

I. Nombre del Proyecto Preventivo

Vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales.

Requisitos de elegibilidad técnicos y administrativos

a) Elegibilidad técnica:

La gran mayoría de fallas en puentes en México se deben al efecto de la socavación. De los 15 principales corredores carreteros del país, principalmente seis de los corredores longitudinales "corren" a lo largo de las costas del golfo de México y del océano Pacífico en zonas de influencia de tormentas tropicales y lluvias extremas. En los seis corredores mencionados se localizan una gran cantidad de puentes, muchos de ellos sobre ríos. La falla de un puente, cualquiera que sea la causa, tiene un alto costo directo e indirecto para la sociedad.

En este proyecto se pretende desarrollar una nueva metodología para la evaluación de riesgos por socavación en puentes, mediante la identificación de su ubicación y condiciones físicas actuales, en zonas de gran influencia de tormentas tropicales. La evaluación de las condiciones físicas se hará con base en una inspección visual y en la recopilación de planos de proyectos ejecutivos de los puentes. Posteriormente, se hará una clasificación del nivel de riesgo por socavación de todos los puentes ubicados sobre ríos en tres de los corredores carreteros longitudinales, tomando en cuenta la probabilidad de generación de tormentas tropicales y el cauce de los ríos que cruzan las carreteras. Con base en esta clasificación, además de tomar en cuenta factores tales como la estabilidad de la corriente, años de servicio del puente, tipo de terreno, tipo de cimentación y tipo de subestructura del puente (Arneson *et al*, 2012), se elaborarán modelos matemáticos de aquéllos puentes con mayor riesgo de socavación.

En primer término se recabará la mayor información posible sobre las carreteras y puentes de los tres corredores seleccionados, tanto federales como de cuota; buscando el apoyo de la SCT, CAPUFE y BANOBRAS, además de búsquedas en internet. De la misma forma, se recabará información de todas las estaciones meteorológicas del país, además de consultar mapas existentes de fenómenos hidrometeorológicos (SEMARNAT, CONAGUA) que hayan incidido en las zonas costeras de las carreteras por estudiar (ver mapa 1). En una segunda etapa de trabajo se realizarán recorridos carreteros en tres grupos de dos ingenieros especialistas en estructuras de puentes y sus respectivos ayudantes, por las diferentes zonas (carreteras principales) costeras del país. Esta actividad junto con la información recabada, y una evaluación del estado físico real de los puentes, permitirá identificar las estructuras de puentes más vulnerables, ante el posible aumento del gasto de los ríos que cruzan como consecuencia de la posible ocurrencia de huracanes.

Por otro lado, se definirán los cauces más peligrosos, desde el punto de vista hidrológico.

Una vez realizado lo anterior se procederá a realizar los estudios topohidráulicos y de mecánica de suelos en al menos 20 sitios representativos de la problemática de este estudio. En paralelo se procesará la información meteorológica recabada y se procederá a hacer estimaciones probabilistas de las velocidades de viento y de los aumentos del flujo de agua en los cauces de los ríos, o en su caso en cuencas hidrográficas.

Una vez realizados los estudios de campo y procesada la información respectiva, se elaborarán modelos matemáticos, considerando la interacción con el agua, de diferentes tipos de pilas y con diferentes tipos de cimentaciones para estudiar su resistencia y estabilidad ante los posible empujes y niveles de agua, así como ante velocidades de viento asociadas a los huracanes, ya que las fuerzas de empuje por viento, a considerar en los diseños, son función de la velocidad. Los análisis de los modelos matemáticos considerarán los resultados de los estudios topohidráulicos y de mecánica de suelos, así como estimaciones de profundidades de socavación.

En la etapa final, con base en lo realizado, se priorizarán los riesgos, en términos de una lista de estructuras de puentes, se propondrán medidas de mitigación del riesgo (Johnson y Dock, 1998), y se entregará una propuesta para el monitoreo de algunas estructuras seleccionadas de la lista mencionada.

Los resultados del proyecto servirán para definir medidas de protección, así como de mantenimiento para los puentes estudiados. También se propondrán esquemas de monitoreo permanente en aquellas estructuras que así se considere pertinente.

Arneson, L. A., Zeven bergen, L. W., Lagasse, P.F. y Clopper, P.E. (2012). *Evaluating scour at bridges*, Hydraulic Engineering Circular No. 18: FHWA-HIF-12-003, U.S. DOT, Washington, DC.

Johnson, P. y Dock, D. (1998). Probabilistic bridge scour estimates, *Journal of Hydraulic Engineering*, 10, 750-754.

b) Elegibilidad administrativa:

Conforme a lo señalado en el oficio de solicitud, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), como instancia técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil se encuentra plenamente acreditado e identificado ante los órganos decisorios del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (FOPREDEN) y su Representante Legal cuenta con las atribuciones necesarias a fin de garantizar la adecuada ejecución del mismo.

El objetivo del Proyecto de Investigación se apega a lo establecido en la fracción II del artículo 48 de las ROFOPREDEN, el cual señala que la Subcuenta proporcionará financiamiento para "*Estudios o investigaciones orientados al diagnóstico, evaluación, modelación y reducción de la vulnerabilidad física y social*".

II. Monto del financiamiento con cargo a la Subcuenta de Investigación del FOPREDEN

\$10,329,200.00 (Diez millones trescientos veintinueve mil doscientos pesos 00/100 m.n.).

III. Términos de referencia del Proyecto Preventivo:

a) Objetivo General del Proyecto Preventivo

Desarrollar una metodología para la evaluación de riesgos por socavación en puentes ubicados en zonas de gran influencia de ciclones tropicales.

b) Objetivos Específicos del Proyecto Preventivo

Para lograr el objetivo, se realizarán los siguientes pasos:

- Definición de prioridades de riesgo/susceptibilidad de daño, por socavación en puentes ubicados en los principales corredores carreteros del país.
- Elaborar propuesta de medidas de protección contra socavación en aquéllos puentes identificados con mayor vulnerabilidad ante los efectos de la socavación.
- Diseñar un esquema de monitoreo para estructuras de puentes existentes que permita hacer un seguimiento de los efectos de la socavación.
- Evaluar con mayor eficiencia el riesgo por socavación durante la ocurrencia de tormentas tropicales.

c) Descripción detallada del escenario de peligro, vulnerabilidad y/o riesgo que se debe estudiar o resolver, a través de la ejecución del Proyecto de Investigación

Riesgo por socavación

La socavación es un fenómeno natural que consiste en la remoción de material del fondo de un cauce, provocada esta por el aumento en la velocidad y volumen de la corriente, y su posterior depósito cuando la velocidad disminuye. La socavación puede ocurrir en cualquier corriente o masa de agua en movimiento. Las grandes precipitaciones pluviales que acompañan la ocurrencia de tormentas tropicales producen aumentos en la velocidad y volúmenes de agua en ríos sobre los que cruzan puentes carreteros, por lo que puede ocurrir la socavación de las cimentaciones de las pilas que se localizan dentro del cauce, o están ubicadas muy cercanas a ellos, ya que también se generan las llanuras de inundación. Existen en México varios tramos de ejes carreteros longitudinales cercanos a las costas del Océano Pacífico y Atlántico (Fig. 1), tales como Veracruz-Monterrey, Peninsular de Yucatán, Costera del Pacífico, México-Nogales, Transpeninsular de Baja California, Puebla-

Oaxaca-Ciudad Hidalgo, entre otros, con una longitud aproximada de 8000 km y un gran número de puentes con las características mencionadas.

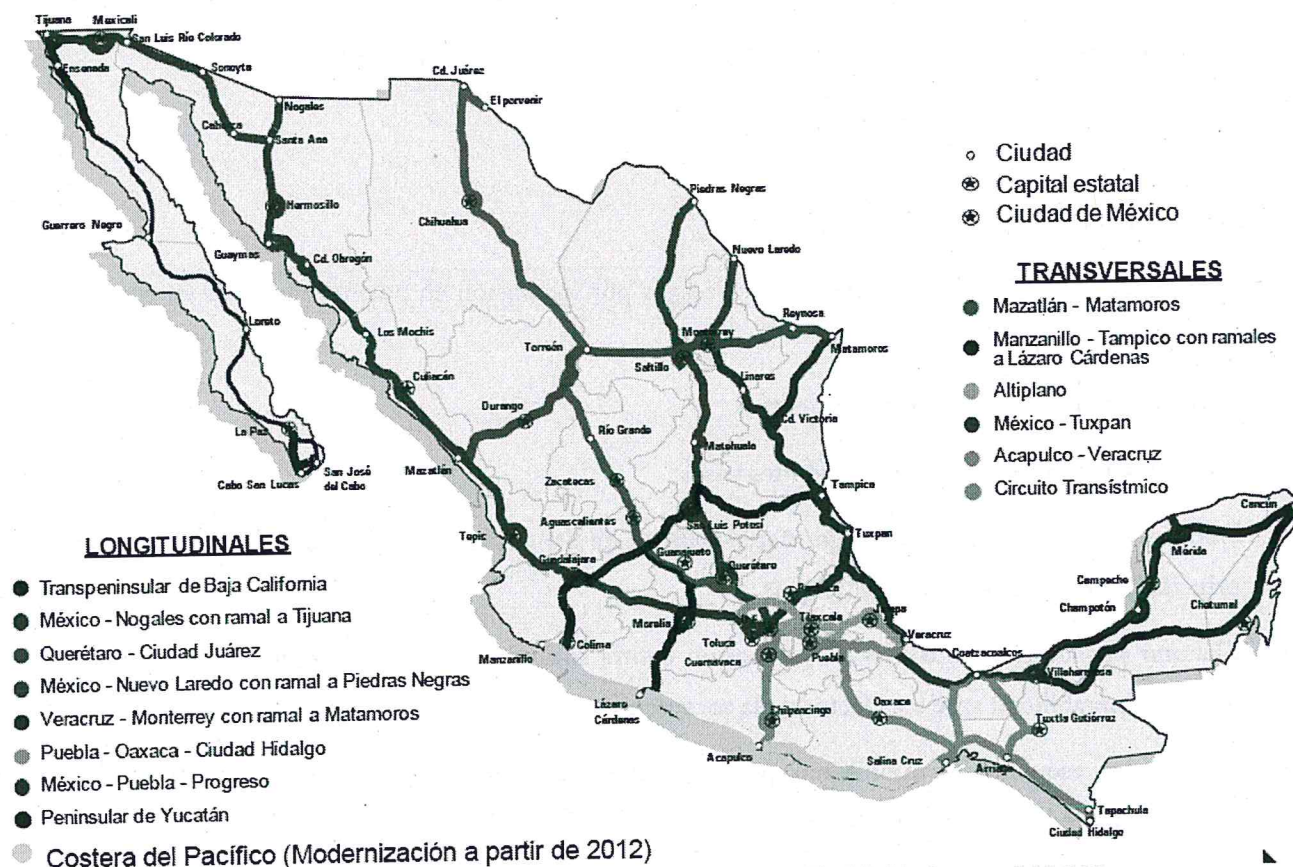


Figura 1. Red carretera de México.

Las tormentas tropicales son parte de los fenómenos naturales perturbadores de la naturaleza, y en consecuencia pueden provocar daños a la infraestructura (carreteras, puentes, entre otros) de un país. Las tormentas tropicales son potencialmente dañinas y sus consecuencias en términos de daños en puentes, dan lugar a la incomunicación terrestre, lo cual, después de haber ocurrido las tormentas, impide la llegada de socorro a las zonas afectadas. Además, el cambio climático está afectando zonas del país en las que hace algunos años no se suponía que ocurrieran ciclones tropicales o grandes precipitaciones.

d) Características de los entregables que se espera obtener como resultado de la ejecución del Proyecto Preventivo

Los resultados del proyecto se integrarán en un sistema de información en términos de daños esperados, vulnerabilidad y grado de exposición de las estructuras de puentes en diversas carreteras de nuestro país.

Con la identificación de puentes vulnerables a los efectos inducidos por las tormentas tropicales, será posible tomar decisiones de mitigación de riesgo. Esto permitirá emplear los recursos de manera preventiva y no después del desastre.

e) Forma y medio en que deberán ser entregados los resultados del Proyecto Preventivo

Todos los entregables serán presentados en medios digitales, a fin de facilitar su análisis y procesamiento.

f) Plazo máximo para el desarrollo del Proyecto Preventivo;

12 meses, a partir de su aprobación

g) Programa de la ejecución del gasto del Proyecto Preventivo

Se adjunta programa.

h) Calendario de entrega de reportes trimestrales

A más tardar el último día hábil de los meses 3, 6, 9 y 12 en función de la fecha de inicio del Proyecto de Investigación.

i) Criterios considerados para la evaluación del Proyecto Preventivo

1. Diagnóstico de vulnerabilidad en infraestructura cuya funcionalidad es crítica antes, durante y después de un desastre.
2. El proyecto implica cobertura a nivel nacional.
3. Prevención y mitigación del riesgo ante un fenómeno de alta recurrencia
4. Compatibilidad de la información entregada con la plataforma del Atlas Nacional de Riesgos.