

Mejores prácticas y políticas para mantenimiento y conservación de **INFRAESTRUCTURA**

UITC

Nota técnica elaborada por la
Unidad de Inteligencia Tecnológica Competitiva
Alianza FiiDEM
29 de abril de 2014



alianza
FiiDEM AC
innovación en infraestructura

Contenido

Mantenimiento en infraestructura	3
Marco conceptual	3
Marco referencial	3
Estadísticas sobre inversión en mantenimiento	4
Mejores prácticas a nivel mundial	4
Incremento de la utilización de la infraestructura	5
Inversión en mantenimiento preventivo y predictivo	6
Monitorear el activo para determinar su vulnerabilidad y criticidad	6
Personalizar la estrategia de mantenimiento para cada activo	7
Evaluar la condición actual del activo	7
Elaborar un plan de intervención de mantenimiento para cada activo	7
Controlar el esfuerzo y consumo excesivos del activo	8
Estudiar y evaluar la relación empírica entre el uso del activo y su degradación	8
Promulgar normas y reglamentos, y desarrollar manuales de operación y restricciones que se ajusten a la evidencia	9
Monitoreo del uso mediante tecnología	9
Colocar incentivos en los contratos con usuarios o cargos para el usuario ..	9
Incremento en la resiliencia ante desastres	9
Oferta académica relativa a la conservación y mantenimiento	11
Conclusiones	12
Bibliografía	12

Mantenimiento en infraestructura

Marco conceptual

La infraestructura es considerada por el Foro Económico Mundial¹ como uno de los 12 pilares de la competitividad de un país y, a su vez, se define como un conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de este último. El nivel de productividad establece el nivel de prosperidad que puede ser alcanzado por una economía; en otras palabras, una economía competitiva es aquella que tiene más probabilidades de crecer más rápido en el tiempo.

Para asegurar un funcionamiento efectivo de la economía, es crítico contar con una infraestructura extensa y eficiente, ya que es un factor importante para determinar la localización de las actividades económicas y los tipos de actividades o sectores que pueden desarrollarse dentro de un país. Una infraestructura bien desarrollada reduce el efecto de la “distancia” entre las diferentes regiones, integrando el mercado nacional y conectándolo a bajo costo con los mercados en otros países y regiones. Adicionalmente, la calidad de la extensión de las redes de infraestructura impacta significativamente el crecimiento y reduce inequidades en los ingresos y pobreza en una gran variedad de formas. Una red de infraestructura de comunicaciones y transporte bien desarrollada es un requisito para que las comunidades menos desarrolladas tengan acceso a las actividades económicas nucleares y servicios.

Los modos efectivos de transporte —que incluyen caminos de calidad, vías férreas, puertos y transporte aéreo— permiten a los industriales llevar sus bienes y servicios al mercado de una manera segura y oportuna, además de facilitar el traslado de sus trabajadores. Por otra parte, las economías también dependen de un suministro de energía eléctrica libre de interrupciones, para que puedan desarrollar sus actividades sin obstáculos. Finalmente, una sólida y vasta red de telecomunicaciones permite el rápido y libre flujo de la información, lo que incrementa la eficiencia económica ayudando a asegurar que los negocios se puedan comunicar y a que las decisiones tomadas por los actores económicos tomen en cuenta toda la información relevante disponible (World Economic Forum, 2013).

Marco referencial

En el año 2013 la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)² calificó a los principales sectores en infraestructura de Estados Unidos con D+ (un 6 en una escala de 0 a 10) (American Society of Civil Engineers, 2014), indicando con ello sus condiciones actuales y necesidades mediante la evaluación de ocho criterios: capacidad, condición, financiamiento, necesidades futuras, operación y mantenimiento, seguridad pública,

1 World Economic Forum.

2 American Society of Civil Engineers.

resiliencia³ e innovación. La ASCE concluyó que “años de mantenimiento retrasado y la falta de modernización ha dejado a los americanos con una infraestructura caduca y fallando que no puede satisfacer nuestras necesidades”, resaltando además que US\$ 2.2 trillones,⁴ en estimaciones propias de la ASCE, son necesarios como inversión para la rehabilitación de la infraestructura a “buenas condiciones” dentro de los próximos cinco años (White, 2012).

Un análisis similar realizado por el Foro Económico Mundial en el año 2011 colocó a las principales potencias económicas del G7 (Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido) en condiciones de falta de mantenimiento a sus redes de infraestructura, parecido a lo realizado por la ASCE en Estados Unidos. Con calificaciones dentro de una escala de 1 a 7, donde 1 significa extremadamente subdesarrollada y 7 extensa y eficiente de acuerdo con estándares internacionales, el país del G7 mejor posicionado en este ranking fue Francia, con la cuarta posición, y una calificación de 6.6 y el peor posicionado fue Italia en el lugar 73 y una calificación de 4.0. México por su parte se colocó en la posición 79 y una calificación de 3.9 (Countries of the World, 2010).

Estadísticas sobre inversión en mantenimiento

La demanda actual en infraestructura a nivel mundial se estima en US\$ 4.0 trillones de gasto anual, con un déficit —u oportunidad no aprovechada— de al menos US\$ 1.0 trillón cada año. Una de las áreas de inversión más importantes a nivel mundial es, de hecho, la infraestructura. A pesar de la creciente brecha en la construcción de infraestructura nueva, debe hacerse hincapié en que los activos mundiales en infraestructura existente tienen un valor de US\$ 50 trillones, que es del mismo orden de magnitud que la capitalización mundial del mercado de valores (US\$ 55 trillones) y comparable, en cierta medida, con el PIB⁵ global (US\$ 72 trillones). Este parque existente ofrece una tremenda oportunidad para reducir la brecha de infraestructura si los gobiernos son capaces y están dispuestos a optimizar la operación y mantenimiento (O&M)⁶ de sus activos de infraestructura (World Economic Forum, 2014).

Mejores prácticas a nivel mundial

Las mejores prácticas a nivel mundial en el tema de operación y mantenimiento (O&M) de los activos de infraestructura, de acuerdo con el Foro Económico Mundial, se centran en dos áreas principales:

1. Estrategias de implementación, aplicables a los operadores de los activos de infraestructura para ayudarles a incrementar el desempeño de la operación y el mantenimiento, y

3 Habilidad de un sistema, una comunidad o una sociedad expuesta a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, y recuperarse de una crisis o desastre de una manera eficiente y a tiempo, y poder seguir rápidamente hacia adelante.

4 Trillones, de acuerdo con la escala “corta” utilizada en los Estados Unidos, equivalentes a 10^{12} .

5 Producto Interno Bruto.

6 Operation & Maintenance.

2. Estrategias de habilitación, aplicables a los organismos reguladores para crear las condiciones que permitan una operación y mantenimiento sustentable.

A su vez, las estrategias de implementación que los operadores de infraestructura deben de aplicar, son tres:

- a. Incremento de la utilización de la infraestructura, maximizando el uso del activo e incrementando su calidad para los usuarios.
- b. Decremento del costo total de la infraestructura, reduciendo los costos de operación y mantenimiento (O&M) y mitigando las afectaciones sociales y medioambientales.
- c. Incrementar el valor de la infraestructura durante su vida útil, extendiendo la vida del activo y reinvertiendo desde la perspectiva de todo el ciclo de vida.

Asimismo, las estrategias de habilitación aplicables a los organismos reguladores se centran en tres principales temas que afectan el desempeño potencial de las obras de infraestructura:

- I. financiamiento insuficiente,
- II. capacidades inmaduras (institucionales e individuales),
- III. estructuras inapropiadas del gobierno.

Incremento de la utilización de la infraestructura

Una vez que un activo de infraestructura se ha construido, cada año adicional de vida ofrece un enorme valor, ya que los costos marginales de las operaciones son relativamente bajos. Claramente, los operadores deben invertir en el mantenimiento preventivo y predictivo, el cual es facilitado cada vez más por la monitorización de estado remoto y el modelado avanzado del deterioro de activos. Algunos de los nuevos puentes ahora tienen sensores inalámbricos que vigilan e informan continuamente la condición del activo, lo que permite predicciones de la vida útil restante y la optimización de las rutinas de mantenimiento. Cualquier estrategia de mantenimiento requerirá una estrecha cooperación entre los distintos departamentos, a menudo departamentos en silos, y tendrá que ser modificado para el contexto específico del activo sobre la base de una evaluación adecuada de la vulnerabilidad y la criticidad de cada pieza del equipo.

El desarrollo de este tipo de tratamientos de mantenimiento personalizados e innovadores puede tener un gran impacto; por ejemplo, el revestimiento de la superficie de asfalto de preservación aplicada a la autopista M25 en el Reino Unido (UK) aumentó la vida del pavimento en un tercio. Otro factor crucial en la extensión de la vida del activo, es la adecuada gestión del mismo, de acuerdo con sus especificaciones, para controlar el uso excesivo o el consumo (por ejemplo, la regulación del uso de los camiones pesados en los caminos rurales). Un riesgo importante más para la infraestructura son los

desastres naturales. Las pérdidas económicas causadas por las tormentas, las inundaciones y los terremotos en todo el mundo durante los últimos 30 años se estima en US\$ 3.5 trillones (World Economic Forum, 2014), y estos riesgos son cada vez más comunes y más destructivos a causa del cambio climático.

Para solucionar esto, los gobiernos deben identificar y evaluar los riesgos, desarrollar planes maestros intersectoriales e incorporar más capacidad de recuperación en los activos existentes. Sus esfuerzos deben centrarse no solo en las medidas estructurales, tales como la construcción de barreras de protección y adaptación de las instalaciones existentes, sino también en medidas no estructurales rentables, incluida la creación de zonas de amortiguación naturales y la adaptación de los códigos de diseño más flexibles para las reconstrucciones futuras y las actualizaciones.

De acuerdo con lo anterior, se pueden resumir tres puntos clave que definen las estrategias a seguir, por parte de los operadores de infraestructura, para extender la vida útil de los activos:

1. Inversión en mantenimiento preventivo y predictivo.
2. Evitar y controlar el esfuerzo y deterioro excesivo del activo.
3. Incrementar la resiliencia del activo frente a desastres.

Inversión en mantenimiento preventivo y predictivo

El mantenimiento preventivo se aplica a activos de infraestructura que sufren daños de ligeros a moderados y, aplicado a tiempo, ayuda a disminuir el deterioro e incrementar la expectativa de vida útil del activo; por ejemplo, se pueden agregar de 5 a 10 años de vida de servicio a la superficie de un camino (Michigan Road Preservation Association, 1999). Adicionalmente pospone y reduce los costos de rehabilitación; por ejemplo, un estudio de las carreteras de Estados Unidos arrojó que si el mantenimiento se demora más de lo esperado, puede llevar a gastar un 29% adicional durante todo el ciclo de vida del activo, es decir, el costo del ciclo de vida de un camino con mantenimiento suficiente y a tiempo es de US\$ 2.82 millones por milla por carril, comparado con US\$ 3.64 millones por milla por carril para un camino sin mantenimiento (Sacramento Area Council of Governments, 2006). Complementando los beneficios, este tipo de mantenimiento incrementa el desempeño del activo, logrando mejorar la experiencia en el uso del activo por parte del usuario al mantenerlo disponible y en buen funcionamiento.

Monitorear el activo para determinar su vulnerabilidad y criticidad

Por lo anterior, está claro que es necesario establecer una estrategia de mantenimiento preventivo, pero no es tan sencillo formularla, implementarla o apegarse a ella, es solo mediante una base de datos de las fallas de los activos y sus impactos que los operadores pueden definir enfoques de mantenimiento basados en evidencia y justificar las inversiones en mantenimiento preventivo. Para ello requieren seguir los siguientes pasos:

- a) Registrar las fallas pasadas y el trabajo de mantenimiento correspondiente para todas las estructuras, equipamiento y componentes.
- b) Calcular la frecuencia y los impactos de las fallas para evaluar la vulnerabilidad y criticidad del activo.
 - I. Evaluar la frecuencia de la falla
 - II. Estimar el impacto de dichas fallas en términos de ganancias perdidas
- c) Priorizar los activos en una matriz de clasificación de riesgos tomando en cuenta dos variables, la frecuencia de la falla y el impacto de la misma.

Personalizar la estrategia de mantenimiento para cada activo

Basado en la vulnerabilidad y criticidad, escoger una estrategia adecuada para el mantenimiento puede apoyarse en la consideración de cuatro grandes tipos, de los cuales uno es esencialmente reactivo y los otros tres son preventivos:

- a) *Correctivo/Reactivo o mantenimiento basado en la falla.* Su principal finalidad es la de restaurar la condicional operacional de un sistema que ha sufrido alguna falla, debería ser la estrategia por escoger cuando la probabilidad de riesgo de falla es muy baja.
- b) *Mantenimiento programado.* Se realiza a intervalos definidos, ya sea posterior a un cierto periodo de uso (basado en tiempo) o después de una determinada cantidad de uso, es la estrategia que debe usarse cuando las fallas son costosas o la seguridad es crítica.
- c) *Mantenimiento predictivo basado en la condición.* Es la estrategia que detona actividades de mantenimiento cuando la condición del activo (medido por equipo especializado) se encuentra por debajo de un umbral establecido; se utiliza cuando la estrategia indica reducir al máximo los costos de mantenimiento manteniendo el servicio del activo.
- d) *Mantenimiento basado en la confiabilidad o en el riesgo.* Considera no solo la condición actual del activo, también toma en cuenta las consecuencias de la falla del mismo en el desempeño de la red; la estrategia se utiliza primordialmente en los casos donde la prioridad es la reducción del riesgo en general y el impacto de las fallas inesperadas para garantizar la máxima seguridad.

Evaluar la condición actual del activo

Para el mantenimiento predictivo, la elección y la sincronización de los tratamientos debe de basarse inicialmente en las condiciones actuales del activo; la definición precisa de estas condiciones es crucial y puede realizarse de la siguiente manera:

- a) Introducir un sistema de evaluación continua
- b) Modelar el proceso de degradación del activo, y
- c) Desarrollar métricas estandarizadas para cada condición del activo

Elaborar un plan de intervención de mantenimiento para cada activo

Los operadores necesitan establecer planes de mantenimiento a corto y largo plazo, indicando las intervenciones requeridas a diferentes niveles de detalle, basados en la evaluación de todo el ciclo de vida. Los aspectos que deben de considerar en la elaboración de estos planes incluyen los siguientes:

- a) Elegir la estrategia específica para cada pieza del activo.
- b) Contextualizar el tratamiento que se escoja a las circunstancias específicas.
- c) Determinar el ciclo óptimo de monitoreo y mantenimiento.
- d) Adoptar una perspectiva de sistema, no de activo.
- e) Cuando se priorice el mantenimiento preventivo, ser cuidadosos de no sobremantener.

Controlar el esfuerzo y consumo excesivos del activo

La infraestructura se deteriora con mayor rapidez cuando es utilizada por volúmenes o cargas excesivas que son inapropiadas para su diseño. Generalmente estos cambios no son programados, es más común que se presenten por las crecientes necesidades de las localidades que hacen uso del activo, por lo que los parámetros de diseño originales en muchos de los casos son excedidos.

Para proteger a los activos de esfuerzos y consumos excesivos no controlados los operadores deben de considerar las siguientes medidas.

Estudiar y evaluar la relación empírica entre el uso del activo y su degradación

Por citar un ejemplo, previo a la autorización del tránsito de vehículos “pesados” por vialidades de acceso a localidades, debería de evaluarse el impacto que puede tener en la capa de rodamiento; es decir, revisar que en el diseño de la vialidad se tenga considerado ese evento y, en caso de que no lo esté, formular un plan de contingencia para asegurar que el activo no sufrirá daño alguno.

Promulgar normas y reglamentos, y desarrollar manuales de operación y restricciones que se ajusten a la evidencia

Leyes de regulación de tráfico local, en el caso hipotético de la medida anterior, podrían promulgarse para controlar los problemas derivados de los permisos otorgados a los vehículos “pesados”, logrando con ello asignar rutas alternativas o restringir el peso máximo de los vehículos. Es esencial el contacto directo con las autoridades para asegurar la ejecución.

Monitoreo del uso mediante tecnología

Es importante seleccionar el equipo de monitoreo indicado para cada tipo de activo, procurando que la elección concuerde con lo último en tecnología, facilitando así la recolección, análisis y almacenamiento de los datos.

Colocar incentivos en los contratos con usuarios o cargos para el usuario

Adoptar cargos segmentados e incrementados para el usuario, de acuerdo con el monto del consumo del activo o el daño causado al sistema; por ejemplo, en una carretera, los operadores de camiones deberán pagar más por el uso del activo que los conductores de vehículos ligeros debido a que un camión de 36 toneladas (80,000 libras) degrada la superficie del camino en la misma medida que lo harían 750 vehículos ligeros (Merriss, 2003).

Incremento en la resiliencia ante desastres

Los activos de infraestructura continuamente enfrentan riesgos naturales y pueden sufrir daños mayores, las pérdidas económicas causadas por dichos desastres dentro de los pasados 30 años se estiman en US\$ 3.5 trillones a nivel mundial (World Economic Forum, 2014). Los desastres mayores pueden costar cerca de 5% del PIB, como el tsunami de 2011 en Japón, y más del 100% del PIB en países de bajo ingreso y pequeñas islas (World Economic Forum, 2014).

A pesar de que los desastres no son frecuentes, activos en infraestructura con vida útil de varias décadas permanecen en constante riesgo. Más aún cuando estos riesgos se vuelven más comunes y destructivos. La evidencia demuestra que su frecuencia y severidad, así como los daños causados por su impacto, se están incrementando (Munich: Munich Re/Geo Risks Research/NatCatSERVICE, 2012).

Adicionalmente a estas amenazas meteorológicas y geofísicas, la infraestructura también se encuentra en un creciente riesgo de ataques terroristas e incluso ciberterrorismo. Por todo esto es de crucial importancia una mayor resiliencia ante el desastre, lo cual afortunadamente es alcanzable, y generalmente muy por debajo del costo de las reparaciones de los potenciales daños. Los gobiernos deberán desarrollar una correcta administración de riesgos en todas las etapas del ciclo de vida de la infraestructura (planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento O&M), particularmente para activos que son de gran importancia. Para reforzar la habilidad de los sistemas de

infraestructura para resistir es necesaria una exhaustiva selección de estrategias de resiliencia, como pueden ser:

- a) Desarrollar un plan maestro para resiliencia
 - I. Conducir el análisis del escenario para identificar el potencial costo-beneficio y definir las medidas resilientes necesarias.
 - II. Considerar las medidas de “prevención” y “respuesta” dentro del plan maestro.
 - III. Tener una visión global de la infraestructura; es decir, tener en cuenta todas las dependencias que existen entre sistemas.
 - IV. Involucrar a todos los operadores y departamentos encargados del activo en colaboración cercana.
- b) Incrementar la definición, evaluación y comunicación de los riesgos
 - I. Realizar una evaluación exhaustiva de vulnerabilidad e impactos por desastre para cuantificar el riesgo y anticipar el daño potencial, por localización y tipo de amenaza.
 - II. Utilizar esta información para producir mapas de riesgo que servirán para ubicar las zonas en donde los activos deberán de prepararse para este tipo de eventos.
- c) Combinar medidas estructurales y no-estructurales para reducir los riesgos
 - I. Construir activos de infraestructura de protección como son los diques, vertederos, drenajes de tormenta, alcantarillas y canales.
 - II. Renovar las instalaciones de infraestructura existente.
 - III. Aplicar medidas no estructurales como, adaptar políticas y normas para restringir el uso de zonas con gran potencial de daño mediante la introducción planeación territorial.
- d) Crear las preparaciones apropiadas para el manejo del riesgo residual
 - I. Desarrollar modelos mejorados para predecir desastres naturales, ya sean tormentas o terremotos.
 - II. Incrementar los preparativos y mejorar los planes de respuesta a emergencias.

- III. Preparar planes de recuperación para las escuelas ante un desastre y planificar la rápida movilización de recursos para recuperarse.
- e) Reconstruir y rehabilitar para resiliencia
- I. Adaptar los reglamentos de construcción para resistir los nuevos retos.
 - II. Esforzarse para obtener activos más robustos al reconstruir o renovar.
- f) Generar acuerdos financieros e institucionales que puedan dar soporte a la resiliencia
- I. Destinar alguna rutina presupuestal que albergue fondos de mantenimiento para reparaciones menor escala que puedan ser necesarias a raíz de desastres naturales.
 - II. Disponer del presupuesto apropiado e instrumentos de financiamiento.
 - III. Crear una figura central para el manejo de riesgo de desastre que coordine los planes a nivel nacional a través de las dependencias y sectores.
 - IV. Promover oportunidades para las asociaciones público-privadas que ayuden a promover las iniciativas en resiliencia de manera más eficiente.
 - V. Enlistarse en la campaña lanzada por la Oficina para la Reducción de los Riesgos de Desastre de las Naciones Unidas,⁷ que en la actualidad tiene un activo de más de 1,000 ciudades que comparten sus experiencias y lecciones aprendidas en materia de desastres.

Oferta académica relativa a la conservación y mantenimiento

El correcto mantenimiento de los activos de infraestructura puede facilitarse mediante la contratación de personal calificado para la realización de las tareas de monitoreo y control. Algunas instituciones a nivel mundial actualmente ofrecen una cartera de profesionales de alto nivel académico que pueden contribuir con su conocimiento en beneficio de un mayor ciclo de vida de los activos.

Algunas de las instituciones y países que ofrecen profesionales con especialización en mantenimiento y conservación de activos en infraestructura son las siguientes:

1. CQ University/Australia.
2. University of Central Lancashire/Reino Unido.

⁷ United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

3. Glasgow Caledonian University/Reino Unido.
4. Politécnico de Milano/Italia.
5. University of Malaya/Malasia.
6. Universitat Politècnica de Valencia/España.
7. University of Tennessee Knoxville/Estados Unidos-Monash/Australia.
8. University of Twente/Países Bajos.
9. University of Pretoria/Sudáfrica.
10. Federation University/Australia.
11. Bircham University/España-Estados Unidos-Bahamas.

El grado de estudio que pueden obtener los profesionales en estas instituciones son: Executive Master in Industrial Maintenance Management (meGMI), Master, Master in Science (MS), Master in Engineering (MEng), y Doctor of Philosophy (PhD). Incluso, algunas de estas instituciones ofrecen la obtención del grado cursando las especialidades en línea.

Conclusiones

Dados los nuevos retos a nivel mundial de optimizar la operación y mantenimiento de la infraestructura existente, manteniendo un grado de desempeño y calidad óptimos y aunado a un claro cambio climático que lleva a la infraestructura en todo el mundo a probar su diseño y construcción, nos podemos dar cuenta que el desafío reside en alargar la vida útil de los activos que hoy en día existen y que significaron una gran inversión para los gobiernos, garantizando su operatividad en niveles óptimos de desempeño que aseguren en todo momento la seguridad de los usuarios.

Es por ello que es cada vez más importante estar preparados con las políticas, normas y reglamentos adecuados a los nuevos desafíos en materia climática, contar con materiales de nueva generación que permitan que los daños en los activos se reduzcan o nulifiquen, mantener un monitoreo constante del desempeño de la infraestructura y contar con el equipo más novedoso para realizarlo, así como disminuir en la medida de lo posible el daño ocasionado por el uso “anormal” del activo y, en determinado momento, generar costos adicionales a quien provoque estos daños. Con estas acciones estaremos entrando en el uso de las mejores prácticas mundiales que buscan que el mantenimiento y operación de la infraestructura sea eficiente y efectivo.

Bibliografía

- American Society of Civil Engineers. (2014). *American Society of Civil Engineers*. Consultado abril 03, 2014, en <http://www.infrastructurereportcard.org/grades/Countries of the World>. (2010, Mayo 20). *Countries of the World*. Consultado abril 07, 2014, en http://www.photius.com/rankings/infrastructure_quality_country_rankings_2011.html
- Merriss, J. (2003). *New Research on Pavement Damage Factors*. Oregon: Oregon Department of Transportation.
- Michigan Road Preservation Association. (1999). *An Overview of Preventive Maintenance Concepts and Practices (Education Program)*. Consultado abril 07, 2014, en <http://www.m-rpa.org/overview.htm>
- Munich: Munich Re/Geo Risks Research/ NatCatSERVICE. (2012). *Natural catastrophes in economies at different stages of development*. Munich: Munich Re/Geo Risks Research/NatCatSERVICE.
- Sacramento Area Council of Governments. (2006). *Road Maintenance. Issue Brief*. Sacramento Area Council of Governments.
- Solano Jiménez, J. *Infraestructura resiliente: una oportunidad para el concreto* (p. 3). Instituto Costarricense del Cemento y del Concreto. Consultado abril 28, 2014 en http://www.ficem.org/presentaciones/nov_2012/resultados_foro_chile/8_jorgesolano.pdf
- The Economist. (2014). *The Economist Newspaper*. Consultado abril 03, 2014, en <http://www.economist.com/news/leaders/21599358-how-get-more-worlds-savings-pay-new-roads-airports-and-electricity>
- White, A. J. (2012). *Infrastructure Policy: Lessons from American History*. Washington, D.C.: The New Atlantis.
- World Economic Forum. (2013). *The Global Competitiveness Report*. Geneva: World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2014). *Strategic Infrastructure Steps to Operate and Maintain Infrastructure Efficiently and Effectively*. Geneva: World Economic Forum.