

PRIORIZACIÓN DE INVERSIONES EN EL MANTENIMIENTO DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL BASADO EN LA CUANTIFICACIÓN DEL RIESGO

Javier Campos¹, Javier González², Sarai Díaz² y Álvaro Galán²

¹Hidralab Spin-Off UCLM, Doctorado en Territorio, Infraestructuras y Medio Ambiente. Edificio Politécnico, Av. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real (España).

² Universidad de Castilla-La Mancha, ETSI Caminos, Canales y Puertos Ciudad Real, Departamento de Ingeniería Civil y de la Edificación. Edificio Politécnico Av. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real (España).

E-mail: javier.campos@hidralab.com, javier.gonzalez@uclm.es, sarai.diaz@uclm.es, alvaro.galan@uclm.es

Resumen

Las obras de drenaje transversal (ODT) son componentes esenciales de cualquier infraestructura de transporte. Si bien se presentan en gran número, el nivel de atención prestado a su correcto mantenimiento es en muchos casos una cuestión secundaria en el ámbito del mantenimiento ordinario, focalizando especialmente el mantenimiento en las grandes obras fábrica. Sin embargo, el fallo de una cualquiera de estas ODT puede producir el corte de la infraestructura de transporte, dejándola fuera de servicio, con independencia de su tamaño.

El objetivo del presente trabajo es presentar una metodología que dé respuesta a la necesidad de priorización de inversiones en el mantenimiento de ODTs, realizando un cribado inicial con criterios cuantitativos. Dicha metodología, basada en técnicas de evaluación de riesgos permite obtener un diagnóstico preliminar del estado actual del parque de obras de drenaje transversal, identificando patologías y factores de riesgo a considerar en la óptima gestión de su mantenimiento. A modo de ejemplo, se presentan los principales resultados obtenidos en la red de carreteras de la provincia de Ciudad Real y en última instancia, una discusión del potencial de la metodología y las futuras líneas de investigación.

Introducción

Las obras de drenaje transversal (ODT) son elementos esenciales de cualquier infraestructura de transporte. Si bien la entidad de dichas obras suscita que su nivel de relevancia (en cuanto a labores de mantenimiento ordinario) a menudo se considere mucho menor que el de otras estructuras de mayor entidad, como pontones y puentes, se ha de tener en cuenta que un eventual fallo en este tipo de elementos provoca igualmente el fallo del servicio global en la infraestructura. Actualmente existe a nivel nacional una regulación técnica relativa al diseño de este tipo de obras (Ministerio de Fomento, 2015), sin embargo no se tratan aspectos relativos a su mantenimiento y a la evaluación de su nivel de servicio en el tiempo. La experiencia en otros países muestra que contar con información actualizada del estado de estas estructuras es crucial en la gestión del mantenimiento de cualquier infraestructura de transporte (Federal Highway Administration, 2010) así como a la hora de planificar posibles actuaciones preventivas (Balkham et al., 2010). A medida que muchas de estas estructuras alcanzan el límite de su vida útil, las administraciones se ven en la necesidad de programar su reposición o reparación (Najafi y Bhattachar, 2010), sin embargo actualmente no se cuenta con una metodología objetiva para priorizar dichas actuaciones por lo que a menudo estas se acometen una vez se ha detectado la incidencia en el servicio (actuaciones de tipo correctivo).

El objetivo de este trabajo es por tanto presentar una metodología objetiva para el análisis preliminar del riesgo de fallo en obras de drenaje transversal, base necesaria para construir modelos de priorización de inversiones en mantenimiento (actuaciones preventivas). La metodología principal se basa en la combinación de modelos probabilísticos asociados a los distintos modos o mecanismos de fallo que puede presentar una

obra de drenaje transversal, en combinación con la repercusión o consecuencias que dicho fallo produce sobre el nivel global de servicio de la infraestructura, obteniendo en última instancia un nivel de riesgo global asociado a la ODT (Roads and Traffic Authority, 2010). La estimación de la probabilidad de fallo se basa en el estudio de los modos de fallo, situaciones donde se produce la caída total del nivel de servicio en la infraestructura y que están relacionados con fenómenos de colapso estructural, inestabilidad del terraplén, erosión y flujo sobre rasante. Con objeto de estimar la probabilidad de fallo en cada caso es necesario contar con modelos de evolución global del deterioro (Salem et al., 2012) así como llevar a cabo la caracterización hidrológica-hidráulica de la obra de drenaje transversal, realizar estudios preliminares de estabilidad en el terraplén y de erosión local en las embocaduras (Galán et al., 2016). Por otra parte, las consecuencias de la caída del servicio en la infraestructura implica no solo costes puramente económicos (Perrin and Jhaveri, 2003), que repercuten sobre el propio organismo gestor de la infraestructura, sino también para el conjunto de la sociedad.



Figura 1.- Ejemplo de corte del servicio en infraestructura fruto del fallo de una obra de drenaje transversal: colapso estructural.

Metodología

La metodología propuesta se basa en la cuantificación del nivel de riesgo de fallo asociado a obras de drenaje transversal. Se define el fallo como todo evento que conlleve un corte parcial o total del tráfico en la vía debido bien al colapso estructural de alguno de los elementos que componen la ODT o bien a deficiencias relacionadas con la falta de capacidad hidráulica. En todo caso, el nivel de riesgo se evalúa como la combinación de la probabilidad de que se produzca un determinado evento de fallo (llamados mecanismos de fallo) y del impacto o consecuencias derivadas de dicho evento de fallo.

Resulta evidente que para llevar a cabo la caracterización del nivel de riesgo asociado a cada elemento es preciso realizar una evaluación en campo de los diferentes parámetros necesarios para caracterizar el estado actual y las características de la ODT. Para ello es necesario realizar una caracterización de los siguientes componentes o zonas:

- Conducto/s y embocaduras: caracterización de su geometría,

características básicas y nivel de estado actual (relativo al deterioro estructural).

- Taludes: caracterización de su geometría, características generales y posibles evidencias de inestabilidad o erosión.
- Cauce interceptado: caracterización aproximada de su geometría y características generales.
- Áreas adyacentes a la estructura: determinación de la ubicación y caracterización general de elementos que puedan verse afectados por un eventual fallo de la ODT: construcciones, cultivos, líneas de servicios básicos, otras infraestructuras de transporte, etc.

Junto con la evaluación en campo, será necesario un análisis en gabinete para determinar el resto de parámetros necesarios para la evaluación del nivel de probabilidad y de impacto: análisis de la intensidad de tráfico y características de la vía, análisis de las condiciones de la cuenca de aportación del cauce interceptado, etc. El objetivo principal es obtener un diagnóstico preliminar del riesgo de fallo para un elevado número de elementos, de modo que posteriormente sea posible priorizar el orden de atención requerido en cada caso de forma objetiva.

Una vez valorado el nivel de riesgo, se pueden priorizar las actuaciones preventivas a llevar a cabo en cada caso atendiendo a criterios de reducción del riesgo. Según el diagnóstico preliminar, se identifican las patologías o factores de riesgo clave que afectan a la obra de drenaje transversal y en función de estos se proponen una serie de actuaciones tipo destinadas a subsanar las deficiencias encontradas. Cada actuación posee un coste determinado y provoca una repercusión económica definida como la reducción del riesgo anual de fallo que provoca dicha actuación, es decir, en función de estos parámetros es posible realizar un estudio de rentabilidad de cada una de las actuaciones previstas y en última instancia seleccionar la actuación o actuaciones en cada caso atendiendo a criterios de rentabilidad a corto, medio y largo plazo.

Las reparaciones o reposiciones seleccionadas y priorizadas, se encajan en la disponibilidad presupuestaria, dando lugar a las actuaciones a emprender en el periodo de estudio.

Resultados

En el presente apartado se muestran las principales conclusiones extraídas de la aplicación de la metodología de evaluación del riesgo a un conjunto de 757 obras de drenaje transversal situadas en la provincia de Ciudad Real. El conjunto abarca distintas tipologías de conductos, distintos materiales y estados de deterioro, etc. Por otra parte, la muestra abarca un área geográfica considerablemente amplia por lo que desde el punto de vista de la topografía y de las características de las cuencas de aportación se considera lo suficientemente representativa. Asimismo, se han evaluado obras de drenaje transversal en distintas vías de comunicación (autovías, carreteras nacionales y carreteras autonómicas) con diferentes intensidades de tráfico con objeto de cubrir completamente el espectro de impacto socioeconómico. Se han reconocido una serie de peculiaridades a tener en cuenta durante el proceso de diagnóstico que se enumeran a continuación:

- Evaluación de la capacidad hidráulica de agrupaciones de obras de drenaje transversal dispuestas en serie (infraestructuras dispuestas en paralelo).
- Evaluación de la capacidad hidráulica de agrupaciones de obras de drenaje transversal dispuestas en paralelo (pertenecientes a la misma infraestructura).
- Evaluación y reconocimiento particular de obras de drenaje transversal en ampliaciones de calzada, reconociéndose distintas tipologías y materiales en el mismo conducto o en varios de ellos.
- Obras de drenaje transversal dispuestas en vías en media ladera y obras de paso (pontones).



Figura 2.- Ejemplo de patología: obstrucción del conducto.

Se observa como los mecanismos de fallo con un mayor nivel de incidencia sobre el riesgo total son el colapso estructural del conducto (directamente relacionado con el nivel de deterioro observado en el interior de la obra de drenaje) y la formación de flujos sobre rasante (anegamiento de la calzada bien por obstrucción/aterramiento del conducto o bien por presentar deficiencias en la capacidad de evacuación de las avenidas de proyecto). Puesto que muchas de las obras de drenaje transversal poseen una antigüedad considerable y el impacto ocasionado por el colapso estructural del conducto implica el corte total de la vía y la restitución completa de la ODT, el nivel de incidencia sobre el riesgo total en este mecanismo de fallo se mantiene elevado.

Por otra parte, se han identificado las patologías más comunes que afectan a las obras de drenaje transversal. Cada una de estas patologías afecta a uno o varios mecanismos de fallo, según su naturaleza. La necesidad de extraer estos factores de riesgo del diagnóstico final se debe a que representan el indicador más fiable a la hora de planificar actuaciones preventivas de reparación y/o reposición basadas en el diagnóstico preliminar. El factor de riesgo que mayor porcentaje de incidencia posee sobre el riesgo total es el vinculado a la capacidad hidráulica del conducto/s. Este valor promedio incluye los casos donde la obra de drenaje no presenta ningún tipo de patología en concreto, por lo que el riesgo remanente que posee (100%) se debe a la probabilidad residual asociada a mecanismos de fallo desencadenados por lluvias torrenciales. En orden de relevancia destacan las patologías asociadas al deterioro estructural de conductos y obras de fábrica en embocadura, fenómenos de aterramiento y obstrucción parcial o total de los conductos y fenómenos de erosión local bajo las embocaduras (socavación).

Referencias bibliográficas

- Balkham M., Fosbeary C., Kitchen A., Rickard C.** (2010). *Culvert design and operation guide*. CIRIA Publishing, London, UK.
- Federal Highway Administration** (2010). *Culvert assessment and decision-making procedures manual*. U.S. Department of Transportation
- Galán A., Diaz S., Gonzalez J.** (2016). "Erosión local a la entrada y a la salida de obras de drenaje transversal". *XXVII Congreso latinoamericano de Hidráulica*, 2016.
- Najafi M., Bhattachar, D.** (2010). "Development of a culvert inventory and inspection framework for asset management of road structures". *Journal of King Saud University-Science* 32, 243-254.
- Ministerio de Fomento** (2015). *Instrucción 5.2-IC Drenaje Superficial*. España.
- Perrin J., Jhaveri C.** (2003). *The economic costs of culvert failures*. Transportation Research Board, USA.
- Roads and Traffic Authority** (2010). *Culvert risk assessment guideline*. NSW, Australia.
- Salem O., Salman B., Najafi M.** (2012). "Culvert asset management practices and deterioration modelling". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2285, 1-7.