permiten alcanzar niveles de flujos y estándares de seguridad de gran nivel en beneficio de uno de los motores de la economía del país: el autotransporte en las carreteras nacionales.



Evidentemente el desarrollo de estas tecnologías no es tarea sencilla, se tiene que definir un compromiso de los diferentes actores involucrados y que sustentan tal desarrollo, particularmente el sector académico, ya que a partir de la formación de recursos humanos y de otorgar procesos de actualización constantes en esta materia, será más sencillo desarrollar e implementar estos sistemas en todos los tipos y niveles del transporte.

Se ha demostrado a partir de la experiencia internacional, que los Sistemas Inteligentes de Transporte son susceptibles de ser aplicados a los diferentes modos de transporte y que no es necesario ser una potencia económica para alcanzar ésto, se tiene el ejemplo de países Latinoamericanos como Chile y Argentina que han destacado en el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte, obteniendo grandes beneficios.

Finalmente, se puede concluir que México no puede permanecer alejado de los avances tecnológicos que propician el desarrollo económico y social de las naciones, considerando, que es uno de los países de mayor actividad comercial a partir de los diferentes tratados internacionales suscritos en la materia anteriormente mencionada, principalmente el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, motivo por el cual se definió que se debe de adoptar el modelo de desarrollo de Sistemas Inteligentes de Transporte de otros países, particularmente el de los Estados Unidos y Canadá y por supuesto sin dejar de considerar las necesidades particulares del país.



BIBLIOGRAFÍA

1. Aldababa Alamilla, Arturo. Sistemas Inteligentes de Transporte: Situación del Autotransporte de Carga en México, Tesis, México, UNAM-DEPFI, 2000
2. Benitez Joyner, César. Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS): Señalización Dinámica, Tesis, México, UNAM-DEPFI, 2001
3. Catling, Ian. Advanced Technology for Road Transport: IVHS and ATT, Estados Unidos, Artech House Inc. 1994
4. Dirección General de Autotransporte Federal. Comité ITS México, México, SCT, 1999
5. Fair L., Marvin. Economics of Transportation and Logistics, Estados Unidos, Business Publications Inc., 1975
6. Fonseca Chávez, Elizabeth. Estudio de los Sistemas de Posicionamiento en el Transporte, Tesis, México, UNAM-DEPFI, 2001
7. Kaninnen, Barbara. Intelligent Transportation Systems: an Economic and Environmental Policy Assessment, Transportation Research A, Gran Bretaña, Elsevier Science LTD, 1996
8. Lobaco Amaya, José. La Implementación de Tecnología ITS para la prevención de accidentes y el Incremento de la Seguridad en Vialidades, México, SCT, 1999



9. Mc Queen, Bod. Intelligent Transportation Systems Architectures, Estados Unidos, Artech House Inc., 1999
10. Olivera Bustamante, Fernando. Estructuración de Vías Terrestres, México, CECSA, 1999
11. Saka, Anthony. Intelligent Transport Systems, Estados Unidos, CITE, 2002
12. Stough R., Roger. Intelligent Transport Systems, Estados Unidos, Edward Elgar, 2001
13. Wright, Paul H. Ingeniería de Carreteras, México, LIMUSA, 1993

Sitios de Internet Visitados

1. Sitio de la SCT, www.sct.gob.mx
2. Sitio de ITS América, www.itsa.org
3. Sitio de CAPUFE, www.capufe.gob.mx
4. Sitio del IMT, www.imt.gob.mx
5. Sitio de ERTICO, www.ertico.com
6. Mundo GPS, www.mundogps.com