

## METODOLOGÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ALARMAS EN PUENTES ATIRANTADOS

### Introducción

El Puente Río Papaloapan se localiza en el kilómetro 85 + 980 de la autopista la Tinaja-Acayucan, en el estado de Veracruz, construido en 1994 y puesto en servicio en 1995, es de tipo atirantado, con un claro máximo de 203 m y una longitud total de 407 m. El puente cuenta con un total de 112 cables distribuidos en 8 semi-arpas (figura 1), López et al. (2009).

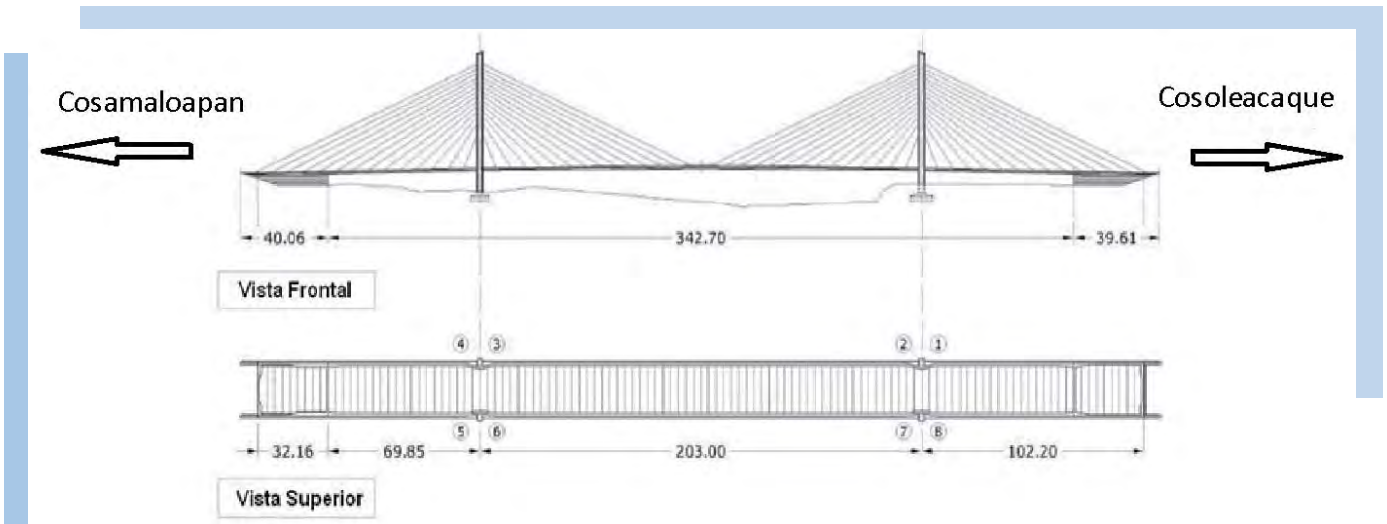
En el año 2000 uno de los 112 elementos de anclaje superior del puente presentó una falla repentina que provocó una deformación al centro del puente, la cual fue permanente, aún después de ser reparado el elemento de anclaje dañado, causando una reducción en el índice de desempeño del puente. Empresas especializadas y centros de investigación en México en evaluación de estructuras y materiales dictaminaron que la causa principal de la falla fue un daño acumulado por fatiga, asociado a un material de fundición con un tratamiento térmico deficiente y con alto contenido de poros. Ante esta situación la preocupación fue conocer el estado de los 111 elementos restantes, para determinar si los elementos de anclaje restantes presentaban la misma deficiencia de fabricación. Estudios de ultrasonido industrial posteriores concluyeron que 16 de los elementos de anclaje superior en operación mostraban patrones similares al elemento defectuoso, es decir, el material constitutivo presentaba una alta porosidad o un tamaño de la microestructura de grano grueso, por lo que fueron remplazados en el año 2008 junto con otros cuatro clasificados

en buen estado, que se tomaron como una muestra representativa de los 92 restantes, para determinar la probabilidad de falla del puente.

Este ejemplo es típico de un puente de gran envergadura que por su ubicación geográfica estratégica, el flujo de personas, la carga transportada, el costo de la estructura y la problemática presentada, es conveniente instrumentar, para tenerlo así, monitoreado y poder evaluar su condición estructural en tiempo real. En general, el monitoreo de la condición de una estructura se define como “la medida de las condiciones de operación y de carga, y de las respuestas críticas de una estructura para dar seguimiento y evaluar síntomas anormales de operación y deterioro o daño que afecten el servicio, seguridad o confiabilidad de la misma”, Aktan & Grimmelsman (1999). Internacionalmente

### CONTENIDO

<b>METODOLOGÍA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE ALARMAS EN PUENTES ATIRANTADOS</b>	<b>1</b>
<b>ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO DE LOS OCUPANTES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LA RED CARRETERA DE MÉXICO, 2012</b>	<b>8</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>15</b>
<b>PROYECTOS EN MARCHA</b>	<b>15</b>
<b>PUBLICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>EVENTOS ACADÉMICOS</b>	<b>18</b>



**Figura 1**  
Esquema general del puente con la numeración de las semi-arpas del 1 al 8

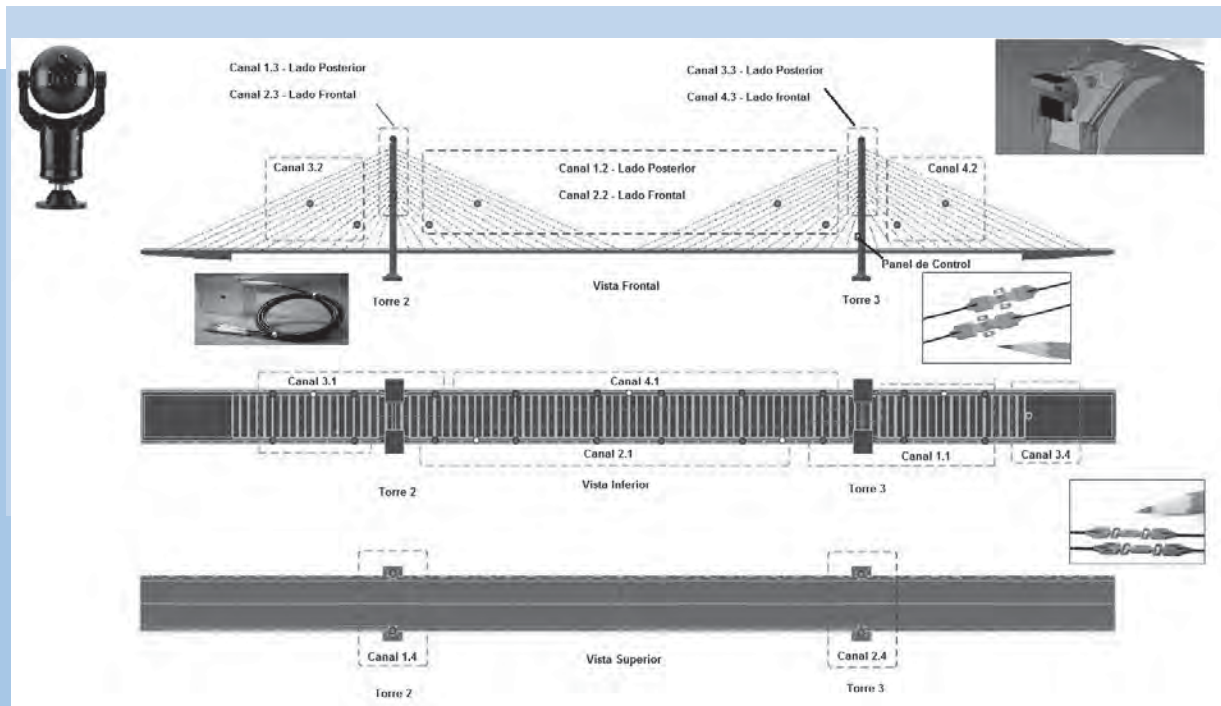
el monitoreo estructural se ha implementado para la detección y evaluación de daño, siendo esto vital en la conservación de la infraestructura de un país.

Uno de los principales problemas en la infraestructura de países desarrollados estriba en la cantidad de puentes de sus redes carreteras que rebasan su vida útil y que pueden presentar condiciones anormales de operación o daños estructurales. Nuestro país no es la excepción, salvo con una ligera ventaja, varios de los puentes con más de 30 años de servicio fueron diseñados con factores de seguridad elevados, Carrión (2002). No obstante esta ventaja, es necesario determinar la vida útil de las estructuras, conocer su índice de desempeño, realizar programas de mantenimiento preventivo, elaborar planes de restricción de tránsito en caso de daño repentino ocasionado por accidentes o por condiciones climáticas extremas. El contar con sistemas de monitoreo y evaluación estructural constante presenta varias ventajas, la primera de ellas es que se garantiza la seguridad de los usuarios, en segundo lugar la vida útil de las estructuras se puede incrementar si se siguen los planes

de mantenimiento preventivo derivados de la evaluación estructural, y por último, el costo de una póliza de seguro puede ser más bajo cuando se tienen sistemas de monitoreo y evaluación estructural.

Ante las inminentes necesidades de garantizar la seguridad de los usuarios, la conservación de la infraestructura se ha convertido en un plan estratégico, en la cual la aplicación eficiente de los recursos financieros es un punto primordial, por lo que el Instituto Mexicano del Transporte propuso a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) la creación del Centro de Monitoreo de Puentes y Estructuras Inteligentes (CMPEI), en el cual uno de los primeros puentes propuestos en ser monitoreados y evaluados en tiempo real de forma remota es el Puente Río Papaloapan.

Dentro de las actividades para el monitoreo del Puente Río Papaloapan se encuentran la conceptualización, el diseño, la selección e integración del sistema de monitoreo remoto, el cual es un sistema basado en sensores de fibra óptica (figura 2).



**Figura 2**  
**Instrumentación propuesta para el puente Río Papaloapan**

A la par con esta actividad, se deben definir los límites de las alarmas de cada uno de los sensores con base en los parámetros estructurales que son medidos por cada sensor. Dada la problemática presentada en este puente, una de las variables más importantes es la fuerza axial a la que están sometidos cada uno de los 112 tirantes debido a la carga (viva y muerta), por lo que este trabajo se enfocó por una parte en obtener las distribuciones estadísticas de las fuerzas axiales actuales de cada tirante, así como, los que se presentarán en los próximos 30 años con base en las condiciones de tránsito actual con proyecciones de incremento del flujo vehicular de 2, 4 y 6%, y por otra parte, establecer los límites de alarma para las fuerzas axiales de los 112 tirantes, por lo que se propuso una configuración de tres niveles de alarma, el primer nivel con base en las distribuciones estadísticas bajo condiciones de operación normal del puente, el segundo con base en los límites de diseño de los

tirantes y el tercero con base en el esfuerzo último del material.

### Metodología

Para obtener las distribuciones estadísticas de las tensiones de los 112 tirantes y calcular el primer nivel de alarma, se desarrolló una metodología de 5 etapas. La primera etapa consistió en la generación y calibración del modelo de elemento finito del puente Río Papaloapan, el objetivo de esta etapa es la simulación de diferentes escenarios de cargas vivas reales con las condiciones de tránsito actual y futuro, así como, las debidas por las cargas originadas por el viento.

La segunda etapa fue realizar un análisis del flujo vehicular presente del puente Río Papaloapan con el fin de conocer el porcentaje de ocupación del puente, el tipo de vehículos que transitan por el puente, los carriles que ocupan y la velocidad con la que cruzan el puente.

La tercera etapa consistió en la determinación y generación de las curvas estadísticas de los pesos brutos vehiculares por tipo de vehículo, la generación y determinación de las curvas estadísticas de la velocidad del viento en la región donde se ubica el puente.

La cuarta etapa fue la creación del algoritmo de simulación Monte Carlo para generar escenarios aleatorios presentes y futuros, con el fin de obtener las distribuciones estadísticas de las fuerzas axiales de los 112 tirantes.

Finalmente en la quinta etapa se definieron los límites de las alarmas del primer nivel con base en los datos estadísticos de la simulación Monte Carlo.

A continuación se describen en detalle cada una de estas etapas.

### **Generación y calibración del modelo de elemento finito del Puente Río Papaloapan**

Para la construcción, calibración y simulación de los eventos estáticos y dinámicos se utilizó el paquete de elemento finito StaDyn versión 4.54, Doyle (1997, 2004). En la construcción de la geometría del modelo de elemento finito del puente, se utilizaron 8224 elementos y 4693 nodos. Con respecto a las condiciones de frontera, las cuatro torres se consideraron empotradas, se restringió el movimiento en la dirección "z" en los estribos que se encuentran cercanos al tirante 10 de las de las semi-arpas 1, 4, 5 y 8, el apoyo con dirección a Cosamaloapan se consideró simplemente apoyado, mientras que el apoyo con dirección a Cosoloacaque se consideró un apoyo móvil.

En esta primera etapa, una actividad de primordial importancia es la calibración de los parámetros estructurales del modelo de elemento finito del puente, para ello fue necesario obtener la información que está relacionada con el comportamiento

dinámico de la estructura. Para obtener esta información, se diseñaron dos conjuntos de pruebas dinámicas: la primera fue a través del monitoreo de las tensiones de los 112 tirantes en diferentes etapas de rehabilitación del puente, Quintana (2009). El segundo grupo de pruebas fue para obtener, a partir de una prueba de impacto en condiciones controladas, las respuestas dinámicas de aceleración en diferentes puntos del puente. Para estas pruebas se instrumentó el puente con 11 acelerómetros de baja frecuencia, Quintana (2009).

### **Análisis del flujo Vehicular en el Puente Río Papaloapan**

Para el análisis del flujo vehicular sobre el puente, se realizó un aforo vehicular, con el cual se determinó el porcentaje de ocupación del puente, la recurrencia con la que se circulan los vehículos por cada carril y el tipo de vehículo, éste se realizó entre el 11 y 12 de marzo del 2009. La metodología empleada para recopilar la información consistió en montar una cámara de video al centro del puente y registrar el paso de vehículos durante lapsos de tiempo a diferentes horas del día. Una vez capturada la información, se procesó en el laboratorio para determinar el tiempo en el que un vehículo pasa por un punto específico, el tipo de vehículo y el carril que ocupa en el puente, con esta información se calculó el flujo vehicular diario y el porcentaje de ocupación del puente.

Para poder asignar el porcentaje de ocupación del puente de acuerdo al flujo vehicular diario, se registró el lapso de tiempo en el que los vehículos pasaban sobre un mismo punto, considerando una velocidad promedio de 90 km/hr, en una longitud total del puente de 407 m, se obtuvo que un vehículo en promedio tarda en cruzar el puente 16.248 segundos. Con estos valores se desarrolló un programa que analiza el porcentaje de ocupación en el



puente, para el análisis se definieron intervalos de grabación de 16 segundos y secuencias a cada segundo. La tabla 1 contiene los datos de ocupación vehicular del puente Río Papaloapan generados por el programa a partir de las mediciones realizadas.

del vehículo tipo B3. El espacio entre ejes teóricos, se consideró de 1,75 m para los vehículos ligeros y 5,25 m para los vehículos B2 y B3. Para cada una de las configuraciones vehiculares se propuso un peso constante para los vehículos cuando circulan sin carga

**Tabla 1**  
**Porcentajes de ocupación del puente Papaloapan del 2009**

Número de vehículos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Probabilidad de ocurrencia (%)	19.98	26.31	28.74	15.17	6.51	2.43	0.67	0.10	0.040	0.002

**Tabla 2**  
**Tipo de Vehículos y porcentajes de uso**

Tipo de Vehículos	Vehículos ligeros	B2	B3	C2	C3	T3-S2	T3-S3	T3-S2-R4
Porcentaje (%)	51.74	2.40	0.60	6.37	5.53	14.32	4.45	14.56

La tabla 2 muestra los tipos de vehículos que circulan sobre el puente Río Papaloapan y su respectivo porcentaje.

**Generación de distribuciones probabilísticas**

Los datos estadísticos de carga de los vehículos pesados fue recopilada del Estudio Estadístico de Campo del Autotransporte Nacional “Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en el 2002”, Gutiérrez (2002). Para el caso de los vehículos ligeros, así como, los vehículos tipo B2 y B3 se tomó un peso constante de 3,0, 17,5 y 26,0 toneladas fuerza respectivamente, el peso fue distribuido en cuatro puntos de apoyo, los cuales representan dos neumáticos por eje para dos ejes teóricos en el caso

de acuerdo a la tabla 3, donde también se muestra el número de apoyos en los que se repartió la carga y la distancia entre ejes teóricos tomados para cada configuración. Dado que las simulaciones se hicieron en condiciones estáticas, para considerar el efecto dinámico, las cargas vivas por viento o flujo vehicular se multiplicaron por un factor de amplificación dinámica de 1,5. Otros datos obtenidos del procesamiento fue el porcentaje de vehículos pesados con carga y sin carga.

Finalmente, con los datos del Estudio Estadístico de Campo y la información de las estadísticas del Autotransporte Nacional, se obtuvieron las distribuciones estadísticas para cada uno de los vehículos de carga, Quintana (2009). Con respecto a los datos para generar

**Tabla 3**  
**Pesos de los vehículos sin carga y distancia entre ejes teórica**

Tipo de Vehículos	Vehículos ligeros	B2	B3	C2	C3	T3-S2		T3-S3		T3-S2-R4			
Peso del vehículo	3.0	17.5	26.0	4.0	8.0	20.0		26.0		41.0			
Número de ejes teóricos	2	2	2	2	2	3		3		5			
Distancia entre ejes (m)	1.75	5.25	5.25	5.25	5.25	ejes 1-2	ejes 2-3	ejes 1-2	ejes 2-3	ejes 1-2	ejes 2-3	ejes 3-4	ejes 4-5
						1.75	10.5	1.75	10.5	1.75	8.75	1.75	8.75

las cargas vivas por viento se tomaron los informes de la Comisión Nacional del Agua para el Puerto de Alvarado del año 2001. Con estos datos se obtuvo una distribución tipo "Extreme Value" de las velocidades del viento para esta región.

**Simulación Monte Carlo**

El diagrama de flujo del programa de simulación Monte Carlo, con el cual se obtienen las distribuciones de las tensiones en los tirantes opera con el siguiente esquema secuencial: el primer paso es definir el número de escenarios aleatorias que se desea simular; segundo paso es obtener el número de vehículos por cada simulación de acuerdo al porcentaje de ocupación del puente, una vez conocido el número de vehículos en cada simulación, se asigna el carril que ocupa cada uno de ellos en el puente de acuerdo a la probabilidad que existe de que un vehículo ocupe un carril determinado; posteriormente, es necesario asignar el tipo de vehículo con base en las estadísticas, es decir saber si el vehículo es ligero o de carga y en el caso de ser de carga determinar su configuración; el siguiente paso consiste en dar un lugar físico al vehículo sobre el puente de forma aleatoria; el penúltimo paso consiste en asignar, de acuerdo a las distribuciones de peso de los

vehículos, la carga viva para cada vehículo; y por último, asignar la velocidad del viento para ese escenario. El programa con todos estos datos, genera el modelo de elemento finito del puente agregando las cargas vivas del puente y ejecuta una simulación por elemento finito usando StaDyn, Doyle (1997, 2004); los datos que se calculan y almacenan corresponden a las tensiones de cada uno de los 112 tirantes.

Con los valores estadísticos referidos anteriormente, se calculó la distribución estadística de los 112 tirantes para las condiciones actuales de flujo vehicular. Dada la necesidad de establecer condiciones futuras de carga en el puente, se establecieron escenarios de flujo vehicular para 10, 20 y 30 años siguientes, asumiendo una tasa de crecimiento baja del 2%, una tasa media del 4% (esperada) y una tasa alta del 6%. Las proyecciones se tomaron considerando un flujo vehicular inicial de 9500 vehículos. Con los valores de flujo vehicular con diferente tasa de crecimiento anual, se modificó el programa para obtener las distribuciones estadísticas de las tensiones en los tirantes, considerando únicamente seis valores adicionales de flujo vehicular; 11580, 14117, 17208, 20816, 30812 y 54563 vehículos diarios, que corresponden con las tasas de crecimiento indicados anteriormente.

**Tabla 4**  
**Ocupación del puente Río Papaloapan con diferentes escenarios de flujo vehicular**

Ocupación simultanea	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Tránsito diario
Probabilidad (%)	10.00	24.76	28.74	20.76	10.44	3.87	1.10	0.24	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	11 580
	5.76	17.99	26.36	24.02	15.24	7.14	2.55	0.71	0.15	0.02	-	-	-	-	-	-	-	14 117
	2.86	11.39	21.24	24.65	19.92	11.89	5.42	1.92	0.53	0.11	0.02	-	-	-	-	-	-	17 208
	1.21	6.17	14.68	21.75	22.43	17.09	9.94	4.50	1.60	0.45	0.10	0.01	-	-	-	-	-	20 816
	0.08	0.76	3.17	8.22	14.80	19.69	20.01	15.85	9.88	4.87	1.88	0.57	0.13	0.02	-	-	-	30 812
	-	-	-	0.03	0.18	0.74	2.34	5.73	11.06	16.85	20.22	18.90	13.50	7.11	2.61	0.59	0.06	-

Para poder incorporar los flujos vehiculares en el programa y obtener las distribuciones estadísticas de las tensiones en los tirantes, es necesario obtener el porcentaje de ocupación del puente que se tendría bajo estos nuevos escenarios de carga, para generar estos datos se utilizó una distribución binomial, considerando una velocidad promedio de circulación sobre el puente de 90 Km/h, Quintana (2009), los porcentajes de ocupación se muestran en la tabla 4.

**Límites de las alarmas**

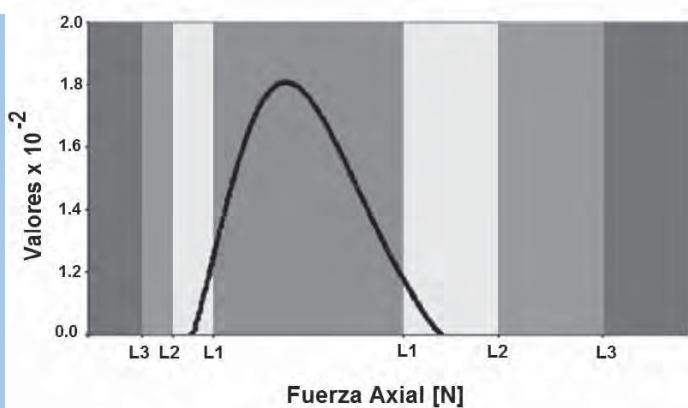
El tipo de distribución estadística obtenida para representar la carga de tensión de

los tirantes fue del tipo Extreme Value, el análisis se realizó utilizando el programa @ Risk 4.5 y el programa de MATLAB 7.1, mediante la comparación y ponderación de la calificación obtenida para cada tipo de distribución para cada uno de los tirantes. Finalmente se concluyó que el número de simulaciones necesarias para generar la distribución estadística es de 20000 eventos, esta conclusión se basó en el análisis de la variación de los parámetros estadísticos al compararlos con diferentes tamaños de muestras hasta obtener una estabilidad en los valores de  $\mu$  y  $\sigma$ .

**Tabla 5**  
**Parámetros estadísticos de las tensiones (Ton) con un flujo vehicular de 9500 vehículos**

Cable	Semi-Arpa 1			Nivel de Alarma (Ton)					
	k	$\mu$	$\sigma$	Primer Nivel de Alarma		Segundo Nivel de Alarma		Tercer Nivel de Alarma	
				Min	Max	Min	Max	Min	Max
1	-0.0030	1.8209	212.34	209.55	220.73	177.65	228.95	149.6	249.01
2	0.0209	0.9326	116.95	115.54	121.45	86.45	124.95	72.80	158.46
3	0.0499	0.8096	148.84	147.64	153.02	125.40	160.55	105.60	203.73
4	0.0894	0.6110	152.67	151.79	156.14	137.75	173.85	116.00	215.05
5	0.1644	0.4498	179.14	178.53	182.23	152.95	193.80	128.80	237.69
6	0.2748	0.3408	182.94	182.51	186.08	165.30	209.00	139.20	249.01
7	0.2635	0.3702	194.56	194.09	197.87	179.55	227.05	151.20	271.64

En la tabla 5 se puede observar algunos de los resultados obtenidos para el escenario de 9500 vehículos para las semi-arpa 1, en el cual se muestra los parámetros estadísticos de la distribución estadística de las fuerzas axiales en los cables. Con base en esta información se estableció el primer límite de alarma, para la condición actual de tránsito (una representación gráfica se indica en la figura 3), considerando que el límite inferior y superior está definido por la probabilidad de que la fuerza axial este por abajo del 1% o arriba del 99% del percentil de la distribución estadística respectivamente (zona amarilla). La segunda alarma se definió con respecto al límite de diseño, para el cual se establecieron que estos límites se ubicaran al 5% y 95% con respecto los límites de diseño inferior y superior respectivamente (zona naranja). En la tercera alarma (zona roja), se definió el límite inferior con respecto al 80% del límite inferior de diseño y el superior al 95% del esfuerzo último del material.



**Figura 3**  
Límites de alarma

## Conclusiones

En este trabajo se describe la metodología para el establecimiento de alarmas de los sensores que serán instalados en el puente

Río Papaloapan la cual puede ser empleada en otro tipo de estructuras, siendo necesario contar con datos de campo, elaborar las distribuciones estadísticas de cada variable y establecer criterios para el establecimiento de alarmas.

El esquema de generación de escenarios aleatorios mediante la simulación Monte Carlo permite simular la entrada de diferentes condiciones de carga viva sobre el puente y obtener como salida; datos sobre cargas, esfuerzos y deformaciones de los componentes estructurales de interés, los cuales pueden ser descritos mediante funciones de distribución de probabilidad. La información de las variables de salida puede ser utilizada para conocer el comportamiento de los sensores instrumentados en una estructura tanto presentes como futuros y de esta manera, permiten la configurar los límites de alarma en el monitoreo en tiempo real y remoto de la estructura.

## Referencias

- Aktan A. E., Grimmelsman, K. A. 1999. Structural identification: Analytical Aspects. *Journal of Structural Engineering*, 127(7), pp. 817-829.
- Carrión-Viramontes F. J. 2002. Aplicación de las Funciones Intermedias en Tiempo Frecuencia al Análisis de Sistemas Sujetos a Vibración, Tesis de Doctorado, Facultad de Ingeniería División de Postgrado de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Carrión-Viramontes F. J., López-López J. A., Quintana-Rodríguez J. A., Lozano A. 2007. Nonlinear Assessment of Cable Vibration in a Stayed Bridge. *Experimental Mechanics*, DOI 10.1007/s11340-007-9077-1.
- Doyle J.F. 1997. *Wave Propagation in Structures*. New York. 2/E. Springer-Verlag,



Doyle J. F. 2004. Modern Experimental Stress Analysis. New York. Wiley and Sons.

Gutiérrez J. L., Mendoza Díaz A. 2002. Análisis Estadístico de la Información Recopilada en las Estaciones Instaladas en el 2002. Documento técnico número 31 del Instituto Mexicano del Transporte.

López J. A., Carrión F. J., Quintana J. A., Samayoa D., Lomelí M. G., Orozco P. R. 2009. Verification of the Ultrasonic Qualification for Structural Integrity of partially Embedded Steel Elements. Advances Materials Research. 65(2009). 65(2009) pp. 69-78.

Quintana-Rodríguez J. A. 2009. Análisis del Método de Búsqueda Global para la detección de daño y monitoreo estructural de Puentes. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. ESIME-ZAC.

QUINTANA Juan  
jaquintana@imt.mx  
LÓPEZ Alfredo  
jalopez@imt.mx  
CRESPO Saúl  
screspo@imt.mx

## ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL TIEMPO DE LOS OCUPANTES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LA RED CARRETERA DE MÉXICO, 2012

### Introducción

En 2004, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) inició la publicación de una estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México (Torres y Díaz, 2004), con base en una metodología de cálculo cuyas principales variables explicativas son el salario mínimo general vigente (SMG), el número de horas laboradas por semana por la población ocupada con ingreso (POI) y el monto del ingreso percibido, expresado en Salarios mínimos generales promedio (SMGP).

Los valores publicados han sido tomados como referencia por las áreas operativas de la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT para la evaluación de proyectos carreteros, asimismo, la metodología ha sido utilizada por investigadores y profesionales del Sector que han elaborado otros trabajos relacionados con el valor social del tiempo, como el publicado por El Trimestre Económico en su número 297 (enero-marzo de 2008), el cual tomó como referencia importante dicho artículo publicado

en 2004 en el boletín NOTAS del IMT para la estimación del costo de oportunidad social del tiempo de los usuarios del aeropuerto de la Ciudad de México<sup>1</sup>.

Con la publicación de los resultados definitivos del Censo 2010, en la presente nota, se realiza una actualización de los factores, aplicando la metodología antes mencionada y cuyas expresiones básicas se muestran a continuación.

Valor del tiempo por motivo de trabajo (SHP):

$$\text{SHP} = (\text{FTP} * \text{SMGP} * 7) / \text{HTP} \quad (1)$$

Valor del tiempo por motivo de placer (VTpp):

$$\text{VTpp} = 0.3 * \text{H}^2 (\text{GWILLIAM Kennet, 1995}) \quad (2)$$

<sup>1</sup> ALBERRO José. Costo de oportunidad social del tiempo de usuarios del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, El Trimestre Económico N° 297 Enero-marzo de 2008. Fondo de Cultura Económica, México, 2008

<sup>2</sup> GWILLIAM, Kenneth. The value of time in economic evaluation of transport projects, lessons from recent research in "Infrastructure Notes" No. OT-5, Transport Sector World Bank, January 1995 <http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-ot5.htm>

$$VT_{pp} = 0.3 \cdot (2 \cdot FIP \cdot [SMGP / (HTP / 7)]) \quad (2a)$$

Donde:

$$H = \text{ingreso horario familiar}^3 = 2 \cdot FIP \cdot SMH$$

$$SMH = \text{salario mínimo por hora (en pesos)} = SMGP / PHTD$$

$$PHTD = \text{promedio de horas trabajadas diarias} = HTP / 7$$

$$HTP_{\text{censo2010}} = \text{promedio de las horas trabajadas por semana} = 41.444$$

$$FIP_{\text{censo2010}} = \text{factor de ajuste del ingreso promedio de la población} = 3.367$$

$$SMGP = \text{salario mínimo general promedio (en pesos diarios)}$$

La actualización de la fuente de información implica ajustes en otros factores como el SMH y el PHTD, y por tanto en el valor del tiempo de los usuarios de las carreteras, dichas variaciones se describen en las siguientes secciones.

### Estimación del valor del tiempo a nivel nacional

En el año 2012, con la actualización de los salarios mínimos vigentes desde el 1 de enero, la CONASAMI recalculó el SMGP vigente durante dicho año, arrojando un valor de \$60.50, equivalente a un incremento de 4.2% con respecto a 2011.

Asimismo, la actualización de los factores HTP y el FIP, con base en la información del Censo de Población y Vivienda 2010, representó una disminución de 4.65% en el valor de las horas trabajadas así como un incremento de 14.67% en los ingresos percibidos, en el ámbito nacional.

Para realizar una actualización del valor del tiempo basta con sustituir los salarios mínimos generales promedio vigentes en las ecuaciones 1 y 2, como se muestra a continuación.

### Valores HTP y FIP derivados del Censo 2010

$$SHP_{(2012)} = (3.367 \cdot 60.50 \cdot 7) / 41.444 = 34.41$$

$$VT_{pp(2012)} = (0.3 \cdot 2) \cdot (3.367 \cdot [60.50 / (41.444 / 7)]) = 20.64$$

De esta manera se obtuvieron las siguientes estimaciones del valor del tiempo con factores del Censo 2010: \$34.41 para viajes por motivo de trabajo y \$20.64 para los viajes por placer; dichos valores son 20% mayores a los obtenidos con factores del Censo 2000.

### Valores HTP y FIP derivados del Censo 2000

$$SHP_{(2012)} = (2.936 \cdot 60.50 \cdot 7) / 43.466 = 28.61$$

$$VT_{pp(2012)} = (0.3) \cdot (2 \cdot 2.936 \cdot [60.50 / (43.466 / 7)]) = 17.17$$

Por otra parte, con la finalidad de reducir cálculos, podemos simplificar la fórmula para estimar el VT<sub>pp</sub>, subiendo el factor de días de la semana (7) al numerador, quedando de la siguiente forma:

$$VT_{pp(2012)} = (0.3 \cdot 2) \cdot (3.367 \cdot [60.50 \cdot 7 / (41.444)]) = 0.6 \cdot SHP$$

Esto es, el valor del tiempo para los viajes por motivos de placer equivale a 60% del valor por motivo de trabajo; dicha equivalencia es válida mientras no se modifique el valor del factor H (ingreso horario familiar). De esta forma, en las siguientes secciones sólo se presentan los valores obtenidos para los viajes

<sup>3</sup>F. Cortés (2003) considera que el valor de H para el caso mexicano equivale aproximadamente a la aportación que hacen dos miembros de la familia al ingreso familiar.

**Cuadro 1**  
**Regionalización propuesta de México**

Región	Entidad Federativa
Sur-Sureste	Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.
Centro-País	Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Puebla, y Tlaxcala.
Centro-Occidente	Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.
Noreste	Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas.
Noroeste	Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora.

**Fuente:** Elaboración con base en el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012. Presidencia de la República México, 2007.

con motivo de trabajo, en el entendido que los valores por motivo de placer se obtienen al multiplicar por 0.6 dicho valor, así podemos concentrarnos en resaltar la evolución en el valor del tiempo debido al cambio de factores derivados del Censo 2010. A continuación, se aplica la metodología a la descripción regional y estatal.

### Valor del tiempo en el ámbito regional

En el cuadro 1 se muestra la regionalización considerada en el Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012 (PNI-2007), a la cual se aplicó la metodología para conocer la evolución del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera. Para el año 2012, todas las regiones muestran un incremento en el valor del tiempo, con respecto a los valores calculados con los factores derivados del Censo del año 2000, véase el cuadro 2, destaca el crecimiento del

**Cuadro 2**  
**Valor del tiempo de los pasajeros en las regiones de México, para el año 2012**

Entidad Federativa	FIP		HTP		Valor tiempo, viaje por trabajo		Cambio porcentual
	2000	2010	2000	2010	Censo 2000	Censo 2010	
Región Sur-Sureste	2,35	2,96	44,01	40,96	22,64	30,60	35
Región Centro-País	2,94	3,37	43,71	41,90	28,48	35,05	20
Región Centro-Occidente	2,96	3,43	43,15	41,08	29,07	35,39	22
Región Noreste	3,39	3,57	43,07	41,80	33,34	36,22	9
Región Noroeste	3,39	3,77	42,75	41,31	33,60	38,66	15
Nacional	2.94	3.37	43.47	41.44	28.61	34.41	20

**Fuente:** Elaboración personal con base en "XII Censo General de Población y Vivienda", 2000, y Censo de Población y Vivienda 2010. Página Web de INEGI.

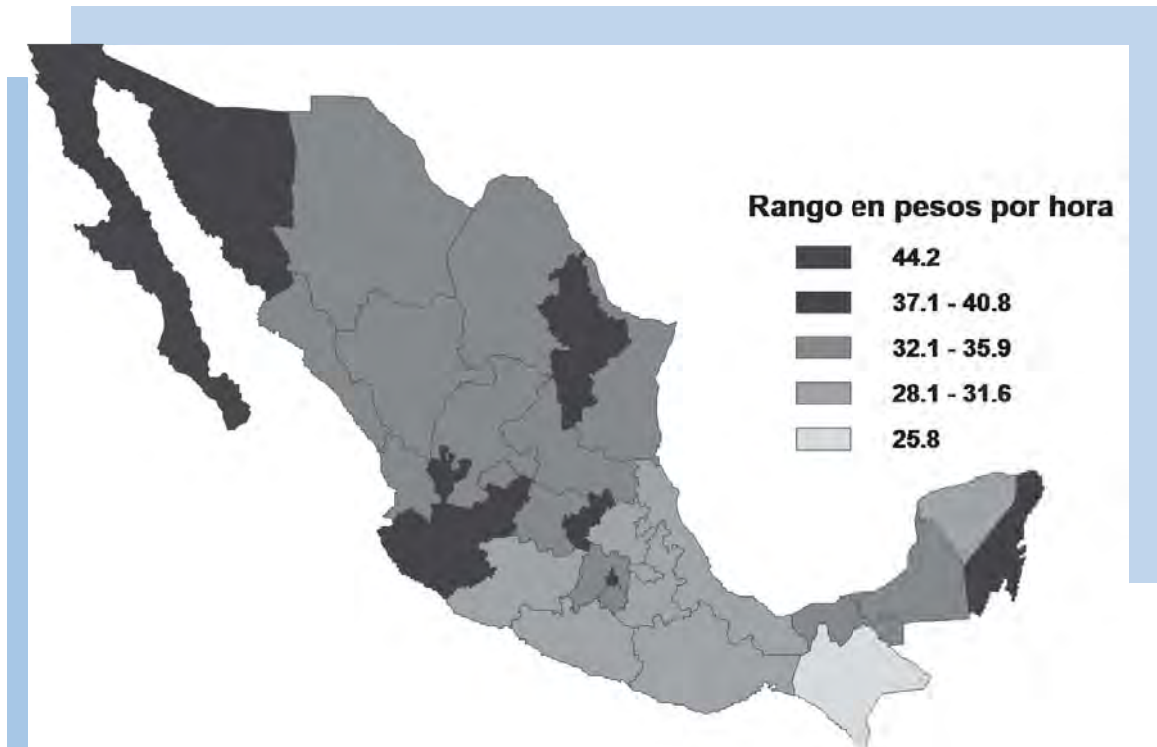
valor de la región Sur-Sureste, reduciendo la diferencia con respecto a la región Noroeste, pasando de 48 a 26% con respecto al valor de la región Sur-Sureste. Esta reducción del rango de valores entre las regiones, no revierte la tendencia de una mayor valoración del tiempo a medida que la población se ubica hacia el norte del país.

**Valor del tiempo en el ámbito estatal**

Para estimar el valor del tiempo para los estados, fue necesario recalcular los factores de ingresos promedio y horas trabajadas promedio de acuerdo con la información del Censo 2010. En el caso de las horas trabajadas promedio, todos los estados muestran reducción en su valor en proporciones que van desde -2.1% en Nuevo León hasta -7.8% en Oaxaca; resalta que la mayor disminución se dio en estados del Sur-Sureste: Oaxaca, Guerrero, Chiapas y Quintana Roo, asimismo,

se reportaron los mayores incremento del factor de ingreso (FIP) para los estados del Sur-sureste en los estados de Campeche, Tabasco, Veracruz y Oaxaca, todos mayores a 27%, mientras que en contraste los únicos estados que redujeron su FIP se localizaron en el norte del país, siendo estos: Baja California, Chihuahua y Coahuila.

La combinación de los cambios en los factores de horas trabajadas e ingresos, muestran un cambio notable en la jerarquía de la valoración de los estados, como puede apreciarse en el cuadro 3, especialmente en los estados del Sur-sureste, pues Campeche y Tabasco muestran incrementos de 39%, lo que les permite pasar del rango de valor bajo al rango de valor medio; le siguen en incremento Oaxaca y Guerrero con incrementos de 38%, aunque suben posiciones, su incremento no es suficiente para subir de categoría y permanecen en el rango de valor del tiempo



**Fuente:** Elaboración personal con base en "XII Censo General de Población y Vivienda", 2000, y Censo de Población y Vivienda 2010. Página Web de INEGI.

**Figura 1**  
**Valor del tiempo de los pasajeros 2012, por entidad federativa**

**Cuadro 3**  
**Valor del tiempo de los pasajeros para 2012, por entidad federativa y**  
**por fuente de los factores de ingreso y horas trabajadas**

Nacional	SHP (Censo 2000)	SHP (Censo 2010)	Variación
<b>Valor del tiempo muy alto (mayor al promedio nacional en 1.5 desviaciones estándar)</b>			
Baja California Sur	33,37	44,20	32%
<b>Valor del tiempo alto (mayor al promedio nacional en 0.5 desviaciones estándar)</b>			
Baja California	40,77	40,81	0%
Nuevo León	35,42	40,74	15%
Querétaro	33,20	40,14	21%
Distrito Federal	33,49	39,81	19%
Jalisco	30,73	38,62	26%
Quintana Roo	31,87	38,25	20%
Sonora	30,92	37,23	20%
Colima	29,11	37,09	27%
<b>Valor del tiempo medio (valores entre +0.5 y -0.5 desviaciones estándar)</b>			
Nayarit	27,26	35,91	32%
Sinaloa	28,86	35,68	24%
Aguascalientes	31,14	35,52	14%
Chihuahua	34,80	35,05	1%
Campeche	25,08	34,95	39%
Tabasco	24,85	34,61	39%
Morelos	26,72	34,42	29%
Coahuila	33,40	34,13	2%
Tamaulipas	30,20	33,97	12%
Guanajuato	28,22	33,02	17%
Estado de México	27,46	32,65	19%
San Luis Potosí	26,73	32,60	22%
Durango	29,39	32,41	10%
Zacatecas	27,53	32,06	16%
<b>Valor del tiempo bajo (menor al promedio nacional en 0.5 desviaciones estándar)</b>			
Michoacán	26,51	31,60	19%
Hidalgo	23,07	30,67	33%
Oaxaca	21,97	30,27	38%
Veracruz	21,92	30,26	38%
Puebla	23,72	29,46	24%
Guerrero	22,84	29,36	29%
Yucatán	22,86	28,79	26%
Tlaxcala	22,86	28,10	23%
<b>Valor del tiempo muy bajo (menor al promedio nacional en 1.5 desviaciones estándar)</b>			
Chiapas	19,22	25,78	34%

**Fuente:** Elaboración personal con base en "XII Censo General de Población y Vivienda", 2000, y Censo de Población y Vivienda 2010. Página Web de INEGI.



bajo, a pesar de que Chiapas tuvo un incremento de 34%, este no es suficiente para dejar la última posición y se mantiene como el único estado con categoría de muy bajo valor del tiempo.

Continúa en importancia de incremento Hidalgo que avanza una posición pero se mantiene en el rango de valor bajo; Nayarit avanza nueve posiciones con un incremento de 32% pero no le alcanza para colarse a la categoría de valor alto; el último estado con crecimiento mayor a 30% fue Baja California Sur, que pasa a ocupar el primer lugar con 44.2 pesos por hora.

A pesar de los cambios señalados, es aún notorio la disparidad regional en cuanto a valoración del tiempo en los estados del Norte con respecto al Sur-Sureste, con las excepciones de tres estados: Quintana Roo, de vocación turística, Campeche y Tabasco con importantes influencia de la actividad de extracción de petróleo, véase la figura 1.

Si bien la desagregación estatal del valor del tiempo permite matizar diferencias de valoración regionales, es probable que la evaluación de algunos proyectos de índole local requiera información más desagregada, la cual pudiera requerir una consulta específica a las bases de datos municipales de INEGI.

## Conclusiones y recomendaciones

La metodología continua siendo una alternativa sencilla para conocer el valor del tiempo de la población ocupada del país, que frecuentemente, es utilizado como insumo en los distintos modelos de evaluación económica de proyectos de infraestructura carretera.

La actualización de los factores de ingresos y horas trabajadas derivados del Censo de Población y Vivienda 2010 permitió un ajuste del valor del tiempo 20% mayor al que se estimaba con información del año 2000,

esto permitiría en un principio que un mayor número de proyectos pudieran entrar a la cartera de inversión.

Los valores actualizados reflejan una menor desigualdad entre las regiones y los estados, sin embargo, se mantiene el rezago de la región Sur-Sureste de México, que es resultado de un Incremento importante en los indicadores de los estados del Sureste acompañado de un relativo estancamiento de algunos estados del norte.

Es recomendable tener cuidado cuando los proyectos de infraestructura carretera constituyan parte de un eje o el tramo en análisis forme parte de alguna red de transporte en la que confluyan usuarios de largo itinerario, en este caso es recomendable utilizar los valores promedio a nivel nacional. Asimismo, debido a que una de las regiones más desfavorecidas continua siendo la Sur-Sureste, con objeto de contribuir a la disminución del grado de marginación que existe en esta región se recomienda utilizar también los valores promedio a nivel nacional en los distintos estudios de preinversión de proyectos de infraestructura que se localicen en dicha región.

Debido a que los valores reportados por el Censo no contabilizan los impuestos y algunas prestaciones, los valores obtenidos pueden afectarse por un 30% de su valor, como parte de las prestaciones que reciben los trabajadores y no son contabilizadas como ingresos, como lo menciona Héctor F. Cervini I. en el documento "Valor Social del Tiempo"<sup>4</sup>.

## Bibliografía

ALBERRO, J. "Costo de oportunidad social del tiempo de usuarios del aeropuerto internacional de la Ciudad de México". El

<sup>4</sup> Cervini, Héctor F. "Valor Social del Tiempo" (versión preliminar) Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona.- <http://www.ecap.uab.es/jpasqual/materials/>

trimestre económico 297, enero-marzo de 2008, Fondo de cultura económica, México, 2008.

CERVINI, Héctor F. "Valor Social del Tiempo" (versión preliminar) Departamento de Economía Aplicada, Universidad Autónoma de Barcelona.- <[http://www.ecap.uab.es/jpasqual/materials/valor\\_social\\_tiempo.pdf](http://www.ecap.uab.es/jpasqual/materials/valor_social_tiempo.pdf)> CONASAMI. "Salario Mínimo General Promedio" Comisión Nacional de Salarios Mínimos, México, página Web <<http://www.conasami.gob.mx>>

CORTÉS, F. "El ingreso y la desigualdad en su distribución, México: 1997-2000", Papeles de Población No. 35 enero/marzo 2003. Universidad Autónoma del Estado de México. <<http://papelesdepoblacion.uaemex.mx/pp35/pp35.html>>.

GWILLIAM, Kenneth. The value of time in economic evaluation of transport projects, lessons from recent research in "Infrastructure Notes" No. OT-5, Transport Sector World Bank, January 1995 <<http://www.worldbank.org/transport/publicat/td-ot5.htm>>

INEGI. "XII Censo General de Población y Vivienda 2000". Tabulados Básicos, Empleo. <<http://www.inegi.gob.mx/>>

INEGI. "Censo de Población y Vivienda 2010". Tabulados Básicos, Empleo. <<http://www.inegi.gob.mx/>>

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA. "Programa Nacional de Infraestructura 2007-2012". Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. 2007.

TORRES, Guillermo y PÉREZ, J. Arturo. "Métodos de asignación de tránsito en redes regionales de carreteras: dos alternativas de solución". Publicación Técnica No. 214. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Qro., 2002.

TORRES, G: y DÍAZ, E. "Propuesta metodológica para determinar el valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México".

NOTAS 85, artículo 2, julio de 2004. Instituto Mexicano del Transporte. 2004.

TORRES, G. y HERNÁNDEZ, S. "Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México: el caso del transporte de pasajeros", Publicación Técnica No. 291. Instituto Mexicano del Transporte. Sanfandila, Qro., 2006.

TORRES, G: y HERNÁNDEZ, S. "Propuesta metodológica para determinar el valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2008".

NOTAS 113, artículo 1, julio/agosto de 2008. Instituto Mexicano del Transporte. 2008.

TORRES, G: y HERNÁNDEZ, S. "Propuesta metodológica para determinar el valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2011". NOTAS 129, artículo 1, marzo/abril de 2011. Instituto Mexicano del Transporte. 2011.

TORRES Guillermo  
gtorres@imt.mx  
HERNÁNDEZ Salvador  
chava@imt.mx

## GLOSARIO

### Artículo 1:

**Fatiga:** Es un proceso de agrietamiento progresivo que culmina con la fractura del material sujeto a cargas repetitivas o fluctuantes, cuyo valor máximo es menor a la resistencia de cedencia en tensión.

**Sistema de monitoreo remoto:** Adquisición de datos provenientes de sensores colocados sobre una estructura cuya información es transmitida hasta un punto externo de interés.

**Fuerza axial:** Fuerza dirigida a lo largo del eje longitudinal de un miembro; puede causar tensión o compresión en éste.

**Excitación ambiental:** Movimiento dinámico de la estructura producido por viento ó sismo.

### Artículo 2:

**Viaje por motivo de trabajo:** Esta clasificación corresponde al tipo de viaje que realizan los usuarios de la red carretera nacional para asistir a reuniones de trabajo, relacionadas con su actividad profesional, tales como:

cerrar una operación de venta, establecer contacto con algún cliente para proporcionar un producto o servicio, realizar trámites administrativos, es decir, la inversión de tiempo en el desplazamiento de las personas, incide desfavorablemente en su productividad laboral.

**Viaje por motivo de placer:** Este tipo de viaje se realiza normalmente en los días de asueto, (fines de semana, días festivos y periodos vacacionales, entre otros) los pasajeros que se desplazan hacia los centros turísticos o bien cuando se visita a familiares y amigos en los que el tiempo de recorrido no afecta la productividad laboral de los individuos, para ellos el tiempo tiene un valor marginal, ya que podrían disponer de menor tiempo para visitar a la familia o recorrer algunos sitios turísticos.

**Factor de ajuste del ingreso promedio de la población (FIP):** Este factor representa el valor promedio del ingreso de la población ocupada en las distintas ramas de la actividad económica del país, expresado en número de salarios mínimos diarios que representan dicho ingreso.

## PROYECTO EN MARCHA

### Estudios en modelos numéricos para revisar la dinámica costera en la zona del muelle de transbordadores de Playa del Carmen, Q. Roo

Entre septiembre de 2009 y febrero de 2010, el Fideicomiso para la Restauración, Recuperación, Sostenimiento y Mantenimiento de la Zona Federal Marítimo Terrestre del estado de Quintana Roo, realizó obras de relleno artificial de arena en 4.2 km de Playa del Carmen, Q. Roo, lo que ocasionó que en

febrero de 2010, se presentara azolvamiento en las áreas de operación del muelle de transbordadores de Playa del Carmen, originando una reducción en la profundidad y áreas de atraque de dicho muelle.

En virtud de lo anterior, la Dirección General de Puertos (DGP), solicitó al Instituto Mexicano

del Transporte (IMT) la realización de estudios para revisar la dinámica de la costa en la zona del muelle de transbordadores de Playa del Carmen, con objeto de dar recomendaciones para garantizar la operación de las embarcaciones que hacen uso de dicho muelle.

Para llevar a cabo los estudios en cuestión, se han realizado las siguientes actividades:

- Tomando en consideración la caracterización del oleaje normal del nodo GOL19MX del Atlas de Oleaje Oceánico Mexicano y la información batimétrica obtenida de portulanos editados por la Secretaría de Marina y complementada con la información batimétrica de la zona de estudio, la cual fue proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, se realizaron modelaciones numéricas de la refracción del oleaje, corrientes litorales, transporte litoral, evolución de la línea de playa y evolución del perfil de playa.

- Tomando como base los resultados obtenidos de las modelaciones numéricas y las características del barco de proyecto se recomendó prolongar el muelle 280 m, esto es previendo la profundidad mínima requerida de 3.50 m y la longitud de atraque mínima requerida de 45 m, para garantizar las operaciones de atraque del barco de proyecto

Con objeto de reducir los costos de la prolongación propuesta para el muelle de transbordadores, actualmente el IMT está realizando modelaciones numéricas de la evolución de la línea de playa (tomando en consideración la longitud actual del muelle de transbordadores) para definir las obras de protección necesarias en la zona Norte del muelle, que contrarresten el problema de azolvamiento que se presenta en dicha estructura de atraque.

RAMÍREZ Rodolfo  
rramirez@imt.mx

## PUBLICACIÓN

### Evaluación electroquímica de cables postensados con aplicación estructural en el sector transporte

En la **Publicación Técnica 348** se describe la cantidad de puentes postensados y preesforzados que se encuentran en México. Se hace referencia a la investigación realizada por el IMT, las condiciones a las cuales se encuentran los puentes expuestos y los problemas comunes que se presentan en el país. La revisión bibliográfica específica las condiciones de exposición y formas de ataque sobre la durabilidad de puentes, expone también la teoría básica de corrosión del acero en concreto y una revisión sobre el efecto de agrietamiento del concreto por corrosión. También se indica la aplicación de la técnica de Corriente Directa Gradiente de Voltaje (DCVG, por sus siglas en inglés), para encontrar daño por corrosión en puentes postensados.



Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto: <http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/>

## EVENTOS ACADÉMICOS

### Seminario de simulación numérica de propagación de tsunamis

En diciembre del 2006, el IMT en coordinación con la Dirección General de Puertos de la SCT, puso en operación la primera etapa de la Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas (RENEOM) la cual está integrada por sistemas de medición que registran de forma continua las condiciones del oleaje, las variaciones del nivel del mar y las características de las variables meteorológicas.

La puesta en operación de este programa es de gran importancia para la SCT, y en especial para la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante (CGPyMM) para el desarrollo de nuevos puertos y para el mantenimiento de los puertos existentes, así como para los estudios de dinámica de costas y estructuras de protección.

Por tal motivo el IMT organizó el presente curso regional, el cual se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Náutica en Mazatlán, Sin., del 15 al 17 de agosto de 2011, con la colaboración de la Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.

El objetivo del curso fue presentar los alcances de la RENEOM, así como capacitar al personal de las Administraciones Portuarias Integrales y Capitanías de Puerto para que realicen tareas de operación y mantenimiento de los equipos de la RENEOM.

El curso estuvo dirigido al personal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Administraciones Portuarias Integrales y Capitanías de Puerto que participan en la operación de los equipos de la RENEOM.

Tuvo una duración de 36 horas, con una asistencia de 24 participantes procedentes de las API's Manzanillo, Guaymas, Altamira, Puerto Vallarta, Topolobampo, Progreso Yucatán, Coatzacoalcos, Veracruz, Mazatlán, Ensenada y Lázaro Cárdenas; y de la Escuela Náutica Mercante de Mazatlán.

Los profesores que impartieron el curso fueron el M. en C. José Miguel Montoya Rodríguez, Ing. Rodolfo Ramirez Xicotencatl, Ing. David Cuevas Mora y el M. En I. Noé Toledano Vega.

Alguna de la temática fue:

- Sistema nacional de alerta de tsunamis
- Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas
- Mantenimiento preventivo y practica de rastreo de las boyas direccionales
- Operación y practica de mantenimiento preventivo de las estaciones de tsunamis, meteorológicas y mareográficas
- Análisis y comunicación de datos pc local y central para sistemas de medición de la RENEOM



Instituto Mexicano del Transporte



**DIRECTORIO**

*Ing. Roberto Aguerrebere Salido*  
**Director General**  
 (442) 2 16 97 77 ext. 2001  
 roberto.aguerrebere@imt.mx

*Ing. Jorge Armendariz Jiménez*  
**Coordinador de Administración y Finanzas**  
 (442) 2 16 97 77 ext. 3057  
 jorge.armendariz@imt.mx

*Ing. Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez*  
**Coordinador de Normativa para la Infraestructura del Transporte**  
 (55) 52 65 36 00 ext. 4314  
 alfonso.elizondo@imt.mx

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

*Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue*  
**Coordinador de Integración del Transporte**  
 (442) 216 97 77 ext. 2007 martner@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 C. Tristán Ruíz Lang*  
**Coordinador de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales**  
 (442) 216 97 77 ext. 2005  
 tristan.ruiz@imt.mx

*M. en C. 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:*

**M. en D.G. 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 y 2031

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

**Correo:** 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)

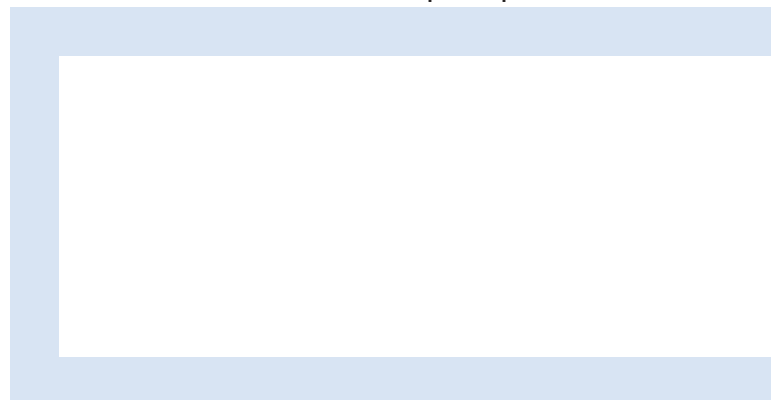
El contenido de los artículos aquí publicados es responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

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.



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

Registro Postal  
Cartas  
CA22-0070  
Autorizado por Sepomex



POR AVIÓN  
AIR MAIL