



## INNOVACIÓN EN LA TECNOLOGÍA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD AEROPORTUARIA (PARTE 2)\*

### Introducción

Las aplicaciones tecnológicas no se restringen solamente a sofisticados dispositivos electrónicos y mecánicos, como los utilizados para la navegación aérea, vigilancia, comunicaciones, y control de vuelo; sino también incluye aquellas relacionadas con innovaciones en la tecnología de las aeronaves, el diseño de terminales, la asignación automática de salas de abordaje, y la simulación computacional de las operaciones aeroportuarias.

La innovación en la tecnología de las aeronaves se centra en dos nuevos tipos de aeronaves que permiten reducir la demanda de servicio del aeropuerto en el lado terrestre y/o aéreo. El primer tipo de aeronave es aquel que debido a sus características no requiere el uso de un aeropuerto para su operación (convertiplanos, ver Parte 1), y el segundo es el que si bien requiere un aeropuerto para operar, tiene una capacidad sustancialmente mayor en el transporte de pasajeros, por lo que requeriría un menor número de operaciones en las pistas para transportar a un mismo número de pasajeros, o podría transportar más pasajeros con el mismo número de operaciones (aeronaves de gran capacidad).

### Aeronaves de gran capacidad

Hasta finales del siglo pasado las aeronaves comerciales de cabina ancha tenían una capacidad de entre 350 y 550 pasajeros. Aunque había la capacidad técnica para construir aeronaves con capacidades mayores (de entre 700 y 1,000 pasajeros), estas aeronaves no aparecieron en el mercado

## CONTENIDO

<b>INNOVACIÓN EN LA TECNOLOGÍA PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD AEROPORTUARIA (PARTE 2)</b>	<b>1</b>
<b>ALGUNOS CONCEPTOS DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>5</b>
<b>SUSCEPTIBILIDAD DEL ACERO INOXIDABLE 304 AL AGRIETAMIENTO EN AMBIENTES MARINOS</b>	<b>10</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>14</b>
<b>PROYECTOS EN MARCHA</b>	<b>14</b>
<b>PUBLICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>EVENTOS ACADÉMICOS</b>	<b>17</b>

hasta ahora, a principios del siglo veintiuno, por ejemplo, el Airbus A380 (Figura 1).

En particular estas aeronaves serán utilizadas en las rutas de alta densidad de viajeros, incrementando así el número de pasajeros transportados, sin incrementar el número de operaciones en las pistas. Esto genera un beneficio importante en términos de capacidad, en aeropuertos con problemas de congestión en pistas.

de simulación (Chiu y Walton, 2002 y 2003), señalan que todos los subsistemas del lado terrestre de la terminal son afectados, dado que se incrementan los tiempos promedios de espera. Sin embargo, el subsistema más afectado es el de reclamo de equipaje.

Actualmente el Airbus A380 es el avión comercial con la mayor capacidad de pasajeros y carga, superando al mítico Boeing 747 tanto en capacidad como en confort. Su primer



Fuente: <http://www.airliners.net>

**Figura 1**  
**El Airbus A380 en el festival aéreo 2005 en Dubai**

Experimentos con modelos de simulación para cuantificar los efectos de la reducción de la demanda de servicio en las pistas, al utilizar aeronaves de mayor capacidad indican que se pueden obtener beneficios significativos (Herrera; 2001). Por ejemplo, se pueden obtener reducciones en los tiempos promedios de espera del orden del 17% y en los tamaños promedio de las colas de espera del orden del 21%. Por otro lado, estudios que analizan el impacto de las aeronaves de gran capacidad, en los flujos de pasajeros de las terminales aéreas internacionales, mediante modelos

vuelo fue realizado en 2005 y se tiene previsto que entre en operación a finales del 2007.

Hasta ahora se encuentra en su fase de pruebas y se han construido 5 aeronaves, el costo de cada aeronave es de 250 millones de euros, y entrará a competir directamente con el Boeing 747. Se ofrece en dos diferentes versiones, la versión A380-800 que tiene dos niveles en toda su longitud, cada uno con dos pasillos, conectados entre sí por dos grandes escaleras, con capacidad para 555 pasajeros (en tres clases), o hasta 853 pasajeros (en configuración económica de clase turista).

Se estima que el radio de acción del modelo -800 sea de 15,000 km. La versión A380-800F, dedicada a carga, podrá transportar 150 toneladas de carga, con un radio de acción de 10,400 km. Las características generales del A380 se muestran en la Tabla 1, en donde se compara con su competidor, el Boeing 747.

Debido a la incorporación de los más recientes avances tecnológicos en estructuras, materiales, aerodinámica y diseño de motores, el A380 posee costos de operación por asiento, entre un 15 a 20% mas bajos, que los del Boeing 747-400.

**Tabla 1**  
**Características generales del Boeing 747 y del Airbus A380**

Características	Aeronave	
	Boeing 747	Airbus A380
Longitud (m)	70.6	73
Envergadura (m)	59.6	79.75
Altura (m)	19.4	24.1
Capacidad (pasajeros)	416	555 a 853
Peso máximo de despegue (kg)	378,182	562,000
Radio de acción (km)	13,450	15,000

Como se observa en la Tabla 1, la longitud del Boeing 747 y del Airbus A380 es similar, sin embargo, la envergadura del A380 es significativamente mayor, al igual que su peso máximo de despegue, y su capacidad para transportar pasajeros.

Airbus cuenta ya con pedidos de 16 aerolíneas, el primer avión será entregado a Singapore Airlines. Varios aeropuertos en el mundo han modificado sus instalaciones para poder dar servicio a esta aeronave, por ejemplo, el aeropuerto de Heathrow (Londres), el John F Kennedy (Nueva York), y los de Tokio, Seúl, Hong Kong y Singapur. En el caso de México, el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) se convertirá en el primer aeropuerto de América Latina con capacidad para recibir al nuevo A380, mediante la nueva terminal 2<sup>1</sup>.

Aunque el A380 tiene la ventaja de poder transportar un 35% más de pasajeros, que su competidor más cercano, sus motores consumen un 12% menos de combustible por asiento, reduciendo los costos de operación y minimizando los efectos ambientales adversos, al generar una menor cantidad de gases contaminantes<sup>2</sup>.

Uno de los objetivos clave en el diseño del A380 fue el requerimiento de que la nueva aeronave pudiera utilizar la infraestructura aeroportuaria existente con mínimas modificaciones, y que se redujeran sus costos de operación en relación con sus competidores. La aeronave resultante con un 49% más de espacio en piso y sólo 35% mayor capacidad en pasajeros, en comparación con el Boeing 747, obtiene asientos y pasillos más anchos y confortables para los pasajeros<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Fuente: Boletín de ASA del 3 de mayo del 2006, en <http://www.asa.gob.mx>

<sup>2</sup> Fuente: <http://www.airbus.com/en/aircraftfamilies/a380/economics>

<sup>3</sup> Fuente: <http://www.airliners.net>

Como respuesta al desarrollo del A380, la empresa aeronáutica Boeing lanzó, a finales del 2005, una versión mejorada del Boeing 747, de mayor tamaño y más eficiente. Para esta nueva aeronave ya se tiene varios pedidos, en la versión de carga; se estima que las primeras aeronaves serán entregadas en el segundo semestre del 2009.

Los nuevos aparatos, designados como Boeing 747-8, utilizarán tecnología y motores de General Electric Co., diseñados para el Boeing 787, con lo que se logrará una aeronave más silenciosa y eficiente. El costo de operación, en términos de asiento-kilómetro, es 4% menor que el del Airbus A380, y en consumo de combustible es 11% más eficiente.

La nueva versión del cuatrimotor Boeing 747 tendrá capacidad para 450 pasajeros, frente a los 416 del último modelo actual, y además incorporará un nuevo diseño interior. Tendrá 3.5 metros más de longitud y un radio de acción de 14 mil 815 kilómetros. La versión de carga es 5.6 metros más larga que la versión actual. Ambos modelos tienen la ventaja de que se ajustan a la actual infraestructura aeroportuaria <sup>4</sup>.

Análisis recientes (Gosling y Hansen, 2001) señalan que las aeronaves de gran capacidad tienden a ser utilizadas en mercados de largo recorrido y con alta densidad de pasajeros, más que en mercados de corto recorrido y alta densidad, o en mercados de baja densidad. Estos estudios también establecen que la respuesta de las aerolíneas al incremento de las demoras aeroportuarias, que se presentarán en el futuro, sólo implicarán un modesto incremento en la utilización de aeronaves de gran capacidad, si esto se deja a las fuerzas del mercado. Por lo tanto, las administraciones aeroportuarias y los Gobiernos podrían considerar el establecimiento de regulaciones

o acciones administrativas para fomentar la utilización de este tipo de aeronaves, con el objeto de impedir o reducir incrementos significativos en las demoras, particularmente en el lado aéreo.

## Referencias

Chiu Chiung-Yu y Walton C. Michel. "Integrated simulation method to evaluate the impact of new large aircraft on passenger flows at airport terminals". Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board No. 1788. Transportation Research Board, Washington, D.C. U.S.A. 2002.

Chiu Chiung-Yu y Walton C. Michel. "Impacts of new large aircraft on passenger flows at international airport terminals". Research Report SWUTC/03/167530-1. Southwest Region University Transportation Center. Center for Transportation Research. University of Texas at Austin. Austin, Texas. U.S.A. 2003.

Gosling G. D. y Hansen M. M. Prospects for increasing average aircraft size at congested airports. "Transportation Research Record". Journal of the Transportation Research Board No. 1744. National Academy Press. Washington, D.C. U.S.A. 2001.

Herrera García Alfonso. "Simulación de operaciones aeroportuarias. El caso de despegues y aterrizajes en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México". Publicación Técnica No. 180. Instituto Mexicano del Transporte. México. 2001.

Herrera García Alfonso. "Alternativas de solución para problemas de capacidad aeroportuaria. Publicación Técnica en proceso". Instituto Mexicano del Transporte. México. 2006.

Alfonso HERRERA  
aherrera@imt.mx

## ALGUNOS CONCEPTOS DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE TRANSPORTE

### Introducción

En este trabajo se presentan, desde el punto de vista de evaluación económica, los conceptos de proyecto, de ciclo de los proyectos, de evaluación privada y social de proyectos, así como algunos principios de la evaluación económica de proyectos de transporte. Se describen los tipos de beneficios que debe incluir esta última, particularmente los de desarrollo económico. Éstos son frecuentemente relegados a un segundo plano por la dificultad de estimarlos adecuadamente.

Sin embargo, adquieren preponderancia en la evaluación de proyectos que estimulan el desarrollo productivo de una región o que detonan un conjunto de inversiones que también aumentan la producción.

### Conceptos

Proyecto es un emprendimiento temporal destinado a crear un producto, un servicio o un resultado que es único. Queda definido por tres características: un marco de tiempo, dado que un proyecto debe realizarse en un período determinado; un objetivo, ya que todos los proyectos tienen un objetivo; y que el servicio o el resultado del proyecto es único, por lo que cada proyecto también es único.

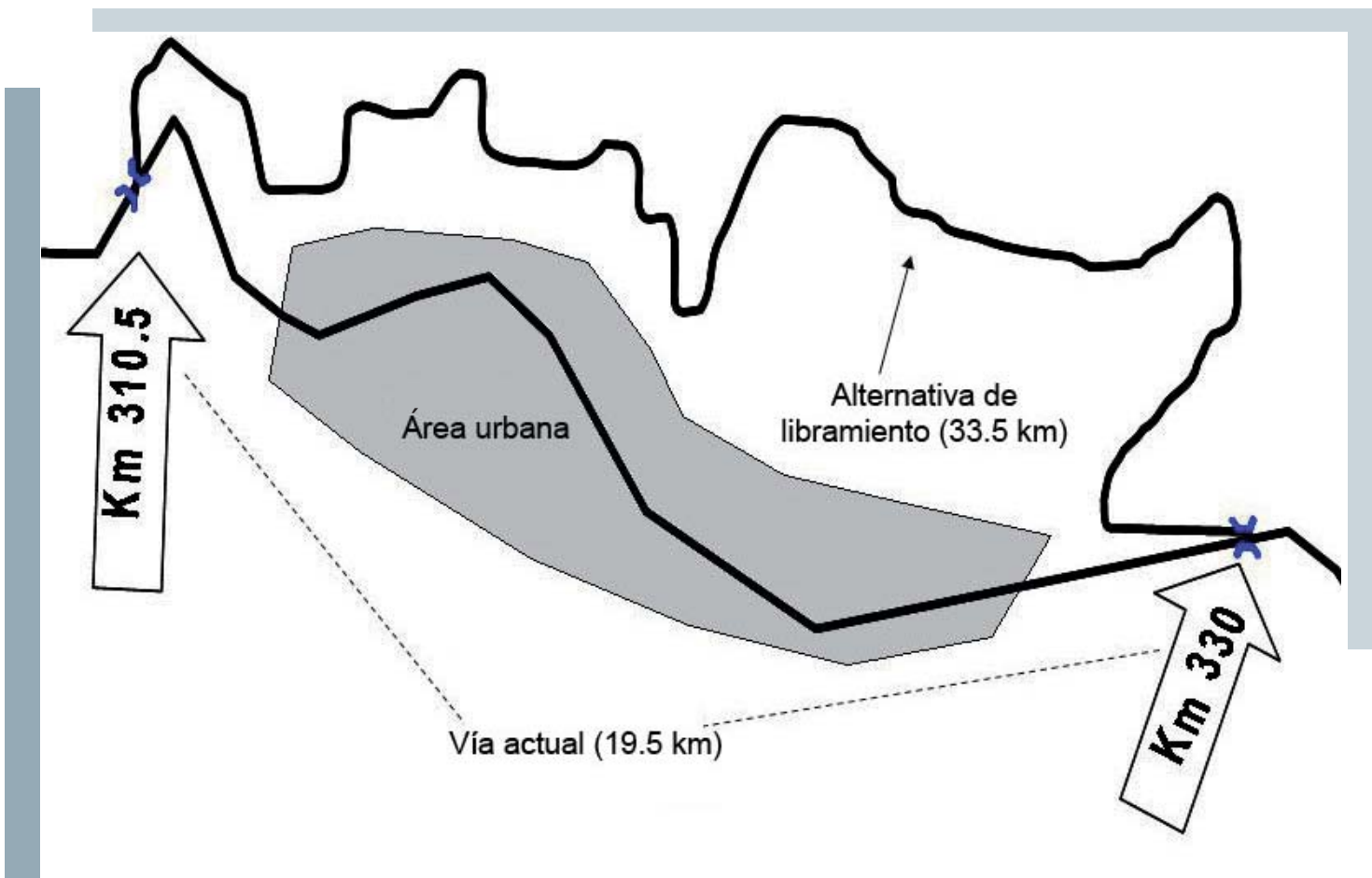
Desde una perspectiva económica, un proyecto es una fuente de costos y beneficios que ocurren en un determinado horizonte de tiempo.

La evaluación de un proyecto consiste en emitir un juicio sobre la bondad o conveniencia del mismo en relación con ciertos objetivos. Por lo tanto, debe contarse en primer lugar con los objetivos buscados.

La evaluación económica compara los costos y beneficios del proyecto, con objeto de emitir un juicio sobre la conveniencia de ejecutarlo en vez de otros proyectos. Se trata de comparar los costos y beneficios de su mejor alternativa y, una vez identificada ésta, emitir un juicio sobre la conveniencia de ejecutarla en lugar de otros proyectos.

El proceso de evaluar implica identificar, medir y valorar los costos y beneficios pertinentes en distintas alternativas para un horizonte de evaluación, en relación con una situación base optimizada (sin proyecto, considerando sólo algunas mejoras menores). Así, las alternativas consideradas son analizadas comparativamente en relación con la situación base optimizada. Por ejemplo, en el caso en la Figura 1 la situación base consistiría en la realización de algunas obras menores sobre la vía actual principal que cruza un área urbana determinada y una de las alternativas del proyecto del libramiento para dicha área sería la construcción del trazo que se ilustra, en dos carriles por sentido.

Desde el punto de vista de su implementación, todos los proyectos tienen un ciclo, el cual está constituido por un conjunto de etapas.



**Figura 1**  
**Situación base y una de las alternativas del proyecto del libramiento para un área urbana determinada**

La primera etapa se refiere a la definición del perfil del proyecto. Todo proyecto nace con una idea. Dentro de esta etapa, se deben generar una serie de alternativas técnicas para materializar dicha idea, así como realizar una cuantificación relativamente gruesa de los costos y beneficios, que proporcionen una primera sensación de la conveniencia económica de realizar cada una de las alternativas y de la factibilidad financiera correspondiente. Los resultados de esta primera etapa deben ir a un Comité de Proyectos, el cual debe llevar el registro de los resultados de esta etapa para todos los proyectos.

La segunda etapa consiste en efectuar un estudio de prefactibilidad, el cual tiene por objeto disminuir los riesgos de la decisión. Como resultado de la primera etapa se llega a una determinación relativamente gruesa de si conviene o no llevar a cabo el proyecto, mientras que en esta etapa lo que se busca es tener elementos más confiables para reducir el riesgo de errores sobre la decisión que eventualmente se tome. Realmente en esta segunda etapa se hace lo mismo que en la primera, pero con números más confiables o de mayor detalle. Esta etapa puede basarse en fuentes secundarias de información, es decir,

en datos existentes en las instituciones. En general en esta etapa no se genera información nueva. Esta segunda etapa incluye también una evaluación técnica, económica, financiera, legal y administrativa, y los resultados deben ir a un Comité de Inversiones, en donde se analizan las alternativas propuestas.

La tercera etapa consiste en la realización de un estudio de factibilidad. Éste es de naturaleza similar al de prefactibilidad, pero a más profundidad. En esta etapa se realiza la ingeniería de detalle. El estudio de factibilidad se efectúa cuando ya se tiene la convicción de que vale la pena realizar el proyecto, por lo que cuando ya se tiene el estudio de factibilidad, rara vez el proyecto es rechazado. Cuando se efectúa el estudio de factibilidad, generalmente ya se han creado muchos intereses en torno a él, que harían muy difícil desecharlo. Cuando se efectúa este estudio es porque tarde o temprano se va a realizar el proyecto.

Posteriormente viene la etapa de realización del proyecto. Ésta tiene varias fases, las cuales son el inicio, la planeación de la realización, la ejecución, el control y el cierre o terminación (Project Management Institute, 2004).

La última etapa se refiere a la realización de evaluaciones ex-post del proyecto, con el fin de identificar si los aspectos asumidos en la planeación y el diseño se están cumpliendo y poder tomar nota de las cosas que fallaron para no cometer los mismos errores en casos futuros, así como para tomar acciones correctivas en relación con el proyecto.

Las evaluaciones financiera, económica y social de un proyecto deben efectuarse conjuntamente con la evaluación técnica del mismo.

La evaluación de proyectos tiene dos enfoques, uno es la evaluación privada y el otro es la evaluación social (Fontaine R., 2005). En ambos casos, la situación con proyecto se compara contra la situación base optimizada.

En la evaluación privada se asume que hay un inversionista privado involucrado en el proyecto. Este tipo de evaluación se refiere al incremento o la reducción de la riqueza del inversionista. Determina si la inversión en el proyecto va a generar para el inversionista un aumento en su riqueza o su dinero, mayor del que podría obtener si aplicase esos fondos en su mejor inversión alternativa. A manera de ejemplo, el proyecto podría consistir en invertir en la instalación de una fábrica que va a generar una línea de  $n$  productos que van a rendir una serie de ganancias netas, y su mejor inversión alternativa podría ser invertir esos recursos en el banco, de donde el inversionista también obtendría una cierta ganancia neta. La Ecuación 1 muestra la expresión para calcular las ganancias netas derivadas del proyecto o valor presente de los beneficios privados netos (VPBPN).

$$VPBPN = \frac{\sum_{i=1}^{\tilde{n}} X_i \cdot P_i - \sum_{j=1}^m Y_j \cdot P_j}{\sum_{k=0}^t \frac{1}{p(1+r_k)}}$$

El VPBPN es igual a la suma de una serie de elementos, durante un cierto horizonte de análisis. Hay proyectos que se evalúan a un horizonte de 10 años, otros que se evalúan a 20 años y algunos proyectos de gran inversión, como son frecuentemente los de infraestructura, se evalúan a 30 ó más años, siendo  $n$  cada uno de los años de ese horizonte.

La primera de las sumatorias del numerador del lado derecho de la Ecuación 1 cuantifica el

ingreso del inversionista privado. La segunda sumatoria cuantifica el costo de los  $m$  insumos utilizados. En el denominador del lado derecho de la ecuación hay una serie de factores que llevan los ingresos y costos de cada año en el numerador (valores monetarios corrientes) a sus correspondientes valores presentes del año 0 del horizonte de análisis. Esto, con el fin de tomar en cuenta el cambio del valor del dinero en el tiempo, utilizándose para ello una tasa de descuento  $r_k$ , que es generalmente diferente para cada año del horizonte. Así, un flujo de beneficios o ingresos y de costos anuales de un inversionista privado, se suman algebraicamente, todos en sus valores presentes, para el horizonte de análisis, obteniéndose de esa manera el VPBPN del proyecto.

La evaluación social es más amplia. Consiste en comparar los beneficios con los costos que los proyectos implican, no para un inversionista en lo particular, sino para la sociedad en su conjunto. En este caso, la evaluación se basa en la determinación del Valor Presente de los Beneficios Sociales Netos del proyecto (VPBSN), el cual tiene tres componentes (Ecuación 2).

$$VPBSN = \sum_{t=0}^n \frac{[BSND_t + BSNI_t + W_t]}{p (1 + r_k^*)}$$

El primer componente son los beneficios sociales netos directos (BSND). La naturaleza de este componente es similar a la del VPBPN de la evaluación privada, pero en la evaluación social el BSND se estima como la suma algebraica de los aumentos anuales en el ingreso nacional derivados del proyecto y los costos como los ingresos anuales sacrificados por haber realizado el proyecto evaluado en vez del mejor proyecto alternativo.

El segundo componente corresponde a beneficios y costos sociales indirectos (BSNI). Éstos están relacionados con los denominados efectos secundarios o externalidades, que no son repercutidos a los agentes privados que los generan pero que recaen indirectamente en la sociedad y que por lo tanto deben incluirse en este enfoque de carácter social. Por ejemplo, la evaluación del proyecto de la construcción de un aeropuerto debe incluir los costos del ruido y otros efectos secundarios que el mismo producirá en las zonas habitacionales aledañas afectadas. Como es evidente, la inclusión de este componente favorecerá a proyectos que mitigan externalidades y lo contrario para los proyectos que las agravan.

El tercer elemento, denominado como  $W$ , corresponde a factores imponderables. Éstos generan beneficios o costos intangibles porque, o no es posible medirlos, como es el caso de la movilidad social, o bien porque no es posible asignarles un valor monetario en la forma de costo o beneficio, como es el caso de la distribución geográfica de la población. A manera de ejemplo, si un proyecto trae como consecuencia la desconcentración de población de la Ciudad de México, generándose una mejor distribución en varios lugares de la República, no sólo es difícil cuantificar ese efecto sino que también es muy difícil ponerle un valor monetario a pesar de que la mejor distribución generada conlleve beneficios reales muy concretos. Otro caso es la distribución del ingreso, la reducción de la población en pobreza extrema, etc.

Los resultados de la evaluación social y de la privada suelen ser diferentes, particularmente para algunos proyectos. Por ejemplo, el sobrepeso en los vehículos de carga es rentable para el autotransportista privado que lo practica pero, si se evalúa incluyendo la destrucción acelerada que genera de la

infraestructura carretera, que es patrimonio de toda la sociedad, tal práctica resulta inviable. Alternativamente, la construcción de caminos rurales de penetración suele no ser rentable para la inversión privada, pero si se evalúa incluyendo los beneficios sociales de integración y desarrollo humano que generan para las comunidades rurales incomunicadas, tales proyectos resultan muy rentables.

Para el caso específico de los proyectos de transporte, los principios de la evaluación privada y la social son aplicables, siendo generalmente más fácil cuantificar los costos de los proyectos que sus beneficios.

Hay diferentes tipos de beneficios que se incluyen en la evaluación social de proyectos de transporte. Uno de ellos es la reducción en costos de operación para los vehículos afectados, sean éstos del tráfico existente, del atraído o del generado. Otro son los ahorros en el valor monetario del tiempo de viaje de los pasajeros y la carga. Uno más son los ahorros por reducción en el costo de los accidentes. Otro es el valor monetario del incremento del confort y el bienestar para los usuarios beneficiados. Existen metodologías aceptadas para estimar los tipos de beneficios anteriores (Adler H., 1987).

El último tipo de beneficios se refiere al estímulo al desarrollo económico, industrial o productivo generado por el proyecto. Dentro de éste, no deben considerarse desplazamientos del desarrollo económico de un sitio a otro, sino efectos netos que no se hubiesen producido sin el proyecto. Estos beneficios se estiman como el valor monetario de la producción adicional neta generada, incluyendo la causada por ampliaciones de mercado derivadas del proyecto. Cuando como parte del desarrollo económico que genera el proyecto, se detonan un conjunto

de inversiones que también aumentan la producción o se requiere de otras inversiones adicionales para alcanzar ese desarrollo, esas inversiones deben evaluarse conjuntamente con el proyecto, comparando beneficios totales del mismo y de dichas inversiones con los costos totales correspondientes. La experiencia con proyectos similares realizados en el pasado puede utilizarse en la estimación de la producción adicional generada, así como en la definición de las inversiones adicionales requeridas para lograr esa producción. Muchos proyectos de infraestructura, como son la construcción de tramos carreteros y ferroviarios, tienen un impacto significativo en el desarrollo regional, de ahí la importancia de incluir este tipo de beneficios en su evaluación económica.

Cada uno de los tipos de beneficios de la evaluación de proyectos de transporte cae dentro de alguno de los tres componentes de la evaluación social de todo tipo de proyectos: los beneficios sociales netos directos (BSND), los beneficios sociales netos indirectos (BSNI) o los imponderables (W).

## Comentarios finales

Se han presentado una serie de conceptos, principios y procedimientos que la tecnología actual brinda para la planeación y evaluación de proyectos. Se enfatiza la conveniencia de incluir los beneficios de desarrollo económico en la evaluación de tipos de proyectos que tienen un impacto significativo en el desarrollo regional. Su inclusión ayuda a justificar esos proyectos y a evaluarlos conjuntamente con otras inversiones complementarias que se detonan como consecuencia de ellos. Al respecto, una estrategia que se está usando cada vez más con éxito consiste en aplicar la inversión pública en esos tipos de proyectos, actuando

ésta a su vez como detonadora de importantes inversiones privadas complementarias.

Adler, H. "Economic Appraisal of Transport Projects, A Manual with Case Studies", pp. 27-47. Published for the World Bank, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA. 1987.

**Referencias**

Project Management Institute. "A Guide to the Project Management Body of Knowledge, Third Edition (PMBOK Guide)", pp. 37-69. PMI, Inc., Pennsylvania, USA. 2004.

Alberto MENDOZA  
mendoza@imt.mx  
César RIVERA  
crivera@imt.mx  
Emilio ABARCA  
eabarca@imt.mx

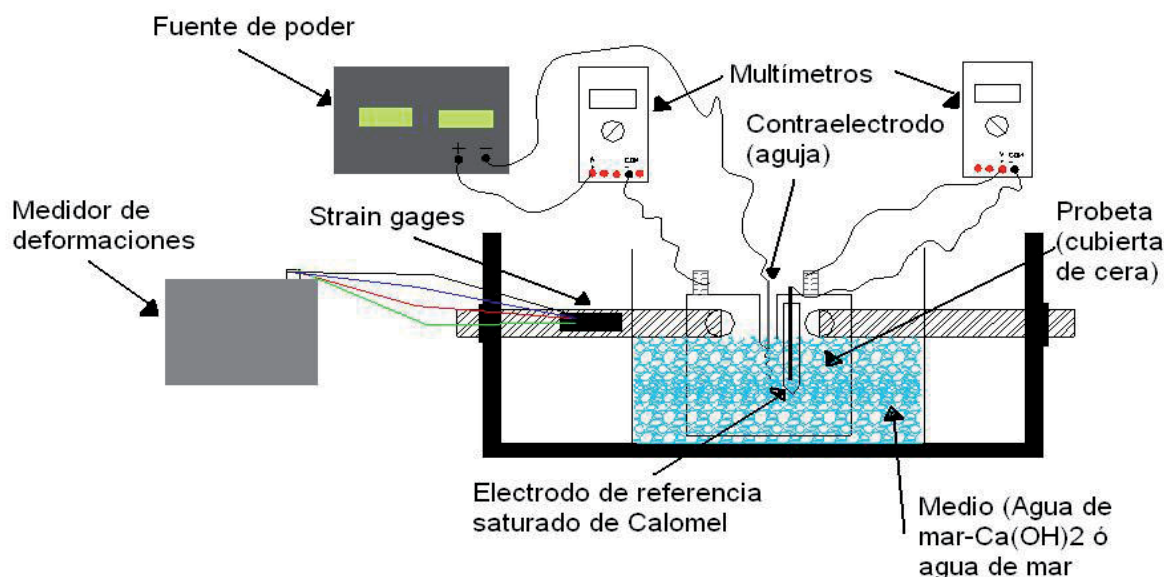
Fontaine, R. "Evaluación Social de Proyectos, 12ª Edición", pp. 271-289. Editorial Alfaomega, Universidad Católica de Chile, Chile. 2005.

**SUSCEPTIBILIDAD DEL ACERO INOXIDABLE 304 AL AGRIETAMIENTO EN AMBIENTES MARINOS\***

**Objetivo**

El objetivo de este trabajo es evaluar la susceptibilidad al agrietamiento del acero

inoxidable 304 mediante la determinación del factor de intensidad de esfuerzos umbral ( $K_{ISCC}$ ).



**Figura 1**  
**Esquema del dispositivo de corrosión: celda de corrosión y celda de carga**

**Desarrollo experimental**

Probetas compactas de tensión preagrietadas por fatiga se colocaron en una cámara ambiental, que consiste de una celda de corrosión y una celda de carga. (Ver figura 1).

Los ensayos en las probetas se realizaron a desplazamientos constantes con dos factores de intensidad de esfuerzos (34 y 55 MPa m<sup>1/2</sup>) y manteniendo la punta de la grieta de la probeta sumergida en el medio.

En la tabla 1 se observan las condiciones de prueba.

Los potenciales anódicos que se aplicaron para garantizar el rompimiento de la película de óxido en las probetas fueron de 400mV para Ca(OH)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O mar; -100 mV para H<sub>2</sub>O mar. Estos potenciales anódicos en las probetas se determinaron con la técnica electroquímica extrapolación de Tafel.

**Resultados**

La composición química obtenida por absorción atómica es típica de un acero inoxidable 304L. Las propiedades mecánicas del acero varían de acuerdo a la orientación de la muestra

**Tabla 1**  
Condiciones a las que se expusieron las probetas en las diferentes direcciones de laminación

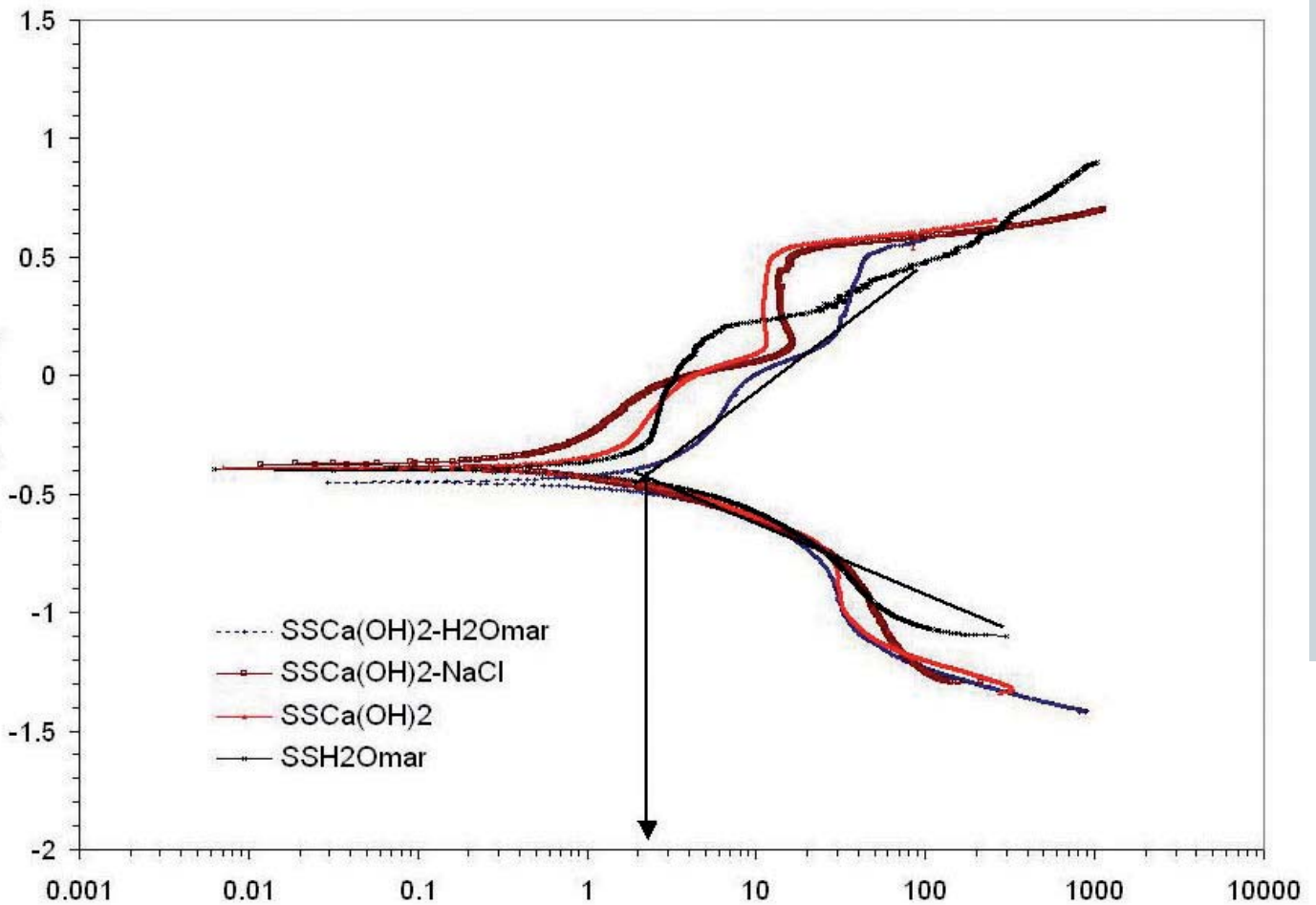
Probeta	Medio	Potencial	Tiempo (h)	Fuerza	K
LK1	Ca(OH) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	400 mV	168	20.02 kN	53,14 MPa(m) <sup>1/2</sup>
LK3	H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	100 mV	345	20.8 kN	55,21 MPa(m) <sup>1/2</sup>
LK4	H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	100 mV	500	20.8 kN	55,21 MPa(m) <sup>1/2</sup>
TK5	Ca(OH) <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	400 mV	168	13 kN	34,96 MPa(m) <sup>1/2</sup>
TK1	H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	100 mV	345	13 kN	34,96 MPa(m) <sup>1/2</sup>
TK2	H <sub>2</sub> O <sub>mar</sub>	100 mV	500	13 kN	34,96 MPa(m) <sup>1/2</sup>

Nota: LK# = probeta de mecánica de fractura en la dirección longitudinal

TK# = probeta de mecánica de fractura en la dirección transversal

tomada de la placa con respecto al conformado mecánico, es decir, en la dirección transversal ( $\sigma_{YS} = 281,287$  MPa,  $\sigma_U = 609,838$  MPa), se tiene una mayor resistencia mecánica que en la dirección longitudinal ( $\sigma_{YS} = 276,286$  MPa,  $\sigma_U = 592,064$  MPa).

Se encontró que  $V_{corr}$  es mas alta en el medio  $Ca(OH)_2$  y agua de mar que del medio  $Ca(OH)_2$ . Es decir, el contenido y tipos de cloruros tienen un efecto significativo en la velocidad de corrosión del acero inoxidable 304 L. (Ver tabla 2).



**Figura 2**  
Gráfica comparativa de Extrapolación de Tafel en los 4 ambientes

En la figura 2 se tiene la gráfica comparativa de las pruebas de Extrapolación de Tafel para el acero inoxidable en diferentes medios.

Al analizar la superficie de fractura de las probetas compactas de tensión, se observó que no presentan ninguna evidencia de

**Tabla 2**  
Resultados obtenidos en los cuatro ambientes

Medio	i corr	V corr
SS + Ca(OH) <sub>2</sub>	0.375 μA/cm <sup>2</sup>	4.32 μm/año
SS + Ca(OH) <sub>2</sub> + NaCl	0.625 μA/cm <sup>2</sup>	7.2 μm/año
SS + Ca(OH) <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> Omar	1.4186 μA/cm <sup>2</sup>	16.34 μm/año
SS + H <sub>2</sub> O mar	4.275 μA/cm <sup>2</sup>	49.25 μm/año

crecimiento de grieta con el factor de intensidad de esfuerzos aplicados, lo que indica la poca susceptibilidad del acero en los diferentes medios y cargas aplicados.

## Conclusiones

Se demostró que el acero inoxidable 304L no es susceptible a la corrosión bajo esfuerzos en las condiciones de pruebas efectuadas. A pesar que se utilizaron las condiciones más extremas de ambiente y carga para el crecimiento de la grieta.

Las pruebas de tensión demuestran un efecto del conformado mecánico en las propiedades en tensión, lo cual indicaría también un efecto en las propiedades de mecánica de fractura ( $K_{ISCC}$ ).

## Referencias

ASM HANDBOOK. "Corrosion. 9na. edic.", ASM INTERNATIONAL, Estados Unidos de América: Vol. 13: 17-49, 61-189, 231-241, 547-565, 893-925. 1998.

ASTM E 1681-99. "Determining Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials", Standard Test Method. 1-11. 2000.

Aaltonen P., Bojinov M. and col. "Facts and views on the role of anionic impurities, crack tip chemistry and oxide films in environmentally assisted cracking". Espoo. VTT Tiedotteita-Research Notes 2148: 7-51 + app. 15p. 2002.

Dietzel W. "Guidelines for fracture mechanics SCC testing, Project Characterization of Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking". GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH: Final report: 1-160. 1995.

Jones R. "Stress-corrosion craking, materials performance and evaluation first edition". ASM international materials park, Ohio 44073-0002-USA. 1-39, 91-129, 363-415. 1999.

Jorge TERÁN  
jteran@imt.mx  
Beatriz CASTILLO  
bettytap@yahoo.com.mx  
José Trinidad PÉREZ  
jtperez@imt.mx  
Andrés TORRES  
atorres@imt.mx  
Salvador ALVARADO  
salvador.alvarado@cnhmexico.com.mx

## GLOSARIO

A continuación se presentan las palabras clave con su descripción correspondiente, las cuales son contenidas respectivamente en los tres artículos técnicos presentados en este boletín:

**Artículo 1:**

**Aeronaves de gran capacidad:** Aeronaves que pueden transportar adecuadamente a más de 500 pasajeros, incluyendo a su equipaje.

**Lado aéreo del aeropuerto (airside):** Pistas y calles de rodaje de un aeropuerto.

**Lado terrestre del aeropuerto (landside):** Plataformas, edificio terminal, estacionamientos y accesos de un aeropuerto.

**Artículo 2:**

**Evaluación:** Emisión de juicio sobre la bondad

o conveniencia de algo en relación con ciertos objetivos.

**Proyecto:** Emprendimiento temporal destinado a crear un producto, un servicio o un resultado que es único.

**Transporte:** Sistema de medios para conducir personas y/o cosas de un lugar a otro.

**Artículo 3:**

**Factor de intensidad de esfuerzos umbral ( $K_{ISCO}$ ):** Valor mínimo del factor de intensidad de esfuerzos en la punta de la grieta para que la grieta se propague en un medio específico.

**Potencial anódico:** Voltaje aplicado a la probeta en milivolts para garantizar el rompimiento de la película de óxido y se acelere la corrosión.

## PROYECTOS EN MARCHA

### **Modalidad rural de las mujeres hacia los servicios de salud en el municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, México**

Este proyecto forma parte de un programa internacional de investigación en red llamado Movilidad y Salud, que abarca otros casos de

estudio semejantes al tema y que se están llevando a cabo de manera paralela en varios países de América Latina, Asia y África.

Éste programa internacional tiene como objetivos:

1. Incrementar la comprensión del impacto de las dificultades de movilización, en la salud, bienestar y temas relativos a las personas de bajos recursos en diferentes contextos de países en desarrollo.

Así la contribución del proyecto mexicano al programa internacional de movilidad y salud se centra en identificar y analizar los patrones de viaje de las mujeres hacia los servicios de salud disponibles en el municipio de Pinal de Amoles,



**Señora llevando carga en la cabeza con rumbo a su casa, subiendo un sendero pedregoso y muy empinado. Comunidad de Los Pinos en el Municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, México**

2. Desarrollar herramientas que permitan a los profesionales del transporte incluir la evaluación del impacto en la salud holística y las medidas de reducción de impacto en la planeación, diseño e instrumentación de la intervención del transporte.

3. Desarrollar un programa de cabildeo para sensibilizar al sector salud en relación a los temas de movilidad y salud (IFRTD, 2006).

que se localiza en el estado de Querétaro, motorizado o servicios de salud (itinerantes o de emergencia) encaminados a mejorar dicha movilidad, de manera que las necesidades puedan ser atendidas con oportunidad.

El programa internacional sobre Movilidad y Salud es coordinado por el International Forum for Rural Transport and Development (IFRTD) y apoyado por el Swiss Tropical



**Miembros del equipo de trabajo (Instituto Mexicano del Transporte y Universidad Autónoma de Querétaro) caminando rumbo a la comunidad aislada de El Cantón, enclavada en las montañas del municipio de Pinal de Amoles, Querétaro, México**

Institute, el Swiss Resource Centre and Consultancies for Development (SKAT), el Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) y el Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA). Para mayor información favor de visitar la página web: [www.mobilityandhealth.org](http://www.mobilityandhealth.org)

Balbuena Cruz, José Alfonso. *Análisis del transporte en comunidades rurales. Aplicación de una metodología para diagnósticos locales de transporte*. Tesis de maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. 2003.

Alfonso BALBUENA  
balbuena@imt.mx

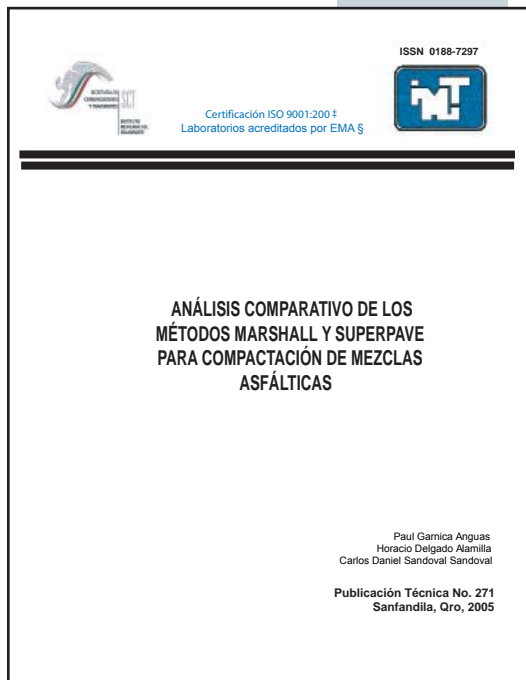
## Referencias

IFRTD. *Guía de investigación. Programa Internacional de Investigación en Red sobre Movilidad y Salud*. International Forum for Rural Transport and Development. Londres, Reino Unido. 2006

## PUBLICACIÓN

La práctica actual del diseño de mezclas asfálticas deja ver la importancia de lograr propiedades volumétricas adecuadas en la carpeta asfáltica terminada, ya que de esto depende en gran medida el desempeño de la superficie de rodamiento en su vida de servicio. De ahí, la trascendencia de simular de manera adecuada en el laboratorio la densificación que ocurre en campo, bajo la acción vehicular y de esta forma llegar a fórmulas de trabajo que permitan dosificar mezclas que exhiban un mejor comportamiento en condiciones específicas de tránsito y clima.

En la **PUBLICACIÓN TÉCNICA 271** se incorpora un ensayo de caracterización mecánica de la mezcla asfáltica, que permita desarrollar un mejor criterio para la elección del contenido óptimo de asfalto en la etapa de diseño.



Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto (62 pag): <http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/pubtec/pt271.pdf>

## EVENTOS ACADÉMICOS

### *Evaluación de impacto ambiental hacia un transporte sustentable*

Este curso fue llevado a cabo del 28 agosto al 1 de septiembre del 2006, en las instalaciones del IMT en Sanfandila, Querétaro. La coordinación académica del curso estuvo a cargo del MC Juan Fernando Mendoza Sánchez.

El objetivo fue promover el conocimiento y la importancia del impacto ambiental generado por los proyectos de infraestructura para el transporte, incluyendo la legislación, métodos de evaluación ambiental, identificación y valoración de medidas de mitigación, complementándose con casos de estudio, así como su encauzamiento hacia un transporte sustentable.

El curso se diseñó para ingenieros y profesionales que planifican, proyectan y construyen infraestructura para el transporte, así como para servidores públicos y privados, cuyas funciones estén relacionadas con el Impacto Ambiental.

Tuvo una asistencia de 31 participantes, de los cuales varios proviniéron de diferentes centros SCT (Durango, San Luis Potosí, Michoacan, Nayarit, Guerrero, Sinaloa, Tlaxcala, Puebla, Chihuahua), Gobierno del Estado (Guanajuato y Jalisco), Presidencia Municipal de Pachuca, Universidad Autónoma de Chiapas, Colegios de Ingenieros del Edo. de México, Universidad de Autopistas de Cuaota, Universidad Michoacana UMSNH, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Secretaría de Obra Pública Guanajuato, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dirección General de

carreteras-SCT, Facultad de ingeniería UNACH, Secretaría de Obra Pública de Guanajuato y Delegación Federal de la SEMARNAT en el Edo. de Puebla y del IMT.

*impactos ambientales, Impactos ambientales en proyectos de infraestructura del transporte, Definición y valoración de medidas de medidas de mitigación; que impartieron especialista de*



**El contenido del curso estuvo dividido en 11 temas, los cuales fueron:**

**Tema 1.-** *Introducción y generalidades sobre medio ambiente y transporte sustentable*, que impartió el MC Juan Fernando Mendoza Sánchez del IMT.

**Tema 2.-** *Legislación ambiental*, expuestó por el Lic. Florentino Arellano de Servicios Especializados de Consultoría Jurídica Ambiental.

**Tema 3.-** *Sistemas de Gestión Ambiental*, presntado por el Biologo Alfredo Nuñez de la SEMARNAT Delegación Federal Querétaro.

**Tema 4, 5, 6 y 7.-** *Metodología General para Estudios Ambientales, Identificación de*

*la Consultoría JR Limón Planeación e Ingeniería Ambiental.*

**Tema 8.-** *Procedimiento de evaluación de estudios ambientales*, que presentaron especialistas de la Dirección general de impacto y riesgo ambiental de la SEMARNAT.

**Tema 9.-** *Vigilancia y control de medidas de mitigación*, cuyos ponentes fueron especialistas de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente.

**Tema 10.-** *Estudios de caso*, que impartió el Fis. José Luis Ortiz de Servicios Especializados de Consultoría Jurídica Ambiental.

**Tema 11.-** *Externalidades del transporte y su valoración económica*, que expusó la Dra. Gloria Soto de la Universidad Iberoamericana.

**Directorio**

*Dr. Octavio Agustín Rascón Chávez*  
**Director General**  
(55) 55 98 56 10 ext. 4315  
octavio.rascon@imt.mx

*M. en I. Roberto Aguerrebere Salido*  
**Coordinador de Integración del Transporte**  
(442) 216 97 77 ext. 2007  
raguerrebere@imt.mx

*Ing. Jorge Armendariz Jiménez*  
**Coordinador de Administración y Finanzas**  
(55) 55 98 56 10 ext. 4316  
jorge.armendariz@imt.mx

*M. en I. Ramón Cervantes Beltrán*  
**Coordinador de Ingeniería Estructural Formación Profesional y Telemática**  
(55) 55 98 56 10 ext. 4324  
ramon.cervantes@imt.mx

*Ing. Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez*  
**Coordinador de Normativa para la Infraestructura del Transporte**  
(55) 55 98 56 10 ext. 4314  
alfonso.elizondo@imt.mx

*M. en E. Víctor Manuel Islas Rivera*  
**Coordinador de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional**  
(442) 216 97 77 ext. 2018  
victor.islas@imt.mx

*Dr. Miguel Martínez Madrid*  
**Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural**  
(442) 216 97 77 ext. 2010  
miguel.martinez@imt.mx

*Dr. Alberto Mendoza Díaz*  
**Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte**  
(442) 216 97 77 ext. 2014  
alberto.mendoza@imt.mx

*M. en I. Gilberto José Tristán Bilá Ruíz Lang*  
**Coordinador de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales**  
(442) 216 97 77 ext. 2005  
tristan.ruiz@imt.mx

*M. en I. Rodolfo Téllez Gutiérrez*  
**Coordinador de Infraestructura**  
(442) 216 97 77 ext. 2016  
rodolfo.tellez@imt.mx

*El diseño y elaboración de la presente publicación es realizada y está a cargo de:*

**Lic. Alejandra Gutiérrez Soria**  
(442) 216 97 77 ext. 2056 agutierrez@imt.mx

**Información y Contactos**

**CURSOS INTERNACIONALES IMT**

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), a través de su Unidad de Servicios Académicos, hace una cordial invitación a los profesionales interesados en participar en los cursos que ofrece dentro del programa de capacitación IMT; el cual se publica en la página web:

<http://imt.mx/Espanol/Capacitacion/>

**PUBLICACIONES, BOLETINES Y NORMAS**

En dicha página web pueden consultarse sus publicaciones completas, los boletines externos "NOTAS" anteriores y las nuevas normas técnicas, ingresando a los enlaces siguientes:

<http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/>

<http://boletin.imt.mx/>

<http://normas.imt.mx/>

**INFORMES:**

**Tels:** (442) 216 97 77, 216 97 44  
216 96 57 ext. 2034

**Fax:** 216 97 77 ext. 3037

**Correo electrónico:** publicaciones@imt.mx

**Electrónico:** capacitacion@imt.mx

Para cualquier comentario o sugerencia con respecto, a esta publicación o ejemplares pasados, nos podrá contactar en: [notas@imt.mx](mailto:notas@imt.mx)

El contenido de los artículos aquí publicados es responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Se autoriza la reproducción parcial o total de los artículos contenidos en este ejemplar, siempre y cuando sean citados como fuente los nombres de autor (es), título del artículo, número y fecha de este boletín.

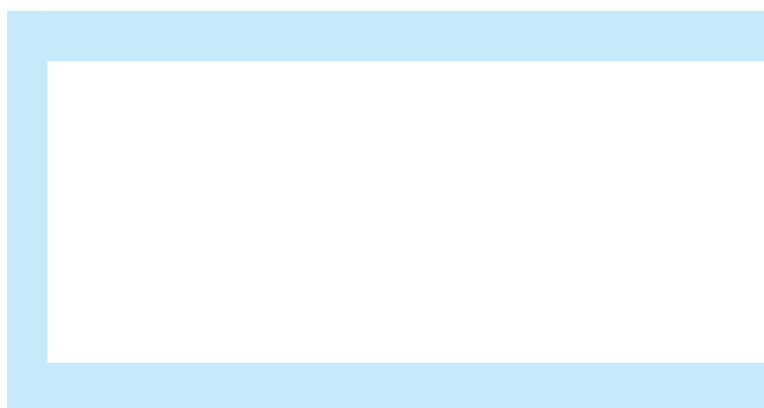


**"IMT, 20 AÑOS GENERANDO CONOCIMIENTOS Y TECNOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DEL TRANSPORTE EN MÉXICO"**



**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE  
APARTADO POSTAL 1098  
76000 QUERÉTARO, QRO  
MÉXICO**

**Registro Postal  
Cartas  
CA22-0005  
Autorizado por Sepomex**



**POR AVIÓN  
AIR MAIL**