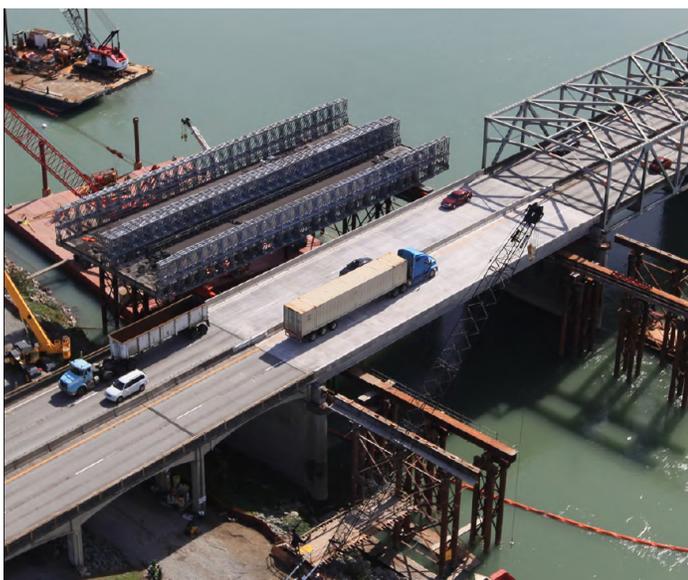


CONSTRUCCION ACELERADA DE PUENTES

Diana Sanabria Barboza, Asistente de Ingeniería
Ing. Rolando Castillo Barahona, PhD, Coordinador

Programa de Ingeniería Estructural



Construcción por deslizamiento del puente de la Interestatal I-5 sobre el río Skagit,
Washington, 2013

Fuente: Federal Highway Administration, 2015

Introducción

Actualmente, el tiempo requerido para la construcción de puentes y pasos a desnivel convencionales en Costa Rica es muy extenso. Por ejemplo, si se llegara a completar la construcción del paso a desnivel de Paso Ancho, carretera de Circunvalación - Ruta 39, para la fecha programada de enero del 2016 (Constructora Meco, 2015), la construcción habría demorado 15 meses a partir de la fecha de inicio de la construcción en setiembre del 2014.

Es bien conocido que durante el tiempo que tarde la construcción de un puente en una zona urbana, habrá una restricción importante al tránsito vehicular y por ende una considerable congestión vial. Consecuentemente, el tiempo de viaje de los usuarios aumenta y también su frustración. Es por ello que las expectativas de los usuarios sobre este tipo de obras es que estas sean completadas rápidamente.

Para manejar el tránsito vehicular durante la construcción, rehabilitación o reparación de un puente, en Costa Rica se han tomado medidas como el desvío del tránsito por vías alternas o vías temporales paralelas al puente en cuestión, como actualmente se realiza en la construcción del paso a desnivel en Paso Ancho (ver Figura 1). Otra medida común ha sido la instalación de puentes temporales tipo Bailey como en el caso de la falla de una alcantarilla de la carretera de Circunvalación, en el sector de Hatillo 8 en San José, para permitir el paso de vehículos durante la construcción del nuevo puente (ver Figura 2).

Una manera efectiva de reducir los inconvenientes a los usuarios producto de la construcción de puentes en zonas urbanas es reducir al mínimo su tiempo de construcción. Esta acción permitiría disminuir las interrupciones del tráfico y por ende, el tiempo de exposición de los usuarios a la congestión, lo cual debería ser un objetivo primordial cuando se planifica el diseño y la construcción de proyectos de puentes. Es por ello que las tecnologías de construcción acelerada de puentes que actualmente utilizan los departamentos de transportes de los Estados Unidos podrían aplicarse en nuestro país. El objetivo de este artículo es presentar un resumen de estas tecnologías.



Figura 1. Construcción del paso a desnivel en Paso Ancho, San José, Costa Rica
Fuente: La Nación, 2015



Figura 2. Falla en alcantarilla de la vía de Circunvalación, sector de Hatillo 8, San José, que obligó a colocar puentes Bailey
Fuente: Diario Extra, 2013

Iniciativa Every Day Counts (EDC) de los Estados Unidos

Según la Federal Highway Administration (2015b), Every Day Counts (EDC) es una iniciativa creada en el año 2009 por la FHWA en cooperación con la American Association of State and Highway and Transportation Officials (AASHTO), para identificar y desplegar rápidamente innovaciones comprobadas, pero subutilizadas, que sirven para acortar el proceso de ejecución de proyectos de carreteras y puentes, aumentar la seguridad vial, reducir la congestión y mejorar la sostenibilidad del medio ambiente.

El EDC-2 es una publicación en la que se presenta un conjunto de innovaciones seleccionadas para su desarrollo al término del año 2012 (Ver figura 3). En esta etapa del programa Every Day Counts, se incluyeron tecnologías de Construcción Acelerada

de Puentes. Según la FHWA, hay muchas maneras de acelerar la construcción de puentes, sin embargo la iniciativa EDC-2 se enfocó en promover tres tecnologías de Construcción Acelerada de Puentes, las cuales se describen en el artículo Accelerated Bridge Construction publicado en el año 2012; el cual es la base de la información que se presenta en este boletín.

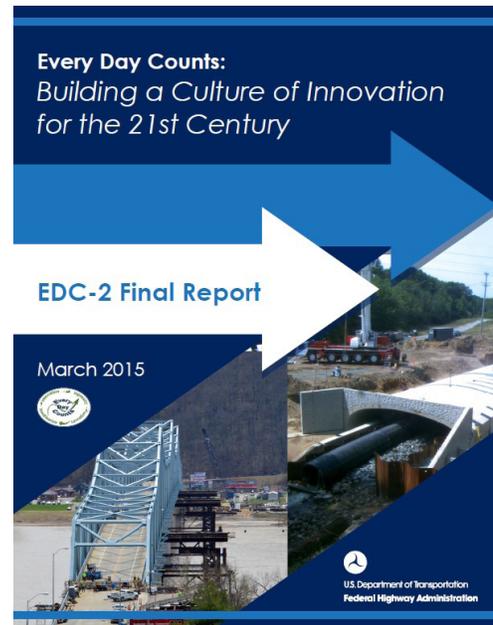


Figura 3. Portada del EDC-2 Final Report
Fuente: Federal Highway Administration, 2015

En la publicación EDC-2 se define a la Construcción Acelerada de Puentes como la construcción de puentes mediante la planificación, el diseño, el uso de materiales y métodos de construcción de manera segura y rentable, para reducir el tiempo de construcción de nuevos puentes, o el tiempo de rehabilitación o remplazo de puentes existentes. Se detalla que estas innovaciones son muy oportunas, ya que aproximadamente el 25% de los puentes de Estados Unidos requerían reparación o remplazo en el año 2012, cuando las carreteras ya se encuentran congestionadas sin la presión adicional causada por restricciones al tránsito y cierres temporales (FHWA, 2012).

Tecnologías para Construcción Acelerada de Puentes

La FHWA a través de la iniciativa Every Day Counts promueve tres tecnologías para la Construcción Acelerada de Puentes (FHWA, 2012): (a) construcción con elementos y sistemas

prefabricados (PBES), (b) construcción por deslizamiento y (c) construcción mediante suelo reforzado con geosintéticos y sistema de puente integrado (GRS-IBS). El detalle de estas tecnologías se describe a continuación.

(a) Construcción con elementos y sistemas prefabricados (Prefabricated Bridge Elements and Systems – PBES)

La construcción de puentes con elementos y sistemas prefabricados (Prefabricated Bridge Elements and Systems – PBES) se basa en la construcción de componentes estructurales lejos del sitio donde se construirá el puente. Esta práctica permite reducir el tiempo de construcción en el sitio y el impacto a la movilidad que ocurre con los métodos convencionales de construcción.

Otro beneficio adicional de utilizar sistemas y elementos prefabricados es que pueden ser fabricados en sitios con condiciones controladas o en una planta de prefabricado, con esto se evita la exposición a la temperatura, humedad, lluvia y viento que puede afectar la calidad del producto cuando se trabaja con construcción convencional en sitio.

En el año 2015 la FHWA publicó el documento EDC-2 Final Report con el fin de documentar los resultados obtenidos por la implementación de las innovaciones tecnológicas durante los años 2013 y 2014. En cuanto a aplicación de elementos y sistemas prefabricados de puente, la publicación destaca el remplazo del puente Frenchtown Brook luego de 57 años de uso (ver Figura 4), ejecutado por el Departamento de Transportes de Rhode Island.

Para la sustitución del puente se utilizaron componentes prefabricados de superestructura, subestructura y cimentación. El puente nuevo fue prefabricado lejos del sitio de construcción antes de su instalación. Esta propuesta innovadora incrementó la seguridad, la calidad y permitió al contratista remplazar el puente en 33 días con el cierre de la carretera Davisville, en vez de los 6 meses que se tardaría con los métodos tradicionales de construcción. Un análisis económico integral que incluyó el costo causado al usuario reveló que el proyecto ahorró aproximadamente \$2 millones a los usuarios de la carretera (FHWA, 2015).

Mas fotografías del proceso constructivo del puente Frenchtown Brook pueden observarse en el álbum de la FHWA



a) Antiguo Frenchtown Brook Bridge



b) Demolición del puente existente



c) Colocación de elementos modulares de la nueva superestructura



d) Estructura terminada

Figura 4. Remplazo del puente Frenchtown Brook con sistemas prefabricados de superestructura, subestructura y cimientos

Fuente: Federal Highway Administration, 2013

titulado Rhode Island Demonstration Project: Replacement of Frenchtown Brook Bridge No.335, que se ubica en la siguiente dirección electrónica: <https://www.flickr.com/photos/fhwa/sets>

(b) Construcción de puente por deslizamiento (Slide-In Bridge Construction)

El método de construcción de puentes por deslizamiento es una forma de movilizar e instalar sistemas de puente totalmente prefabricados, lo que garantiza la sustitución rápida de un puente existente.

Con este procedimiento, un nuevo puente se construye sobre apoyos temporales a un costado y paralelo al puente existente. Una vez que la construcción del puente nuevo se completa, la carretera se cierra y el puente existente se demuele. Se requiere entre 48 y 72 horas para deslizar el puente hasta su ubicación final, construir los accesos de aproximación y colocar el pavimento.

A manera de ejemplo, el documento EDC-2 Final Report destaca el caso del puente Milton-Madison sobre el río Ohio (ver Figura 5), ejecutado por el Departamento de Transportes de Indiana, al cual se le realizó el reforzamiento de la subestructura y la sustitución de la superestructura existente mediante el método constructivo por deslizamiento. Se utilizó este método de construcción con el objetivo de que el puente antiguo permaneciera abierto al tráfico mientras el nuevo puente se construía. La superestructura nueva de 740 m se deslizó lateralmente 17 metros desde apoyos temporales hasta los apoyos originales restaurados. Se necesitó cerrar el paso de la vía por 41 días en vez de un año, tiempo estimado para la construcción mediante métodos convencionales (FHWA, 2015).

Para ilustrar más a profundidad este caso, en el siguiente enlace se muestra una serie de fotografías de las etapas constructivas del puente Milton-Madison las cuales abarcan el periodo de construcción entre febrero del 2011 hasta julio del 2013:

<http://www.burgessniple.com/milton-madison-bridge/milton-madison-bridge-replacement-photo-gallery.aspx>



Figura 5. Reemplazo del puente Milton-Madison sobre el río Ohio con el método de construcción por deslizamiento

Fuente: Federal Highway Administration, 2015

(c) Construcción mediante suelo reforzado con geosintéticos y sistema de puente integrado (Geosynthetic Reinforced Soil-Integrated Bridge System – GRS-IBS)

Este método constructivo combina un refuerzo geosintético estrechamente espaciado y un suelo granular para formar un nuevo material compuesto. El material compuesto es usado en la construcción de bastiones y terraplenes de aproximación, los cuales son menos propensos a asentarse y a crear protuberancias en los extremos del puente.

Este método es fácil de construir y mantener y es entre 25% y 60% menos costoso que los métodos de construcción convencional. En la Figura 6 se ilustra la configuración característica del método constructivo GRS-IBS.

La publicación de resultados EDC-2 Final Report destaca la implementación del método GRS-IBS en el reemplazo del puente de la Ruta Estatal 7A sobre la vía del ferrocarril Housatonic en Sheffield, llevado a cabo por el Departamento de Transportes de Massachusetts.

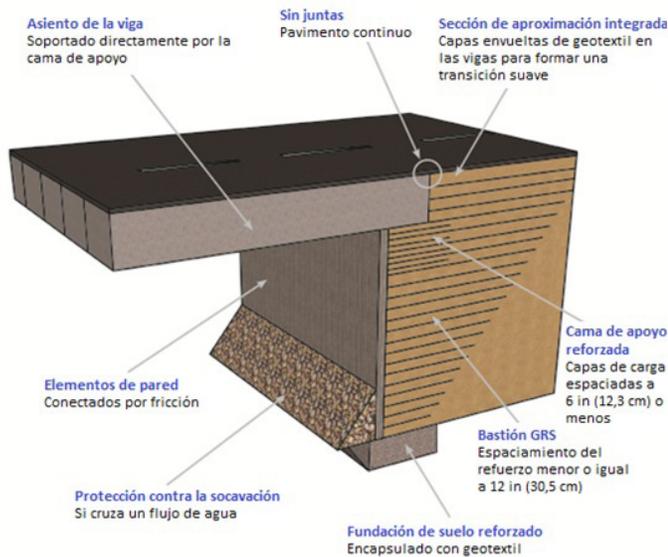


Figura 6. Sección típica del método GRS-IBS

Fuente: National Precast Concrete Association (NPCA), 2013
Modificado por el Programa de Ingeniería Estructural, LanammeUCR, 2015

Al emplear la tecnología GRS-IBS en este proyecto se logró ahorrar el 49% del costo estimado del diseño original con métodos de construcción convencional. Debido a su ubicación, se necesitó un puente de 32 m de ancho para cruzar la línea del ferrocarril (ver Figura 7).



Figura 7. Puente de la Ruta Estatal 7A, Massachusetts, construido con la tecnología GRS-IBS

Fuente: Federal Highway Administration, 2015

Comparación entre las tecnologías de Construcción Acelerada de Puentes

El Cuadro 1 presenta un resumen de ventajas de cada tecnología de Construcción Acelerada de Puentes, cuando se tiene una adecuada calidad de construcción y una gestión de proyectos efectiva.

Cuadro 1. Diferentes ventajas de los métodos de Construcción Acelerada de Puentes

Fuente: Federal Highway Administration (FHWA), 2012

Ventaja	Construcción con elementos prefabricados de puente (PBES)	Construcción de puente por deslizamiento	Construcción mediante suelo reforzado con geosintéticos y sistema de puente integrado (GRS-IBS)
Mejora de la seguridad	•	•	•
Reducción de costos constructivos	•	•	•
Reducción de impactos a la movilidad	•	•	•
Reducción del tiempo de construcción	•	•	•
Reducción del impacto ambiental	•	•	•
Mejora de la calidad	•	•	•
Aumento de la constructibilidad	•	•	•
Eliminación de desniveles/protuberancias en la unión con la losa de aproximación			•
Da cabida a modificaciones en sitio			•

Manual de Construcción Acelerada de Puentes - PBES

La FHWA ha publicado un manual titulado Accelerated Bridge Construction: Experience in Design, Fabrication, and Erection of Prefabricated Bridge Elements and Systems (Pub. No.HIF-12-013), para presentar una visión general de todos los aspectos de la Construcción Acelerada de Puentes, desde la planificación del proyecto hasta su entrega (ver figura 8).

El manual define una serie de razones por las cuales es necesario el desarrollo de Construcción Acelerada de Puentes y se enumeran las ventajas de su aplicación, especialmente al utilizar la prefabricación de elementos y sistemas de puente.

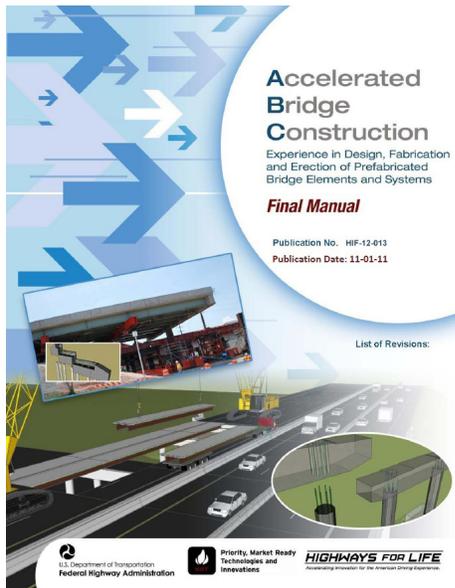


Figura 8. Portada del manual Accelerated Bridge Construction
Fuente: Federal Highway Administration, 2011

Además se presentan las diversas tecnologías, en cuanto a sus ventajas y limitaciones, instrucciones y la manera en que son aplicables a diversos tipos de puente.

El documento se compone de nueve capítulos entre los cuales se destacan el proceso de toma de decisiones para la selección del método apropiado de Construcción Acelerada de Puentes en casos específicos, el enfoque que se utilizó para implementar los métodos en una agencia de transporte y el diseño para la Construcción Acelerada de Puentes a partir de especificaciones tradicionales de diseño LRFD. También se incluye una sección de apéndices basada en ejemplos de diseño, productos estándares y ejemplos de especificaciones constructivas.

Este documento puede ser descargado en la siguiente dirección: <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/docs/abcmanual.pdf>

Conclusiones

Las tecnologías de Construcción Acelerada de Puentes promovidas por la Federal Highway Administration son alternativas para construcción de puentes utilizadas por departamentos de transporte de los Estados Unidos para la reducción del tiempo de construcción y rehabilitación.

Su efectividad se evidencia en los proyectos realizados en Estados Unidos. El resultado común de aplicar estas tecnologías fue una reducción significativa en el tiempo de cierre de

carreteras y de los costos de construcción, si se compara con el tiempo y costo requeridos para la construcción de un puente utilizando procedimientos convencionales.

Cada método de Construcción Acelerada de Puentes tiene su propia técnica, la cual debe manejarse y adaptarse adecuadamente según el tipo de puente y las condiciones que se encuentren en sitio para obtener buenos resultados.

La aplicación exitosa de tecnologías de Construcción Acelerada de Puentes en Costa Rica implica investigar las posibilidades y retos que pueden surgir para cada método, empezando por optimizar la gestión de proyectos de obra pública, incluyendo una acción común y ordenada entre el Estado, los gobiernos locales y la empresa privada.

Fuentes consultadas

- Constructora Meco. (27 de marzo de 2015). Proyecto de intercambio de Paso Ancho cuenta con un avance del 31%. Tomado de <http://constructorameco.com/proyecto-de-intercambio-de-paso-ancho-cuenta-con-un-avance-del-31/>
- Federal Highway Administration. (2011). Final Manual: Accelerated Bridge Construction - Experience in Design, Fabrication and Erection of Prefabricated Bridge Elements and Systems. Tomado de <http://www.fhwa.dot.gov/everydaycounts/edctwo/2012/abc.cfm>
- Federal Highway Administration. (2012). Accelerated Bridge Construction. Tomado de <http://www.fhwa.dot.gov/everydaycounts/edctwo/2012/abc.cfm>
- Federal Highway Administration. (2013). Album: Rhode Island Demonstration Project: Replacement of Frenchtown Brook Bridge No. 435. Tomado de <https://www.flickr.com/photos/fhwa/sets/72157632820557867/with/8496253176/>
- Federal Highway Administration. (2015a). EDC-2 Final Report. Tomado de <http://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/reports/edc-2-finalreport/>
- Federal Highway Administration. (2015b). About Every Day Counts (EDC). Tomado de <https://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/about-edc.cfm>
- Campos, W., Láscarez, C. (9 de marzo de 2015). Colocan vigas para sostener puente elevado en Paso Ancho. Diario La Nación. Tomado de http://www.nacion.com/nacional/infraestructura/Colocan-vigas-sostendran-puente-elevado_0_1486451392.html
- Leandro, M. (10 de setiembre de 2013). Fallo de alcantarilla es por abandono de años. Diario Extra. Tomado de <http://www.diarioextra.com/Noticia/detalle/179693/fallo-de-alcantarilla-es-por-abandono-de-anos>
- National Precast Concrete Association. (9 de abril de 2013). GRS-IBS: The 5-Day Wonder. Tomado de <http://precast.org/2013/04/grs-ibs-the-5-day-wonder/>