

Agrupamiento de puentes: nuevo enfoque para realizar conservación y mejoramiento de puentes existentes

Ing. Esteban Villalobos Vega, M.Sc.

Coordinador - Unidad de Puentes

Programa de Ingeniería Estructural - LanammeUCR

esteban.villalobos@ucr.ac.cr

Juan Pablo Rodríguez Ugalde

Candidato a Lic. Ingeniería Civil

Universidad de Costa Rica

jpablo05r@gmail.com

1. Definir y comprender el método de agrupamiento de puentes
2. Definir las metas y objetivos
3. Identificar y evaluar las opciones de financiamiento
4. Identificar el equipo de trabajo y el plan de implementación
5. Implementar gestión del riesgo
6. Identificación y selección de puentes a considerar
7. Método de contratación y ejecución
8. Evaluaciones ambientales y consideraciones preliminares de diseño
9. Agrupar y realizar los contratos
10. Control de calidad y cierre del proyecto

Figura 1.- Serie de pasos recomendados en las guías de agrupamiento de puentes.

Introducción

El agrupamiento de puentes es un enfoque de intervención que permite la conservación, rehabilitación o remplazo de un grupo de puentes de manera eficiente. Este programa permite extender la vida útil de estas estructuras y como consecuencia, reducir el número de puentes en mal estado (Unkefer y García, 2020). El propósito del agrupamiento es facilitar los procesos de contratos de intervención de tal manera que múltiples puentes sean atendidos utilizando un mismo documento, con el cual se presentan diversas ventajas económicas. A pesar de los beneficios que conlleva esta herramienta, existen diversas ocasiones en las que no es posible o recomendable utilizarla, por ejemplo, cuando la fuente de financiamiento es altamente incierta, cuando los procesos constructivos requeridos son muy diferentes entre sí, si los proyectos están ubicados muy lejanos uno del otro, entre otros.

Existen diversos aspectos a tomar en consideración para la creación de un programa de agrupamiento de puentes. Este boletín técnico adopta los criterios de la FHWA (*Administración Federal de Carreteras* por sus siglas en inglés) en Estados Unidos, expuestos en su guía "*Bridge Bundling Guidebook*" (2019), cuya lectura es recomendada. En este se proponen diez pasos que no necesariamente tienen que seguir el orden establecido, aunque si se aconseja, y algunos de estos pueden participar durante otras etapas. Estos se muestran en la Figura 1.

Esta metodología puede ser útil para futuras implementaciones en la Red Vial Nacional por parte del MOPT-CONAVI, así como en la Red Vial Cantonal administrada por las Municipalidades, con el objetivo de hacer un uso más eficiente de los recursos en aquellos casos en los que sea factible su implementación.

1. Definir y comprender el método de agrupamiento de puentes.

Esta primera etapa se debe tener clara debido a que plantea los propósitos de esta herramienta (descritos anteriormente). Algunas ventajas por recordar de la agrupación de puentes son: es un método rápido y eficiente que reduce el número de puentes en mal estado, funciona para trabajos de conservación, rehabilitaciones, y remplazos. Considera el presupuesto propuesto y otros recursos a utilizar en las intervenciones. Maximiza el tiempo disponible y minimiza los costos en los proyectos, tomando en cuenta el mejor método de entrega del proyecto.

2. Definir las metas y objetivos.

La segunda etapa es de suma importancia, ya que se deben documentar y siempre tener presente las metas y objetivos del proyecto, las cuales servirán para no desubicarse del propósito principal en la agrupación de puentes. Algunos objetivos y metas principales son:

- Ahorro de tiempo y dinero en aspectos de diseño y construcción.
- Maximizar el presupuesto disponible.
- Mejorar la coordinación en diferentes etapas, atender diversos puentes simultáneamente.
- Mejorar y mantener la condición de la infraestructura y crear ofertas de trabajo en la industria de la construcción.

También se mencionan oportunidades en las que se pueden disminuir costos. En términos de diseño, completar la información del proyecto y pruebas de laboratorio necesarias (estudios de suelos, hidrológicos, estructurales, entre otros) en un único contrato de todos los puentes; en términos de localización, se puede ahorrar en la compra de materiales al reducir el número de viajes que se tienen que realizar al adquirirlos en una sola compra y utilizar los mismos tipos de materiales en el proyecto (por ejemplo, mismo tipo de vigas).

A pesar de los beneficios que ofrece este sistema de agrupamiento, existen diversas consideraciones importantes. Primero, no olvidar realizar intervenciones a puentes en condición *Satisfactoria* a *Deficiente* para que estos luego no empeoren su categoría. No exagerar la cantidad de puentes a ser incluidos en un contrato,

debido a que el número de empresas que participen en él se reducirá, afectando la eficiencia y costos por la falta de competencia. Se recomienda realizar un análisis financiero para determinar el número de puentes óptimos a considerar en agrupamientos de contratos. Considerar la capacidad local de fabricación de materiales, debido a que en este tipo de proyectos, la industria puede tener dificultades en seguir el porcentaje de avance respecto al proyecto.

3. Identificar y evaluar las opciones de financiamiento.

Es fundamental identificar las maneras de financiar cada proyecto. Es importante mencionar que no existe una única opción óptima que satisfaga todos los proyectos debido a que estos nunca son iguales. Definir las opciones de financiamiento es fundamental para conocer las limitaciones y el alcance del proyecto, además que ayudará a conocer los procesos ambientales y de entrega. Se recomienda utilizar algún tipo de *software* de gestión de puentes para determinar la vida útil de estos, con el objetivo de recordar incluir los costos de conservación de estas estructuras y que estas no sean abandonadas (análisis de costos del ciclo de vida). Es importante destacar que el financiamiento se recomienda trabajarlo luego de definir el alcance, las metas y los objetivos, y no antes.

4. Identificar el equipo de trabajo y el plan de implementación.

El siguiente paso es necesario para identificar y crear el equipo de implementación del proyecto, con el objetivo de realizar un plan de comunicación. Las agencias públicas (MOPT-CONAVI, Municipalidades) deben atraer la atención de las partes interesadas (o "*stakeholders*" como se le denomina en inglés) para obtener el apoyo de la creación del proyecto o programa de agrupamiento de puentes.

En la Tabla 1 se explica un ejemplo de los componentes principales en un plan de comunicación, el cual depende de las personas y organizaciones involucradas, así como la frecuencia de contacto a lo largo del proyecto, entre otros. En ocasiones es necesario incluso recurrir a organizaciones internas, funcionarios electos, industrias, y el público en general. Es fundamental preparar un plan de comunicación

que describa las diferentes organizaciones necesarias para el apoyo del programa y también aquellas que pueden ser afectadas por este. Hoy en día, el uso adecuado y eficiente de las redes sociales se vuelve un factor fundamental para el manejo de este punto.

5. Implementar gestión del riesgo

Es altamente recomendado que las agencias de transporte implementen un proceso formal de gestión del riesgo a lo largo del proyecto o de la vida del proyecto.

Identificar las amenazas y riesgos que puedan ocurrir en un proyecto es importante para controlarlas en caso de que ocurran, con el objetivo de que este sea exitoso. Es muy recomendable realizar informes de riesgo a lo largo del proyecto, ya que estos ayudan a prevenir eventos inesperados, además de que pueden dar una mejor visión de las oportunidades para cumplir con las metas. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de diferentes amenazas u oportunidades (positivas y negativas), así como algunas posibles soluciones planteadas que pueden surgir en los proyectos de agrupamiento de puentes.

Tabla 1. Comunicación efectiva en proyectos de agrupamiento de puentes.

Organización o persona	Contenido	Frecuencia	Medio	Responsable
Se refiere al destinatario, en otras palabras, a la persona o entidad con la que se necesita comunicar.	Trata del motivo o intención del contacto, ya sean reportes, beneficios, riesgos, entre otros.	Expone la periodicidad del contacto, ya sea semanal, mensual, única, entre otros.	Denomina el medio de comunicación, por ejemplo, correo electrónico, reuniones presenciales, vía telefónica y más	Se refiere a la persona responsable de contactar al destinatario

Tabla 2. Ejemplos de amenazas u oportunidades y sus posibles soluciones presentadas en proyectos de agrupamientos de puentes.

Amenaza u oportunidad	Solución posible
Objetivos o metas poco claros.	Recurrir a los "stakeholders" y documentar la información.
Métodos de entrega no definidos.	Utilizar la herramienta de selección de entrega de proyectos.
Conflictos entre terceras partes.	Asignar las responsabilidades de cada uno en un documento. Utilizar las "3 Cs": coordinación, cooperación y comunicación.
Condiciones de suelos deficientes.	Realizar un estudio de suelos anticipadamente. Investigar si existen estudios previos del terreno.
Fondos insuficientes.	Considerar otras opciones de financiamiento. Reducir o modificar el alcance del proyecto.
Comunicación ineficiente.	Elaborar un plan de comunicación.
Conflictos en obtención de permisos.	Coordinación temprana. Coordinar agrupamientos de permisos.
Personal y expertos deficientes.	Capacitaciones. Implementar un plan de comunicación.

6. Identificación y selección de puentes a considerar.

El siguiente aspecto por considerar es la identificación de los puentes que serán incluidos en el programa de agrupamiento. El tamaño de la agrupación depende de diversos factores, tales como los objetivos, el financiamiento disponible, la capacidad de la agencia, el tiempo disponible, y la disponibilidad de las constructoras para ejecutar el proyecto. Han existido ocasiones donde se agrupan tan sólo 2 hasta un máximo de incluso 558 puentes, todo depende de lo discutido anteriormente.

Es importante mencionar que este tamaño debe ser balanceado, ya que si contempla muchos puentes, el valor sería tan elevado que nadie o muy pocas empresas participarían. Diversas investigaciones demuestran que entre más participantes se tengan,

el costo disminuirá debido a la competencia. Caso contrario, si se agrupan muy pocos puentes, los oferentes perderían el interés en el proyecto. (Minchin, 2018). En términos de selectividad, hay diversos aspectos a considerar que se muestran en la Tabla 3.

7. Métodos de contratación y ejecución

El siguiente apartado trata acerca de los diferentes métodos de contratación y ejecución para completar el proyecto. En cuanto a la elección, es necesario realizar un análisis de riesgo como el mencionado anteriormente para determinar el método más apropiado. Se pueden observar en la Figura 2 los sistemas tradicionales y otras opciones de contratación y ejecución; estos serán analizados en la Tabla 4 del documento.

Tabla 3. Parámetros de selección de puentes.

Aspecto	Razón
Ubicación entre puentes agrupados.	Seleccionar puentes cercanos entre sí para reducir costos de movilización y reducir el impacto de cerrar carreteras.
Tipo de carretera donde se encuentra el puente.	Zona rural: no se requiere tanta coordinación y análisis de tráfico Zona urbana: seleccionar puentes donde pocos o ningún cambio en alineamientos del tráfico sea ocasionadas por los trabajos.
Tamaño del puente.	Preferiblemente seleccionar puentes pequeños resulta en menos complicaciones (6-30 m y de un claro).
Tipos de puentes similares.	Resulta menos complicado debido a que presentan un diseño y métodos constructivos parecidos.
Intervención similar.	Seleccionar puentes con el mismo tipo de trabajo, ya sea conservación, rehabilitación o remplazo.

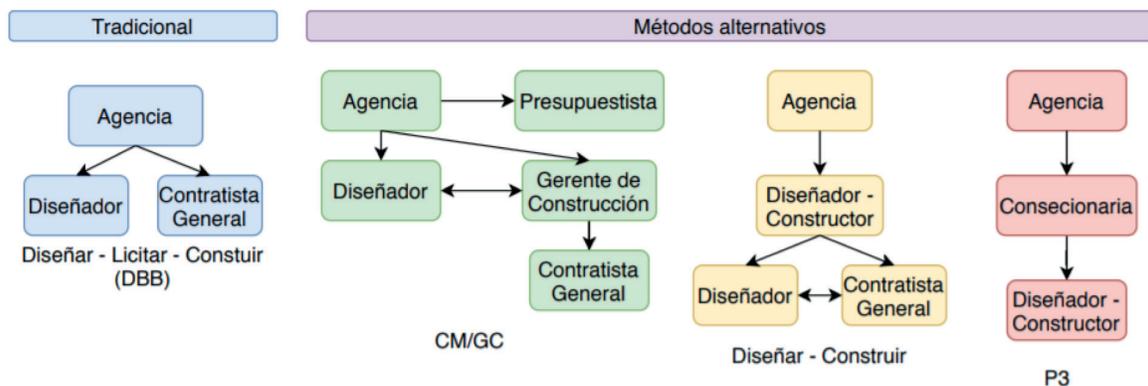


Figura 2. Métodos de organización para la entrega de proyectos [DBB son las siglas en inglés para diseñar-licitar-construir; CM son las siglas en inglés para gerente de construcción; GC son las siglas en inglés para contratista general; P3 es una alianza público-privada] (Fuente: basado en FHWA, 2019).

Tabla 4. Ventajas y desventajas de los métodos de organización para entrega de proyectos de agrupamiento de puentes.

Método	Ventajas	Desventajas	Idóneo para
Diseñar – Licitar – Construir (DBB)	<ul style="list-style-type: none"> Método conocido por agencias y contratistas. La agencia mantiene el máximo control al especificar completamente el producto final. Todos los errores son resueltos con antelación. 	<ul style="list-style-type: none"> La agencia asume la totalidad del riesgo. No siempre es el método más rápido debido a la separación entre el diseño y construcción. Puede que no provea mucho valor a la agencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Proyectos de agrupamientos no complejos para actividades de conservación de puentes.
Gerente de Construcción / Contratista General (CM/GC)	<ul style="list-style-type: none"> Método que permite la mayor innovación, mejores prácticas y costos reducidos. Los involucrados analizan todas las opciones y técnicas para reducir el costo y tiempo. Provee mucha flexibilidad por lo cual se reduce el riesgo. Se dan estimaciones de costo para todas las alternativas de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe una falsa percepción de que este método es más costoso que el DBB. Algunas agencias y gerentes de construcción no están familiarizados con el método. 	<ul style="list-style-type: none"> Sumamente eficiente para cualquier tipo de proyecto de agrupamiento de puentes.
Diseñar – Construir	<ul style="list-style-type: none"> Incentiva la innovación. Maximiza la eficiencia del contratista. Puede reducir el riesgo por parte de la agencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Se reduce el control del proyecto por parte de la agencia. El contratista asume la mayoría del riesgo. Como consecuencia los costos son mayores. 	<ul style="list-style-type: none"> Particularmente útil cuando se tienen diferentes maneras de diseñar un proyecto. Proyectos simples y rápidos.
P3	<ul style="list-style-type: none"> Incrementan oportunidades de generar dinero (concesiones). Incrementa el control de costos. Pueden reducir el tiempo de entrega. 	<ul style="list-style-type: none"> Involucran procesos complicados legales, de financiamiento y técnicos. Mayores costos administrativos. 	<ul style="list-style-type: none"> Proyectos de puentes nuevos. Concesiones.

8. Evaluaciones ambientales y consideraciones preliminares de diseño.

Este apartado abarca la importancia de considerar el impacto ambiental que pueden provocar la construcción de nuevas edificaciones. Es fundamental realizar los estudios ambientales correspondientes desde etapas tempranas (diseño preliminar), con el objetivo de mitigar o evitar lo más posible los impactos ambientales que intervienen. La FWHA recomienda utilizar el libro *"Red book 2015: Synchronizing Environmental Reviews for Transportation and Other Infrastructure Projects"*, ya que proporciona diversas herramientas para optimizar la coordinación entre las entidades ambientales y la empresa constructora.

Es fundamental tener claro algunas consideraciones que normalmente se dejan de lado en el diseño preliminar y que son necesarios en los agrupamientos de proyectos de intervención. La primera es el derecho de vía (ROW por sus siglas en inglés); en este se deben causar las menores intervenciones viales, ya que la distribución y la regulación del tráfico puede tardar mucho tiempo y resulta en mayores costos.

Luego, se deben considerar los servicios públicos necesarios en el sitio del proyecto (agua, luz, sanitarios), donde es importante coordinar con los proveedores con anticipación, ya que los trámites podrían causar atrasos. Por otra parte, se deben realizar los análisis hidráulicos e hidrológicos respectivos, ya que debido a la naturaleza de la estructura, esta puede perjudicar el nivel del cauce y causar desastres como inundaciones si no se considera previamente en el diseño.

Por último, una de las causas potenciales de costos inesperados, atrasos y reclamos en los contratos son las condiciones geotécnicas del proyecto. Por esa razón, es importante incluir este aspecto en el diseño preliminar, específicamente en los apartados de fundaciones.

9. Agrupar y realizar los contratos.

En la definición del agrupamiento de puentes es fundamental poseer el control de las diferentes responsabilidades que cada funcionario debe cumplir. Por esa razón, se propone la herramienta de matriz de responsabilidades, en donde se cuantifican las diferentes categorías del proyecto y cada una asociada a un responsable.

Por otra parte, es necesario recordar que, en agrupamientos de puentes, las consideraciones de diseño, riesgo, legales, y otras, son incrementadas debido a que afectan (positiva o negativamente) a todos los puentes que se incluyen en el programa. Algunos de los aspectos más relevantes a considerar son: la agencia debe tener el personal y recursos adecuados para el diseño y construcción a gran escala, la agencia debe proveer al contratista los diseños más específicos posibles para satisfacer las expectativas, entre otros.

10. Control de calidad y cierre del proyecto.

Por último, antes del cierre del proyecto de agrupamiento de puentes, es necesario realizar un control de calidad con el propósito de revisar y asegurar que el proyecto fue completado de acuerdo con las características impuestas y requeridas. Otros aspectos importantes por realizar son los siguientes:

- Contactar a medios publicitarios para compartir los logros y acontecimientos de una buena gestión de agrupamiento de puentes.
- Verificar si se cumplieron las metas y objetivos y cómo podrían ser mejorados.
- Registrar y documentar el informe de riesgos como referencia para futuros proyectos.
- Identificar problemas y disputas, cómo fueron resueltos y analizados.
- Compartir las prácticas de agrupamiento de puentes con otros interesados tales como divisiones del gobierno u otras agencias.
- Utilizando toda la experiencia generada con el proyecto de agrupamiento de puentes, hacer retrospectiva y comenzar a planear el siguiente.

Ejemplo de implementación: "BRIDGING KENTUCKY"

Uno de los ejemplos más destacados de la implementación del agrupamiento para proyectos de intervención de puentes es el caso del proyecto *"Bridging Kentucky"* en Estados Unidos. Este inició en 2018 con el objetivo de intervenir aproximadamente mil puentes en condición crítica del estado de Kentucky (de un total de aproximadamente 14 mil), por medio de rehabilitación o sustitución y en un periodo de 6 años.

En 2019, el avance del proyecto constaba de 12 agrupamientos terminados, cada uno con un tamaño desde 2 a 13 puentes, para un total de 53. En este se agruparon las estructuras respecto a su intervención, localización y prioridad. Comparando la metodología tradicional con la de agrupamientos, con esta última se obtuvo un ahorro del 12% del presupuesto previsto (\$84 millones de dólares) en este año (Meredith y Hunley, 2019).

Para octubre del 2020, se han intervenido más de 200 puentes y 38 adicionales se encontraban en construcción. Según los desarrolladores, esperan completar otros 22 para finalizar el año (Unkefer y Garcia, 2020). En la Figura 3 se observan los puentes completados (verde), en construcción (naranja) y pendientes (azul).

Conclusiones

El agrupamiento para proyectos de puentes es una herramienta que provee diversos beneficios para la intervención y gestión de estas edificaciones. Sin embargo, es importante recordar que no es una “receta” que se deba aplicar indistintamente a todos los proyectos de intervención de puentes.

Existen diversos métodos de organización para la entrega de proyectos que se adaptan según las necesidades del caso, por lo que el sistema de agrupamientos para la intervención de puentes es flexible y útil.

En el caso de Costa Rica, se recomienda considerar el empleo de este enfoque en aquellos casos en los que su aplicación derive en una solución costo-efectiva en el ciclo de vida de los proyectos.

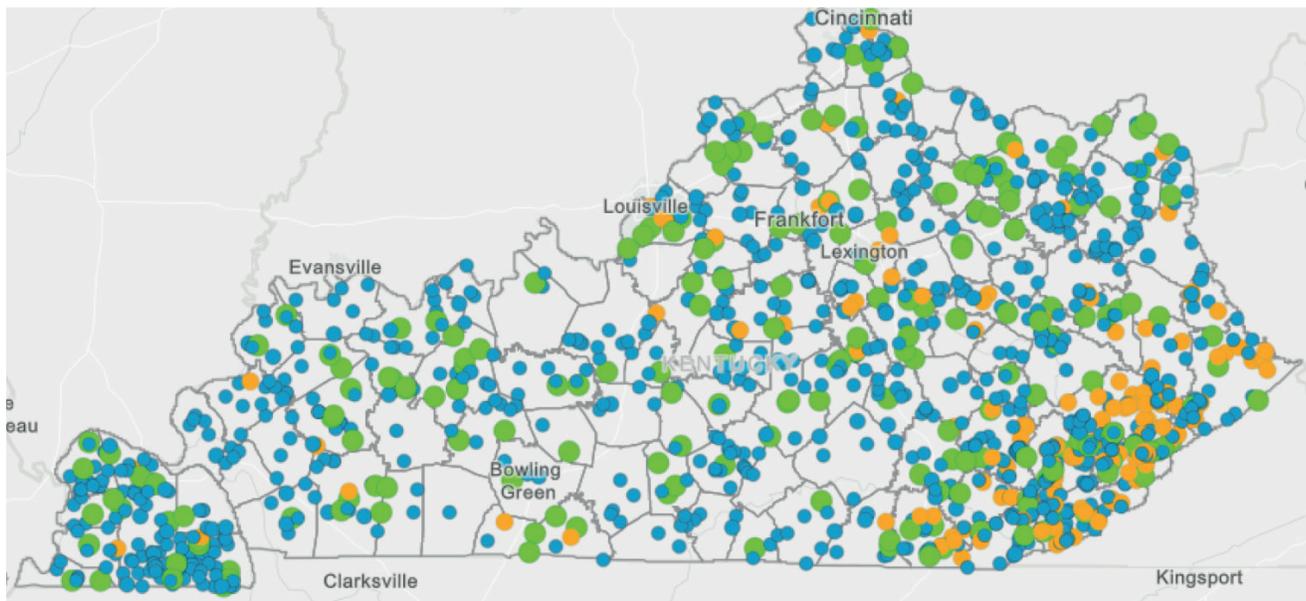


Figura 3. Progreso del proyecto “Bridging Kentucky” (<https://bridgingkentucky.com>).

Referencias bibliográficas

- Federal Highway Administration (2015). *Red book 2015: Synchronizing Environmental Reviews for Transportation and Other Infrastructure Projects*. FHWA.
- Federal Highway Administration (2019). *Bridge Bundling Guidebook*. FHWA-HIF-19-057. Disponible en: https://www.fhwa.dot.gov/ipd/pdfs/alternative_project_delivery/bridge_bundling_guidebook_070219.pdf
- Meredith, R. y Hunley, T. (2019). “State Kentucky”. *ASPIRE The Concrete Bridge Magazine*, Otoño, 50-52.
- Minchin, E. (2018). *Bridge Bundling Interview*. University of Florida.
- Unkefer, D. y Garcia, R. (2020). “Bridge Bundling—A New Old Idea”. *ASPIRE The Concrete Bridge Magazine*, Otoño, 42-43.



LanammeUCR

LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

PIE Programa de
Ingeniería Estructural

Ing. Sergio Álvarez González

Ing. Mauricio Araya Con

Ing. Rolando Castillo Barahona, Ph.D, Coordinador General

Ing. Yi Cheng Liu Kuan, M.Sc

Ing. María José Rodríguez Roblero, Ph.D

Ing. Guillermo Santana Barboza, Ph.D, Asesor

Ing. Luis Guillermo Vargas Alas

Ing. Esteban Villalobos Vega, M.Sc, Coordinador Unidad de Puentes

CENTRO DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Diagramación, diseño y control de calidad: Licda. Daniela Martínez Ortiz / Óscar Rodríguez Quintana

AGRUPAMIENTO DE PUENTES: NUEVO ENFOQUE PARA REALIZAR CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO

DE PUENTES EXISTENTES / Diciembre, 2020

Palabras clave:

 **(506) 2511-2500**

 **direccion.lanamme@ucr.ac.cr**

 **Código Postal 11501-2060**

 **www.lanamme.ucr.ac.cr**