



Sistema de Puentes

CONEXIONES **A TODO EVENTO**

LOS PUENTES SON CLAVES PARA LA CONECTIVIDAD DE LAS REDES VIALES. SIN EMBARGO, TAMBIÉN SON UNA FUENTE DE VULNERABILIDAD, YA QUE ANTE CUALQUIER FALLA PUEDEN INTERRUMPIR EL SISTEMA, AFECTANDO DE MANERA IMPORTANTE LA CALIDAD DE VIDA DE LA POBLACIÓN. RESILIENCIA, REDUNDANCIA Y MANTENIMIENTO SON CONCEPTOS FUNDAMENTALES PARA ESTA INFRAESTRUCTURA.

Por Ximena Greene_Fotos Gentileza Archivo CChC.



Puente Llacolén, ubicado en la Región del Biobío, que comunica a las comunas de San Pedro de la Paz y Concepción. La implementación de pilotes pre-excavados estuvo a cargo de la Constructora Echeverría Izquierdo.

Con un 54% de la población nacional y un 12,9% de la superficie total del país expuestas a actividad volcánica o sísmica, Chile es considerado el miembro de la OCDE con mayor exposición a los desastres naturales, según el estudio “Dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el mundo”, encargado por el Consejo Nacional de Innovación y Desarrollo (CNID).

Frente a este escenario, la Ruta 5 y varios caminos secundarios son elementos trascendentales para la integración del territorio y el desplazamiento de su población. Dentro de esta red, los puentes (7.768 según la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas) son especialmente vulnerables, debido a que están sometidos al impacto de diversos eventos. Una eventual falla o corte puede generar aislamiento, con graves implicancias para el desarrollo y la competitividad del país.

El problema es que varios de ellos fueron concebidos y construidos bajo estándares diferentes a los que requiere la infraestructura en la actualidad, como ha quedado refrendado en los últimos meses. Según Walter Brünig, director de Viali-

dad, se necesitaría una inversión cercana a los US\$ 2.500 millones para reemplazar al menos el 50% de los viaductos del país, para contar con estructuras aptas para todo tipo de carga.

Para Raúl Campos, vicepresidente de la Comisión de Infraestructura Pública del Colegio de Ingenieros de Chile, los principales problemas que presentan los viaductos de la Ruta Panamericana en Chile se dividen en tres grandes áreas: aquellos susceptibles de colapsar durante un sismo mayor, debido a su tipología y/o calidad de los suelos; los puentes hidráulicos que atraviesan un curso de agua y que pueden derrumbarse debido a socavaciones; y los que presentan daño estructural, ya sea por falencias en el diseño o porque han superado su vida útil.

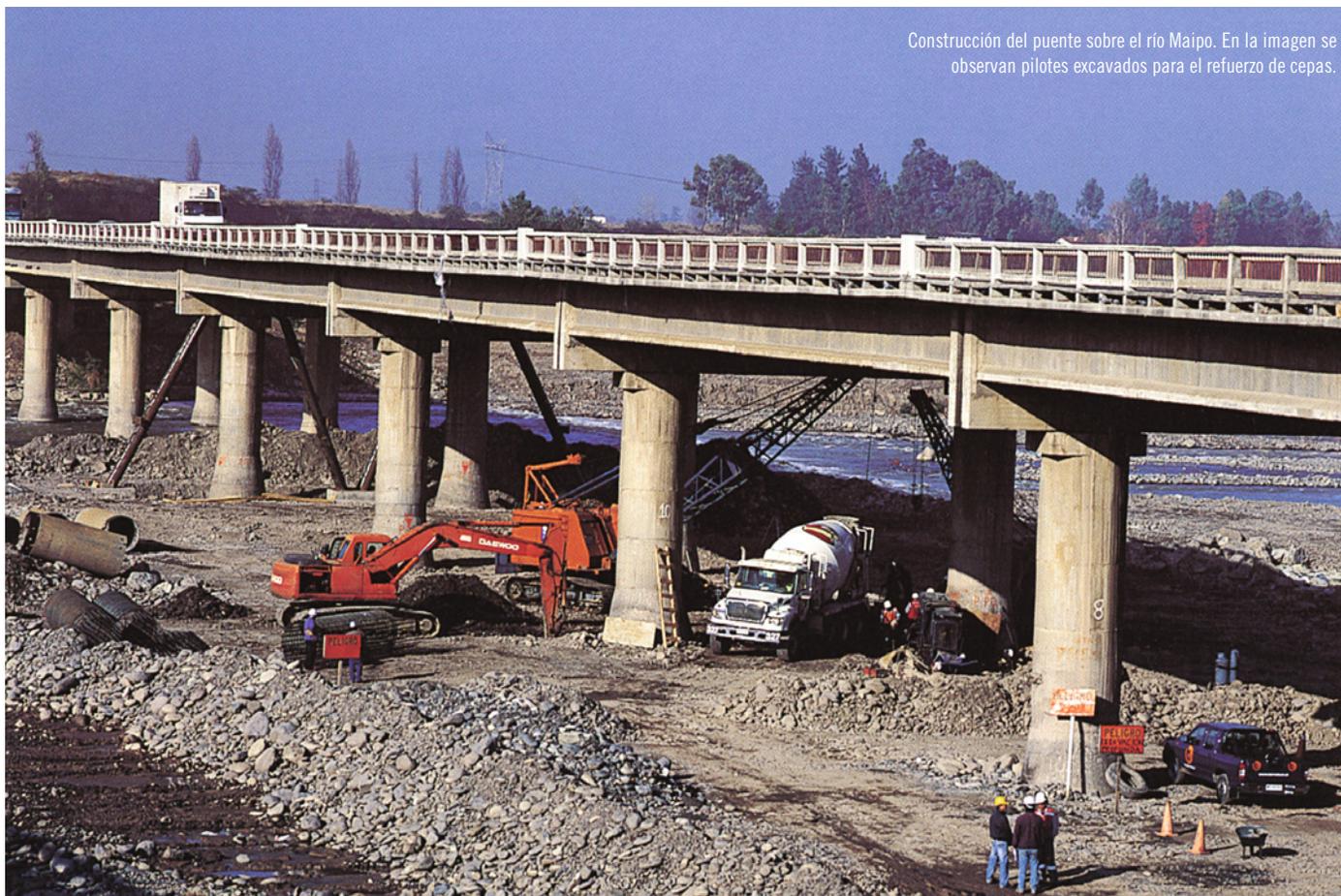
“Los aspectos críticos de los puentes dicen relación con la ausencia de monitoreo y una adecuada política de conservación y mantenimiento, asuntos que no pueden seguir aplazándose. Chile cuenta con un universo aproximado de 7.700 puentes, muchos de los cuales ya excedieron su vida útil. El Ministerio de Obras Públicas debe avanzar en materia de monitoreo e instrumentación de puentes considerados críticos y

generar un sistema de gestión que permita una adecuada conservación de la infraestructura vial”, advierte Campos. Cabe señalar que, de los aproximadamente 80.000 kilómetros de caminos viales, menos del 3% se encuentra bajo el sistema de concesiones y con seguimiento estructural periódico.

“En aquellos tramos que aún no han sido concesionados (seis en total, cuatro de los cuales se ubican al norte de Coquimbo), es necesario realizar un levantamiento de daños de todas las estructuras, de tal forma de establecer su vulnerabilidad frente a terremotos u otras condiciones ambientales”, agrega el representante del Colegio de Ingenieros.

Asimismo, las bases de licitación que rigen la operación de los viaductos ubicados en los tramos concesionados de la Ruta 5, deben contar con un seguimiento estructural anual o semestral, lo que debiera anticipar daños o deterioros estructurales importantes. Sin embargo, según explica Campos, la problemática surge debido a que dichos trabajos son, en su mayoría, realizados por ingenieros estructurales no especialistas en esta área, lo que podría evitar la correcta identificación de daños, tales como fatigas en estructuras metálicas.

Construcción del puente sobre el río Maipo. En la imagen se observan pilotes excavados para el refuerzo de cepas.



SISTEMAS DE GESTIÓN

Según explica Hernán de Solminihac, ex ministro de Obras Públicas y actual director del Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales de la Universidad Católica (CLAPES UC), en Chile los criterios de diseño y procesos de construcción de puentes establecidos en el Manual de Carreteras son bastante sofisticados.

Este documento, cuya primera edición se publicó en 2001, significó un importante avance para la ingeniería de puentes, pues estableció un marco regulatorio claro y ordenado para abordar el diseño de la infraestructura vial. Posteriormente, a raíz del terremoto del 27 de febrero de 2010, se emitió el documento de emergencia denominado "Nuevos Criterios Sísmicos para el Diseño de Puentes en Chile", el cual fue actualizado e incorporado en la edición de 2017.

"Hemos ido aprendiendo y evolucionando a partir de la experiencia nacional e internacional. Sin embargo, donde sí hay un amplio espacio de mejora es en la gestión. Debemos seguir avanzando en la definición e implementación de estándares de servicio de puentes, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones respecto de su mantenimiento. Se debe dar especial énfasis a la gestión de puentes antiguos, pues algunos de ellos fueron diseñados y construidos con otros criterios y especificaciones", advierte.

De acuerdo con Raúl Campos, la tendencia actual en materia de normativa de puentes u otras estructuras viales es la cooperación y participación de todos los actores ligados al área de la infraestructura vial, tales como asociaciones profesionales, gremiales, académicas y productivas. Pero, en su opinión, ellas tuvieron una menor participación a la deseada en el desarrollo de este manual.

"Una apertura en la discusión de una normativa nacional de puentes permitiría mejorar y profundizar algunos aspectos, tales como establecer una filosofía de diseño y objetivos de desempeño claros y explícitos, así como una revisión de los requisitos para puentes integrales y semi-integrales que permitan un mayor uso y desarrollo. Una discusión abierta y con la participación de la comunidad profesional, académica y productiva del país posibilitaría perfeccionar este importante documento, llegando a ser, sin dudas, un referente mundial, si ya no lo es en países latinoamericanos", explica Campos.

CAMBIO CLIMÁTICO

Para Jaime Álvarez, encargado del Área de Anticipación del CNID, otro de los problemas que se presenta en Chile es el cambio climático global, cuyo impacto, en ocasiones, no se toma en cuenta en las deci-

siones de diseño y emplazamiento de grandes obras de infraestructura.

Según la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), nuestro país cumple con siete de las nueve características que definen a un territorio como vulnerable, por sus zonas costeras bajas, regiones áridas, exposición a la sequía y desertificación, y la alta contaminación atmosférica urbana, entre otras.

Sin embargo, los resultados publicados en 2017 por el ranking elaborado por la Notre Dame Global Adaptation Initiative (ND-GAIN), que analiza diversos factores para determinar la vulnerabilidad de cada país y su preparación para enfrentar los desafíos del cambio climático, arrojaron que Chile y Uruguay son los únicos en América Latina suficientemente preparados para no ser considerados en riesgo. Esto significa que cuentan con la infraestructura y las instituciones más aptas para responder al calentamiento global.

"Se puede reconocer y valorar que nuestros gobiernos necesiten un esfuerzo menor que otros para construir nuevos aeropuertos y rutas alejadas de las zonas de riesgo. Pero en nuestro país aún se construyen puentes sin considerar el aumento potencial de los caudales de los ríos. No solo eso: continuamos decidiendo los emplazamientos de grandes obras sin tomar en cuenta los



Puente de madera en la Carretera Austral, a orillas del Lago Yelcho, Región de Los Lagos.

“CHILE CUENTA con un universo aproximado de 7.700 puentes, muchos de los cuales ya excedieron su vida útil. El Ministerio de Obras Públicas debe avanzar en materia de monitoreo e instrumentación de puentes considerados críticos”, dice Raúl Campos, vicepresidente de la Comisión de Infraestructura Pública del Colegio de Ingenieros.

ecosistemas claves a preservar para compensar los efectos del cambio climático”, señala Jaime Álvarez.

Un ejemplo de las consecuencias de las alteraciones del clima fueron las inusuales precipitaciones ocurridas en las regiones de Coquimbo y Atacama en mayo de 2017, las cuales sobrepasaron cualquier valor histórico. Como consecuencia, se produjeron importantes aluviones y daños en la infraestructura vial, con colapsos de puentes y muros de contención de diversas obras.

Este fenómeno mostró la vulnerabilidad de la red vial, que no fue diseñada para resistir este tipo de amenazas. Para enfrentar problemáticas como las descritas previamente, el Ministerio de Obras Públicas se encuentra realizando estudios que permitirán identificar el riesgo de la infraestructura pública. El objetivo consiste en establecer las medidas para reducir la vulnerabilidad y definir protocolos de mitigación.

En opinión de Raúl Campos, dentro de las disposiciones de atenuación estructurales se deben incluir el control y la regulación de las crecidas, como también la mantención de los cauces y su monitoreo permanente en tiempo real, entre otras. Respecto de este último aspecto, hay que instalar nuevas estaciones pluviométricas con transmisión satelital y nuevos pozos de observación.

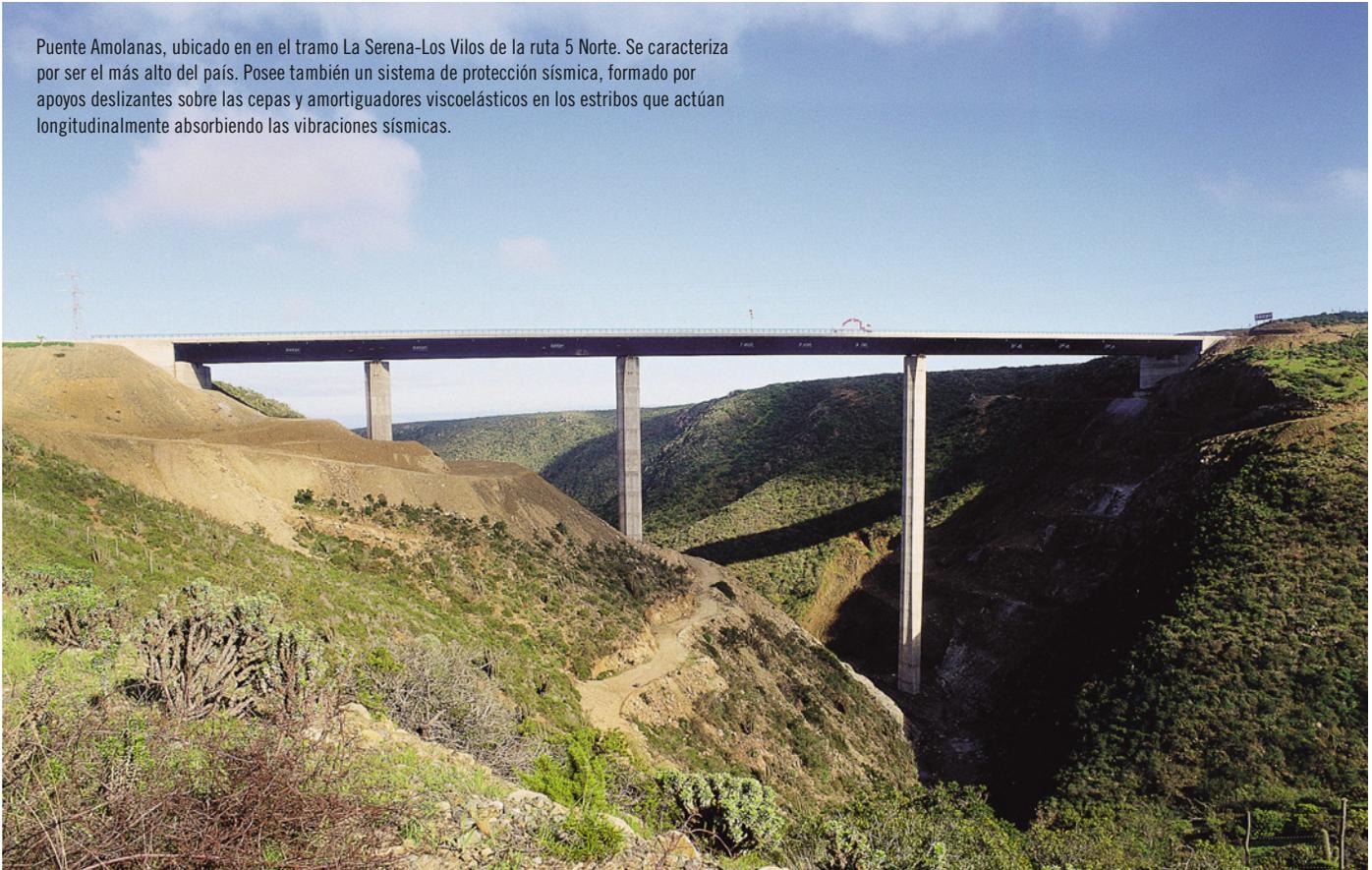
CONSTRUCCIÓN CONFIABLE

Ignacio Morandé, gerente general de Icafal Sicomaq, empresa con amplia experiencia en la construcción de puentes, opina que, en general, los viaductos en Chile no están diseñados para responder a siniestros ocasionados por el cambio climático o desastres naturales extraordinarios. Se proyectan, en cambio, para resistir los efectos sísmicos o climáticos, calculados sobre la base de datos estadísticos tomados en un período determinado, que permiten definir las solicitaciones máximas a las que podrían estar expuestos. “Un puente resistirá los efectos del cambio climático u otros eventos catastróficos, siempre y cuando los modelos estadísticos del período de retorno puedan predecir estos fenómenos”, señala.

Entre las principales características constructivas que tiene que cumplir un puente para resistir los embates del clima y otros eventos naturales, Morandé enumera las siguientes:

- 1 El diseño debe contar con una ingeniería básica (mecánica de suelos, hidrología e hidráulica) competente, confiable y actualizada. Muchas veces se licitan proyectos no actualizados, donde la estadística de crecidas de los ríos utilizada es muy antigua o la mecánica de suelos es precaria e insuficiente, por lo que en esos casos se requiere realizar una nueva ingeniería básica con los datos al día.
- 2 El diseño de los proyectos debe incorporar los nuevos criterios sísmicos y de crecidas de los ríos, así como los períodos de retorno definidos (100 años).
- 3 Los proyectos deben contemplar el encauzamiento del río en la zona del puente, como también las protecciones de los apoyos (estribos y cepas) por medio de enrocados, ante la erosión o socavación.
- 4 Al momento de construir las fundaciones de un puente, se tienen que ir validando las características del suelo y compararlas con las que se consideraron para el cálculo del proyecto (ingeniería básica).
- 5 Por último, no se debe permitir la extracción de áridos desde el río en las zonas cercanas, que puedan afectar la socavación de la estructura.

Puente Amolanas, ubicado en el tramo La Serena-Los Vilos de la ruta 5 Norte. Se caracteriza por ser el más alto del país. Posee también un sistema de protección sísmica, formado por apoyos deslizantes sobre las cepas y amortiguadores viscoelásticos en los estribos que actúan longitudinalmente absorbiendo las vibraciones sísmicas.



DIAGNÓSTICO Y SISTEMA DE GESTIÓN

Frente a la cuestionable situación de varios puentes del país, la Dirección de Vialidad del MOP contrató el “Estudio de Diagnóstico de Puentes e Implementación de un Sistema de Gestión para su Conservación”, que tiene como objetivo uniformar los criterios de inspección del estado de esta infraestructura, actualizar sistemáticamente su base de datos, automatizar, agilizar y ordenar el manejo de información, y realizar una buena planificación de los programas de conservación de puentes. Un buen sistema de gestión de viaductos, enfatizan en la Dirección de Vialidad, requiere inspecciones rigurosas realizadas por parte de personal altamente calificado, que guarde la información obtenida en un software diseñado en forma especial. Adicionalmente, cada registro debe ir acompañado por planos y fotografías de las últimas inspecciones, con el fin de elaborar un historial de intervenciones, especificaciones técnicas y costos, entre otros aspectos.

En este contexto, los alcances de este estudio buscan registrar el estado de los puentes, su ubicación, el proyecto original de la estructura, los informes de actuaciones de conservación y mantenimiento, y los planos e imágenes asociados, para así implementar un sistema que permita la actualización de los datos que provengan de una evaluación global del estado de esta infraestructura y jerarquizar los trabajos de conservación a ejecutar, con sus costos estimados.

Luego de esta primera etapa, que considera 1.034 puentes, se proseguirá con el resto de estas estructuras hasta tener catastrados todas las del país que son tuición de la Dirección de Vialidad. Hasta el momento, el catastro indica que hay 13 puentes que deben ser intervenidos.

RESILIENCIA

Según el documento “Evaluación y Mejoramiento de la Resiliencia del Entorno Construido”, elaborado por el CNID en 2016, si bien un amplio porcentaje de la infraestructura cumple con estándares de desarrollo y construcción adecuados para resistir los embates de la naturaleza, existen diversas razones que explican la inevitable ocurrencia de daño ante un evento extremo.

“Este deterioro se justifica, en primer lugar, por el envejecimiento de los sistemas, ocasionado por la inadecuada mantención y el deterioro natural que provoca el tiempo, la acumulación de daño por eventos previos, la interferencia con otros sistemas como, por ejemplo, aguas arriba en el caso de un aluvión, o por errores de diseño y constructivos, entre muchas otras posibilidades. También existe una parte del entorno construido que posee menores estándares, ya que fue diseñado probablemente con patrones inferiores o en tiempos de la historia en que se carecía del nivel de conocimiento actual. Por otro lado, la localización de infraestructura crítica y habitacional en

“EN NUESTRO país aún se construyen puentes sin considerar el aumento potencial de los caudales de los ríos. Continuamos decidiendo los emplazamientos de grandes obras sin tomar en cuenta los ecosistemas claves a preservar para compensar los efectos del cambio climático”, señala Jaime Álvarez, del CNID.

zonas de alto nivel de amenaza natural es una realidad y debe ser considerada con especial cuidado”, describe el documento.

A su vez, Hernán de Solminihaç advierte sobre la necesidad de contar con una red vial más resiliente, que sea capaz de resistir y recuperarse de los efectos de un evento natural de manera oportuna y eficaz. “Dada nuestra condición de país expuesto a amenazas naturales, debemos estar preparados ante un eventual colapso o corte de un puente de la Ruta 5. Una forma de robustecer nuestra red es dotarla de redundancia, es decir, tener rutas alternativas que permitirían reducir el aumento del tiempo de viaje ante una eventual falla funcional de un puente. Esto se traduce en un menor impacto del evento en la competitividad y productividad del país”, señala.

MIRADA DE LARGO PLAZO

Para prevenir y reparar futuros daños en los viaductos, algunos expertos, como Raúl Campos, proponen la formación de una

nueva institucionalidad que permita generar y controlar un sistema de gestión de puentes en forma eficiente, que cuente con una adecuada asignación de recursos económicos.

Ejemplo de ello son las proposiciones de la última Estrategia Nacional de Innovación del CNID, entregada a la Presidencia en mayo 2017, en donde se hizo hincapié en que cada ministerio tenga la obligación de destinar parte de sus recursos para ciencia, tecnología e innovación, con el fin de comprender mejor cuándo y dónde conservar, mitigar o adaptar.

De acuerdo con Jaime Álvarez, esta mirada sistemática y de largo plazo podría significar que el Ministerio de Obras Públicas destinara recursos permanentes a identificar y desarrollar tecnologías para obras hidráulicas, que permitan contener las crecidas de los cauces de los ríos. “Si cada ministerio tuviera un área de Innovación y Desarrollo (I+D), se podrían investigar esos desafíos futuros y empezar a prepararse hoy”, concluye el experto.



Hormisur

PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

ISO 9001:2015 Casa Matriz - Planta San Bernardo



Diseño, fabricación y montaje de vigas para puentes y pasarelas a lo largo de Chile.

- Naves industriales
- Proyectos especiales
- Postes de electrificación

☎ 22 235 9451

✉ hormisur@hormisur.cl

🌐 www.hormisur.cl

