

**COMPORTAMIENTO
DE PUENTES Y CARRETERAS
FRENTE A CRECIDAS
DE RÍOS Y SISMOS**

**INFRAESTRUCTURA
PÚBLICA ANTE
EVENTOS
NATURALES**



■ Chile es un territorio proclive a diversos eventos naturales y a sufrir sus efectos (muchas veces nocivos), debido —en parte— a sus características geográficas y climáticas. Sin embargo, la experiencia ganada después de los desastres producidos, ha resultado de gran utilidad para mejorar tanto el diseño y construcción de los nuevos proyectos viales, como las normas e información para los profesionales del sector. Conocimiento acumulado en documentos como el Manual de Carreteras cuya constante actualización resulta un aporte para la continua mejora en el diseño de puentes y carreteras.

ALFREDO SAAVEDRA L.
PERIODISTA REVISTA BIT

LAS ÚLTIMAS LLUVIAS que han afectado especialmente al norte del país, han mostrado un lado poco amable de la interacción entre naturaleza y construcción. Y es que cuando se desencadenan fenómenos naturales de gran magnitud, sus acciones pueden superar las condiciones consideradas en el diseño y sus efectos pueden superar las expectativas de las autoridades, diseñadores, constructores y de la población. Sucede con grandes lluvias o fuertes sismos, dejando en claro que los fenómenos naturales son impredecibles y muchas veces tanto la magnitud como probabilidad de ocurrencia son más exigentes que los parámetros de diseño que se consideran en el análisis.

El proyecto FONDEF ID14110309, llamado “Investigación y desarrollo de modelos para cuantificar y mitigar el riesgo de eventos naturales en la red vial nacional”, desarrollado por las Escuelas de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) y de la Universidad de Concepción (UdeC) y el apoyo de la Dirección de Vialidad del MOP, ONEMI y COPSA, define a los eventos naturales como variaciones atmosféricas, hidrológicas y geológicas que ocurren sin que puedan ser previstas con certeza y que, por su ubicación, potencia y frecuencia, pueden llegar a afectar al ser humano. Cuando un evento natural ocurre en un área poblada es un evento peligroso y por lo tanto se considera una amenaza natural.

“Los llamados desastres naturales son eventos extremos que afectan a personas o a su propiedad (animales de ganado, terrenos, etcétera), y a la infraestructura, entre otros”, señala Fernando Yáñez, director de IDIEM.



GENTILEZA VIDELA & ASOCIADOS

Las estructuras de la red, modernas en su mayoría, han sido adecuadamente diseñadas, a partir de la normativa vigente y la experiencia. Los expertos recomiendan actualizar constantemente el Manual de Carreteras, en temas relativos a sismos y el comportamiento del suelo.



En el caso de las carreteras, los fenómenos sísmicos pueden provocar problemas locales en terraplenes altos u obras con rellenos mal compactados y asentamientos diferenciales y agrietamiento de la estructura del pavimento. No obstante, son de recuperación relativamente sencilla. En las imágenes, fallas de pavimentos, tras el terremoto de 2010.

Así como los fenómenos naturales pueden ser variados, también lo son las distintas obras que pueden verse afectadas, por lo que en esta oportunidad al referirnos a infraestructura pública, lo haremos pensando en carreteras y puentes; y los eventos considerados serán sismos, lluvias y crecidas de agua.

COMPORTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Es importante señalar que en el caso de las carreteras las indicaciones y recomendaciones para su proceso de construcción, junto a las normas de diseño utilizadas, se encuentran en el Manual de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas (MOP). “El Manual de Carreteras (MC) es un documento de carácter normativo que sirve de guía para las diferentes acciones que son de competencia técnica del Servicio. En él se establecen criterios, procedimientos, especificaciones y métodos que indican las condiciones que se deben cumplir en los proyectos y demás actividades viales y que guardan relación con las diversas fases que conforman el ciclo de vida de un proyecto de camino o carretera, esto es, pre inversión, inversión y operación”, explica Walter Brüning, Director Nacional de Vialidad, agregando que el Manual pretende ser un apoyo para alcanzar lo que se quiere o requiere en cada camino, es decir, se trata de criterios esenciales como la conectividad, la seguridad y la sustentabilidad.

En cuanto a proyectos concretos y riesgos naturales, se considera necesario en las primeras etapas desarrollar y validar modelos que permitan cuantificar el riesgo al que está afectada la red vial en el área de proyecto, producto de la amenaza de eventos naturales y/o antrópicos y asignar estrategias de mitigación que permitan disminuir dicho riesgo considerando criterios de optimización. Brüning, señala que para lograrlo, los estudios han considerado, en general: identificar los eventos naturales que afectan con mayor frecuencia y signifi-



GENTILEZA COMITÉ DE PUENTES DE ACCT



DIRECCIÓN DE VIALIDAD MOP

cancia a la red vial en la zona del proyecto, caracterizar los elementos de la infraestructura vial y usuarios que son más vulnerables ante eventos naturales recurrentes y desarrollar un modelo que permita cuantificar el riesgo asociado a la amenaza de eventos naturales, considerando la vulnerabilidad de la infraestructura, el nivel de exposición ante un evento específico, la importancia estratégica de dicha infraestructura y la naturaleza aleatoria de los eventos naturales que afectan con mayor recurrencia a la red vial en la zona del proyecto. Además, agrega que se debe desarrollar un modelo que permita asignar mediante criterios de optimización técnica y económica, estrategias de mitigación de los efectos de eventos naturales que afectarían con mayor recurrencia la red vial en la zona del proyecto.

De acuerdo a los ingenieros Matías Hube, Marcelo Márquez, Oscar Unanue y Matías Valenzuela, miembros de la Directiva del Comité de Puentes de la Asociación Chilena de Carreteras y Transporte (ACCT), en general, las carreteras son menos sensibles al fenómeno sí-

MANUAL DE CARRETERAS

El Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del MOP es un documento elaborado con el objeto de establecer políticas y uniformar procedimientos e instrucciones en las distintas áreas técnicas en que esta se desenvuelve, para cumplir su función de planificar, diseñar, construir, conservar y operar las carreteras y caminos que componen la red vial del país de su tuición; junto con velar por la seguridad vial y protección ambiental. El Manual, que consta de nueve volúmenes, está concebido como un sistema integral, en permanente actualización, que entrega pautas, métodos, procedimientos y criterios aplicables en las diferentes materias, apoyando a profesionales y técnicos, tanto públicos como privados.

mico, pues suelen sufrir problemas locales en terraplenes altos u obras con rellenos mal compactados y asentamientos diferenciales y agrietamiento de la estructura del pavimento que son de recuperación relativamente sencilla. “Los cortes de gran altura pueden presentar algún problema mayor por desprendimientos, pero en general tienen un buen comportamiento. Hay excepciones, sin duda, cuando están localizados sobre suelos licuables, como sucedió el 2010, pero no son problemas de tipo general”, explican. Los expertos señalan que lo que sí genera problemas

importantes en carreteras, son las eventuales crecidas de los ríos, especialmente en zonas donde la recurrencia del fenómeno es poco frecuente y la vía no está adecuadamente preparada. A modo de ejemplo, está lo que sucede en la zona norte del país, donde si bien el emplazamiento de vías resulta relativamente sencillo, suelen ser de baja altura y sensibles a los escurrimientos de agua no previstos. Lo mismo sucede en rutas que ascienden por las quebradas de los ríos principales, adosadas a estos, donde cualquier crecida las afectan, debiendo reponer tramos completos dañados



Micropilotes en Reparaciones Portuarias (CHILE)



por el escurrimiento. “En estos casos, la recomendación es hacer la ruta a mayor altura, por la ladera de los cerros, lo que compromete eso sí, costos mayores”, comentan desde el Comité. En el caso de las ciudades, los problemas se pueden dar porque se suele encajonar los ríos para ganar terrenos de alto valor, sin los estudios acabados necesarios o sin el adecuado respeto a la experiencia histórica en ocasiones bastante recientes. Luego, el río quiere recuperar el espacio perdido y vienen inundaciones en zonas pobladas.

PUENTES

Estas estructuras resultan más sensibles a eventos naturales como sismos y aluviones (crecidas de ríos) con efectos importantes cuando sufren algún tipo de daño pues tardan en recuperar la transitabilidad. En el caso de las crecidas, el puente debe tener una longitud y altura acorde con los requerimientos del río, exigencias que de acuerdo al Comité de Puentes de la ACCT, están normadas. “Los puentes modernos, en general, cumplen bien, además sus fundaciones deben ser profundas, capaces de resistir la socavación del río en crecida; fenómeno importante dada la fuerte pendiente de los mismos y altas velocidades de escurrimiento”, explican.

Desde el punto de vista de la capacidad de resistir la acción sísmica, los puentes ubicados en suelos competentes (como las típicas gravas de los lechos de río) tienen buen comportamiento, desplazamientos controlados y suelen presentar daños muy menores ante estos eventos.

Los expertos mencionan que en el caso de puentes situados en zonas de suelos arenosos o finos, como Concepción junto al Biobío o la zona norponiente de Santiago, tienen mayores requerimientos y suelen presentar problemas debido a los importantes niveles de desplazamiento que sufren ante un gran evento sísmico. “En estos casos, los puentes modernos deben considerar elementos que faciliten

Ante problemas de conectividad frente a emergencias una solución principalmente provisoria es la instalación de puentes mecánico. Si bien tienen algunas limitaciones de tipo logístico y de opciones de luces a salvar, son estructuras de fácil armado, útiles en ríos de tamaño menor, de longitudes no superiores a los 40 metros.

En ríos de mayor envergadura, obligan a generar apoyos intermedios.



la disipación de la energía sísmica, mejorando de un modo importante la respuesta del puente frente a estos movimientos. Hoy, esto es una práctica habitual en grandes puentes, donde se generan apoyos en base a aisladores sísmicos que mejoran notablemente la respuesta de la estructura frente al evento”, detallan desde el Comité.

Los puentes en Chile cuentan con una normativa completa, basada en el código AASHTO americano (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes por sus siglas en inglés), para todo lo relativo a cargas móviles. “Estas normas se complementan con el Manual de Carreteras en cuanto a la ingeniería básica (estudios hidráulicos y geotécnicos principalmente) y la normativa sísmica. La obra misma se rige por las especificaciones de construcción, establecidas también en el Manual, que son las que entregan finalmente el estándar que el país quiere para sus obras viales y de puentes”, explican los miembros del Comité.

Algo similar sucede con los requerimientos de tipo hidrológico/hidráulico, para el diseño de los puentes. “Estos vienen establecidos en

el Manual de Carreteras, el cual es de uso casi universal en todos los puentes que se proyectan en Chile, sobre ríos, cualquiera sea el mandante. Existen también normas complementarias, de EFE, por ejemplo, que se integran con las establecidas por el Manual”, señalan desde el Comité, agregando que un aspecto importante a considerar, complementario a lo anterior, son las exigentes normas para el diseño geotécnico de las fundaciones, que también se establecen en el Manual y que ha permitido contar con adecuada información de terreno y criterios de diseño modernos acorde a los requerimientos.

El diseño de estos proyectos debe considerar el entorno junto a un análisis de la zona tributaria con el objetivo de estudiar e identificar las bajadas de agua, así como realizar el proyecto de manejo de aguas. “El diseño geométrico (espacio disponible por donde puede pasar el agua) es muy importante ya que junto a los estudios de hidrología determinan, por ejemplo, la cantidad de caudal que podría pasar por un punto al llover. De esta forma en el diseño estructural se establece la forma para que una determinada cons-

trucción resista estructuralmente la fuerza del caudal de agua que va a pasar en un momento dado”, explica Hernán de Solminihac.

El diseño de las construcciones nuevas es el que cuenta con más información, experiencia y conocimiento acumulado a disposición de los profesionales y especialistas; sin embargo, también hay elementos antiguos que requieren consideración. “En el caso de las estructuras ya existentes, es más complejo saber cómo se encuentran, por lo que es fundamental contar con un completo catastro de toda la infraestructura pública, utilizando la instancia para también clasificarlas según su vulnerabilidad, algo que si bien podría ser costoso, resultaría muy positivo en términos de rentabilidad social”, señala Fernando Yáñez, director del IDIEM.

Cuando el evento natural logra dañar las estructuras, una solución principalmente provisoria es la instalación de los denominados puentes mecánicos. Si bien tienen algunas limitaciones de tipo logístico y de opciones de luces a salvar, son estructuras de fácil armado, que ubicados estratégicamente, han resuelto problemas de conectividad frente a emergencias. Según explican desde el Comité de la ACCT, los puentes mecano son útiles en ríos de tamaño menor, donde el vano a salvar requiere, idealmente, de un puente o dos como máximo, de longitudes no superiores a los 40 metros. En ríos de mayor envergadura, obligan a generar apoyos intermedios y en el último tiempo, en zonas de compleja accesibilidad, se han utilizado como puentes permanentes.

Desde la Dirección de Vialidad del MOP, su Director Nacional señala que dentro de las providencias que se deben tomar para su instalación están: por una parte el diseño de apoyos que permitan una capacidad adecuada para soportar los caudales máximos esperados, debidamente protegidos por defensas fluviales en prevención de posibles crecidas extraordinarias o aluviones y, por otro lado diseñar un sistema de anclajes antisísmicos que eviten movimientos verticales y horizontales. “Cuando se trata de puentes de circunstan- cia, vale decir, aquellos destinados a recuperar la conectividad que se ha visto interrumpida, la premura no permite diseñar ni construir estribos o cepas. Por lo tanto, normalmente los puentes se apoyan en estructuras provisorias de madera, tomando los resguardos necesarios en el entendido que su utilización será por un período corto”, explica Brüning, agregando que en aquellos casos en que los puentes tipo mecano no tienen carácter de emer-

Se recomienda que los puentes estén libres de maleza, ya que esta produce humedad, la que corroe las estructuras y en verano, al secarse, se transforma en potencial foco de incendio. En la imagen, el viaducto Malleco en ruta 5.



GENTILEZA COMITÉ DE PUENTES DE ACCT

gencia sino que se han adquirido como reemplazo definitivo, se desarrollan estudios de ingeniería básica y estructural, de igual manera que para las tipologías normales de puentes.

COMPORTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA VIAL ANTE ALUVIONES

Este evento natural relaciona variables como el emplazamiento adecuado del camino o de un puente respecto a la crecida natural de los ríos, el eventual incremento de caudales con periodos de retorno menores a los previstos en el diseño y el respeto a las regulaciones existentes que permiten evitar problemas en momentos álgidos de crecida del río.

Desde el Comité de Puentes ACCT mencionan, a modo de ejemplo, que en las zonas rurales los problemas principales se producen en zonas altas, donde los cauces crecen en forma descontrolada o bien las rutas se desarrollan en paralelo a estos, casi al nivel con el río, viéndose afectados en cuanto este crece. Cuando sucede, se producen en forma inmediata interrupciones de la vía, normalmente de fácil reparación. Lo mismo pasa con los puentes: suelen ser cortos y se ven afectados por el incremento del escurrimiento, dañando, principalmente, a sus accesos.

En el caso del paso de los ríos por las ciudades hay casos característicos, como por ejemplo, el río Copiapó, que fue canalizado sobre la base de un estudio de crecidas cumpliendo con la normativa vigente. Sin embargo, en 2015 y 2017, fue sobrepasado por las crecidas. Lo mismo ha ocurrido con el Mapocho, el canal San Carlos o el estero Reñaca, entre otros. Los expertos cuentan que normalmente los puentes sobre estos cauces vienen limitados por el ancho de la canalización y se pueden ver afectados en las crecidas ya que constituyen una limitación al libre escurrimiento, resultando en problemas de difícil solución cuando la obra ya está ejecutada. “En ocasio-

nes es de utilidad subir los pretiles de las ribe- ras, para aumentar su capacidad portante, pero no siempre es posible. En otras, solo cabe mantener una permanente observación de los cauces para que no se embanquen y adoptar las medidas preventivas que eviten daños durante la crecida”, comentan.

OBRAS DE MITIGACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL

Estas medidas estructurales son obras de ingeniería empleadas para reducir el riesgo del elemento expuesto. De acuerdo al informe del proyecto FONDEF ID14I10309 de las Escuelas de Ingeniería UC y UdeC, una medida de mitigación se define como una o un grupo de acciones emprendidas por una agencia vial destinada a: recuperar o mejorar el nivel de servicio de una vía o red vial afectada por un evento natural una vez que se produce y modifica las condiciones de operación; así como a incrementar la robustez de la infraestructura para mejorar su desempeño en caso en que un evento natural la afecte; y, también, incrementar sistemática, programada y progresivamente la robustez de la infraestructura vial para adaptarla a condiciones ambientales adversas.

Previo a la implementación de cualquier medida de mitigación se deben realizar estudios de detalle sobre los aspectos geológicos/geotécnicos y de riesgo y complementariamente se deberán realizar modelos para evaluar el comportamiento y magnitud de los fenómenos en estudio. Con esta información es posible diseñar obras de mitigación acorde al tipo de peligro y a su alcance, utilizando como supuesto un escenario determinado, dado por la ocurrencia de un evento desencadenante del fenómeno peligroso. En términos generales, las obras de mitigación deben ser consideradas en la etapa de pre-factibilidad del proyecto, debido al costo que pueden llegar a tener dependiendo de su envergadura.

Otro tema que también afecta el comportamiento de la infraestructura pública ante

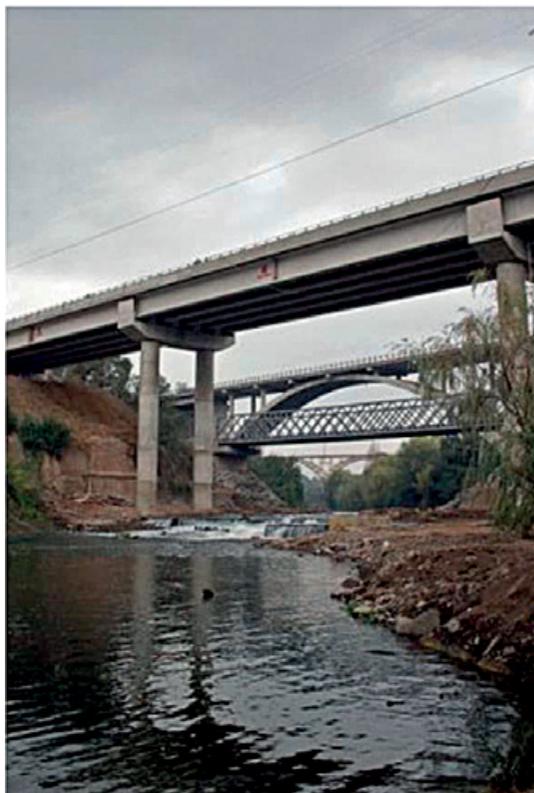


eventos naturales es el mantenimiento. Hoy, el mantenimiento de la infraestructura es un tema relevante para los entes públicos que han comprendido que disponen de un activo de gran valor y que debe ser conservado. En las vías concesionadas, por ejemplo, las bases consideran la necesidad de conservar tanto las carreteras (pavimentos especialmente), como sus estructuras (puentes, obras de arte, etc.). “Existe la obligación de generar planes anuales de mantenimiento, con niveles de inversión mínima, lo que garantiza que la devolución de la infraestructura al final de la concesión, sea en condiciones adecuadas de serviciabilidad”, explican desde el Comité de Puentes, agregando que las vías públicas, en cambio, aún no tienen planes de mantenimiento sistemático e inversiones en conservación coherentes con los requerimientos, al menos en lo que a puentes se refiere.

En relación con crecidas de ríos y sismos, se han adoptado las medidas urgentes que impusieron los daños del terremoto del 2010, incluso se reforzaron estructuras de puentes que no contaban con topes sísmicos, anclajes y/o travesaños, según era requerido.

Entre los fenómenos naturales más comunes, las lluvias pueden derivar en flujos de detritos. Ante estos, las obras de mitigación pueden ser catalogadas como preventivas, correctivas o de control, dependiendo de la localización de las obras respecto al origen del flujo. Según explicaron profesionales de Sernageomin en la pasada edición de Revista Construcción Minera, algunos sistemas de contención están dados por obras sólidas, como diques y piscinas, construidos transversalmente a los cauces, generando de esta manera una disminución de la energía, reteniendo los sedimentos más pesados y generando zonas de baja energía para la sedimentación del material sólido presente en los flujos (un ejemplo de este tipo se observa en

En la imagen el puente Claro, ruta 5, Talca. Construcción MOP post sismo 2010, que cuenta con diseño moderno con aisladores sísmicos.



las quebradas que descargan en la quebrada de Macul en Santiago). Desde un punto de vista del proceso constructivo, se debiera considerar el diseño y construcción de obras provisionales para controlar los riesgos asociados a la hidrología. Otras medidas incluyen la utilización de disipadores de energía, dentro de los cuales los más usados en los últimos años corresponden a mallas metálicas especialmente diseñadas y ancladas que se ubican en los cauces y son capaces de contener los sólidos de mayor tamaño en un flujo o aluvión, reduciendo así la energía de estos y disminuyendo el alcance del mismo.

En el caso de riesgos asociados a movimientos telúricos (sismos de alta intensidad, terremotos), la lógica es similar, es decir, se debe diseñar las obras considerando un movimiento lo suficientemente alto, como para cubrir la severidad del eventual daño.

REDES RESILIENTES

Dentro de los aportes al tema, el proyecto FONDEF ID14110309, “Investigación y desarrollo de modelos para cuantificar y mitigar el riesgo de eventos naturales en la red vial nacional”, de las Escuelas de Ingeniería UC y UdeC, señala que en el caso de nuestra red vial, esta configura una estructura de espina de pescado organizada en torno a las rutas longitudinales que unen el país y rutas latera-

les que interconectan esta suerte de columna vertebral con el borde costero y las ciudades costeras más importantes y que en los últimos 20 años también se han desarrollado políticas de densificación de la red vial, la cual ha sido emplazada en territorios con una alta fragilidad debido a su condición morfológica, lo que según la investigación, determina que la red vial sea altamente vulnerable a eventos naturales (sismos, maremotos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamiento de tierra, entre otros), que afectan la movilidad y accesibilidad de sus usuarios, lo que se traduce en sobre costos para el país. Por esa razón, el proyecto propone un modelo de mitigación que permita determinar, dentro de un conjunto de estrategias factibles, aquella que produce el mayor beneficio social. El objetivo general consistió en desarrollar y validar modelos que cuantifiquen el riesgo al que está afectada la red vial nacional producto de la amenaza de eventos naturales y asignar estrategias de mitigación que permitan disminuir dicho riesgo considerando criterios de optimización. Esto fue logrado con el desarrollo de modelos analíticos, en el caso de la amenaza volcánica, y empírica o semiempírica para los modelos de riesgo hidrometeorológico y sísmico. “La idea es poder hablar de una red resiliente, es decir, que en caso de fallas existan otros caminos alternativos que

permitan el paso hacia los puntos desconectados”, explica Hernán de Solminihac, quien participa como director alterno en el proyecto. El experto, sin embargo, agrega que para invertir en un camino este debe ser socialmente rentable (relacionado con flujos), y la metodología de evaluación que se aplica en la actualidad para determinar dicho criterio dificulta optar por redes resilientes.

En el informe del proyecto FONDEF se propone como área de investigación futura integrar la gestión y cuantificación del riesgo a nivel de red, considerando las rutas alternativas, las líneas vitales de la infraestructura nacional, la importancia estratégica de los elementos afectados y los costos asociados a los cortes de ruta y redirección de tráfico. Dentro de las conclusiones se señala que, de los casos de estudio analizados, se desprende que “intervenir la infraestructura con estrategias que mejoran la resiliencia conlleva a un mayor beneficio social. La maximización de la resiliencia pasa por atacar aquellas consecuencias del evento que provocan los mayores tiempos de recuperación y la mayor rentabilidad socioeconómica, atacando las que inducen las condiciones más desfavorables de operación”. La primera etapa del proyecto está concluyendo con modelos de riesgo y mitigación validados y aplicados a pequeña escala para cuantificar y mitigar el riesgo de eventos naturales de elementos que componen la red vial nacional. En la segunda etapa, en tanto, se plantea como objetivo desarrollar y validar un Sistema de Gestión de Riesgos para la Mejora de la Resiliencia de Redes Viales ante Eventos Naturales, sobre la base de los modelos de riesgo y mitigación desarrollados en la primera etapa de Ciencia Aplicada, considerando las dimensiones física y social para la cuantificación del riesgo, con un enfoque a nivel de red y la optimización y priorización de las actividades de mitigación a partir de un análisis multicriterio.

RECOMENDACIONES GENERALES

Como se ha visto en los eventos naturales abordados, la infraestructura pública de conectividad interurbana y urbana referente a carreteras es más sensible al tema de crecidas fluviales que sísmicos, siendo importante considerar tanto las estructuras nuevas como las antiguas. Respecto a estas últimas, el énfasis se pone en evaluar su deterioro y mejorar su condición estructural mediante actividades de mantenimiento, reparación y reforzamiento que pueden llevarse a cabo en verano, cuan-

CONCLUSIONES

 Frente a riesgos naturales, los proyectos deben considerar, desde sus primeras etapas, el desarrollo y validación de modelos que permitan cuantificar el riesgo al que está afectada la red vial en el área del proyecto y asignar estrategias de mitigación que permitan disminuir dicho riesgo considerando criterios de optimización.

 En términos generales, las carreteras son menos sensibles al fenómeno sísmico, pues suelen sufrir problemas locales en terraplenes altos u obras con rellenos mal compactados, agrietamiento longitudinal y transversal de la carpeta de rodado y de la base y sub base y asentamientos locales, fallas que son de recuperación relativamente sencilla. Sin embargo, son más sensibles al tema de crecidas fluviales.

 En el caso de los puentes, son sensibles tanto al tema sísmico como de crecidas de ríos, aunque las estructuras modernas cumplen bien. Es importante que sus fundaciones sean profundas y capaces de resistir la socavación del río en crecida; fenómeno importante dada la fuerte pendiente de los mismos y altas velocidades de escurrimiento. Es importante recalcar la importancia de la inspección rutinaria y de la conservación de la infraestructura y superestructura de los puentes de la que depende su seguridad, servicio y durabilidad.

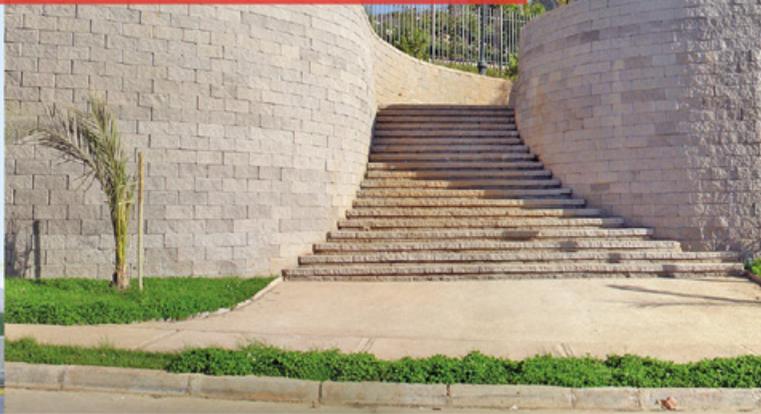
do los cauces de los ríos disminuyen y son fácilmente desviados. Esta evaluación requiere desarrollar y normalizar previamente procedimientos de inspección y la realización de campañas de auscultación y evaluación de las condiciones reales de las obras de infraestructura. En el caso de los puentes, la mantención también tiene un rol relevante en el cauce del río. “Los ríos en el país son generalmente torrentosos, por lo que pueden generar socavones en las fundaciones de los puentes, desestabilizando las zapatas y dejando esas estructuras en el ‘aire’. Por eso se debe contar con un plan de mantención”, recomienda el director del IDIEM, Fernando Yáñez, agregando que también debe haber preocupación porque los puentes se encuentren libres de maleza, ya que esta produce humedad, la que corroe las estructuras y en verano, al secarse, se pueden transformar también en potencial foco de incendio. En cuanto a la mantención del cauce, Yáñez recomienda que se monitoreen para así evitar daños en los estribos (entradas y salidas de los puentes).

Y es que las inspecciones son un tema que la Dirección de Vialidad del MOP está abordando de la mano de un estudio actualmente en ejecución. “El nuevo Estudio de Diagnóstico de Puentes para Conservación, espera poder realizar en el futuro una inspección preventiva más que reactiva, con lo cual se podrá mantener en mejor forma la serviciabilidad y

seguridad de los puentes”, señala el Director Nacional de Vialidad, Walter Brüning.

Por su parte, los expertos consultados indican que las estructuras de la red, modernas en su mayoría, han sido adecuadamente diseñadas, a partir de la normativa vigente y la experiencia; no obstante lo anterior, recomiendan seguir trabajando en constantes revisiones del Manual de Carreteras, en temas relativos a sismos y el comportamiento del suelo, para canalizar la experiencia de los últimos terremotos. “Hay que revisar la clasificación de suelos que establece el Manual y también los espectros de diseño propuestos, ya que la experiencia está demostrando que estos han quedado algo obsoletos para algunas zonas del país y algunos tipos de suelo”, señalan desde el Comité de Puentes ACCT, agregando que hay ciertos periodos altos de las estructuras, en torno a los 2 segundos, que antes se consideraban con pequeñas aceleraciones y hoy se está demostrando que los grandes sismos subductivos, a la distancia, generan grandes aceleraciones para dichos periodos. El conocimiento y la experiencia acumulada en el tema, han servido para mejorar diversos aspectos de los diseños y construcción de infraestructura vial, pero los expertos son claros en decir que siempre se debe seguir perfeccionando y avanzando en el tema, pues como la misma experiencia ha demostrado, los desastres naturales son impredecibles. ■

Muro TEM Sistema MESA y SIERRA - Muros de Contención y Estribos Antisísmicos
Taludes Reforzados y Vegetalizados



Sistema Geopier e Impact - Pilas de Grava Compactada
Control de Asentamientos - Alta capacidad de Soporte - Mitigación de Licuefacción



Control de Erosión Vegetación de Taludes y Canales
Mantas Control de Erosión - Hidrosiembra



Drenes Atlantis
Zanjas de infiltración - Disipación de Napas - Drenaje de Muros y Losas



www.eminsg.cl / geomin@emin.cl
Tel. +56222998001 +56227337496

EMIN[®]
SISTEMAS GEOTÉCNICOS

EFICIENCIA
ALTO RENDIMIENTO

FLEXIBILIDAD

*Una nueva generación de adhesivos
para una nueva generación de cerámicas...*

Cerámica sobre madera terciada u OSB

**Superficies altamente flexibles y
deformables**

**Todo tipo de cerámicas, piedras y
porcelanatos**



Cadina® PRO

www.cadina.cl

Maestro en adhesivos