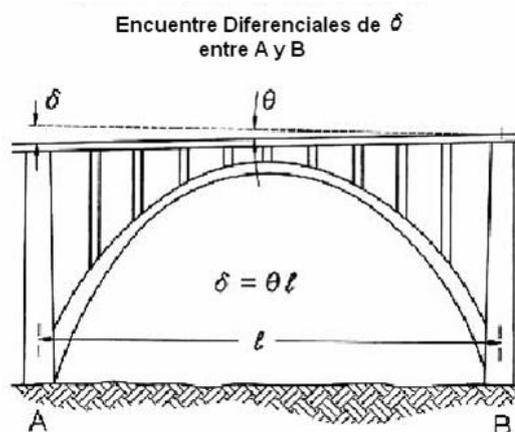


PUENTES DE HORMIGÓN



PUENTES DE HORMIGÓN

FICHAS TÉCNICAS



INTRODUCCIÓN

Los puentes son estructuras fundamentales para el transporte terrestre, tanto por carretera como por ferrocarril, que permiten salvar un accidente geográfico o cualquier otro obstáculo físico como un río, un cañón, un valle, un camino, una vía férrea, un cuerpo de agua, o cualquier obstrucción sin necesidad de grandes cambios en la rasante de la carretera o de la línea de ferrocarril. El diseño de cada puente varía dependiendo de su función y la naturaleza del terreno sobre el que el puente es construido.

Su proyecto y su cálculo pertenecen a la ingeniería estructural, siendo numerosos los tipos de diseños que se han aplicado a lo largo de la historia, influidos por los materiales disponibles, las técnicas desarrolladas y las consideraciones económicas, entre otros factores.

Los puentes pueden clasificarse en tres tipos fundamentales: de vigas rectas, de arco o colgantes, si se tiene en cuenta exclusivamente la acción que ejercen sobre el terreno en que se apoyan, que es consecuencia de la forma de trabajo de las estructuras que lo componen.



En el primer caso, puentes de vigas rectas, los elementos estructurales resistentes, las vigas, transmiten su carga a los apoyos ejerciendo acciones verticales, normalmente descendentes. El ejemplo natural es el tronco de árbol o la losa de piedra tendidos a través de un arroyo y apoyados en ambas orillas. A partir de este ejemplo, los progresos en la técnica de los materiales y su conocimiento han ido dando lugar a otras formas más complejas, pero que responden a una misma idea: los tramos en voladizo, los puentes basculantes, los levadizos o los tendidos sobre apoyos flotantes.

El puente de arco tuvo posiblemente su origen en la observación del cierre de una garganta natural por desprendimiento de grandes masas de piedras sueltas que, apoyándose unas en otras y sobre las paredes del barranco, dejaban un hueco entre ellas para el paso inferior. La mejora del apoyo entre esas piedras dio origen a las dovelas y al nacimiento del arco de elementos independientes. Su característica más importante es el empuje horizontal que ejerce sobre los apoyos. En estos puentes, el arco es el elemento que sustenta la vía de paso, o tablero. Se han construido puentes con el tablero en posición superior, inferior o intermedia con respecto al arco, pero siempre se ha de disponer de estribos capaces de absorber los empujes creados por los arcos.

En cuanto al tercer grupo, los puentes colgantes, se origina a partir de las marañas naturales de lianas y enredaderas que cierran espacios entre árboles o barrancos. Una liana entre dos troncos es un modelo para tender una cuerda entre dos orillas y luego otras más

que sirve de apoyo a manos y pies, facilitando así el paso. El rasgo que diferencia este puente de los anteriores es la reacción del elemento resistente, el cable, que tira de los puntos de anclaje y ejerce una tracción casi horizontal. El conocimiento de materiales de mayor resistencia a la tracción que las tradicionales cuerdas de fibra vegetal ha permitido cubrir vanos cada vez mayores, hasta llegar a ser hoy el tipo de puente que ostenta el récord de luz cubierta.



La eficiencia estructural de un puente puede ser considerada como la relación entre la carga soportada por el peso del puente, dado un determinado conjunto de materiales. La eficiencia económica de un puente depende del sitio y tráfico, el radio de ahorros por tener el puente (en lugar de, por ejemplo, un ferry, o una ruta más larga) comparado con su coste. El coste durante su vida útil está compuesto por los materiales, la mano de obra, la maquinaria, la ingeniería, el coste del dinero, el seguro, el mantenimiento, la renovación, y finalmente, la demolición y la eliminación o reciclado de sus componentes.

ELEMENTOS DE UN PUENTE

Los puentes se dividen en dos partes fundamentales:

- **la superestructura** o conjunto de tramos que salvan los vanos situados entre los soportes. Cada tramo de la superestructura está formado por un tablero o piso, una o varias armaduras de apoyo y por las riostras laterales. El tablero soporta directamente las cargas dinámicas y por medio de la armadura transmite las tensiones a pilas y estribos.
- **la infraestructura** formada por:
 - **Las pilas.** Son los apoyos intermedios de los puentes de dos o más tramos. Deben soportar la carga permanentemente y sobrecargas sin asentamientos, ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, riadas, etc.).
 - **Los estribos** situados en los extremos del puente sostienen los terraplenes que conducen al puente. A veces son reemplazados por pilares hincados que permiten el desplazamiento del suelo en su alrededor. Deben resistir todo tipo de esfuerzos por lo que se suelen construir en hormigón armado y tener formas diversas.
 - **Los cimientos** o apoyos de estribos y pilas encargados de transmitir al terreno todos los esfuerzos. Están formados por las rocas, terreno o pilotes que soportan el peso de estribos y pilas.

Los tramos más cortos que conducen al puente propiamente dicho se llaman de acceso y en realidad forman parte de la fábrica.

En la construcción de los puentes una de las partes más delicadas es la cimentación bajo agua debido a la dificultad de encontrar un terreno que resista las presiones, siendo normal el empleo de pilotes de cimentación.

Cada tramo de un puente consta de:

- **una o varias armaduras de apoyo** que pueden ser:
 - placas, vigas y jabalcones, que transmiten las cargas mediante flexión o curvatura principalmente.
 - cables, que las soportan por tensión.
 - vigas de celosía, cuyos componentes las transmiten por tensión directa o por compresión.
 - arcos y armaduras rígidas que lo hacen por flexión y compresión a un tiempo.
- **un tablero o piso:** soporta directamente las cargas dinámicas (tráfico) y por medio de las armaduras transmite sus tensiones a estribos y pilas, que, a su vez, las hacen llegar a los cimientos, donde se disipan en la roca o en el terreno circundante. Está compuesto por:
 - planchas
 - vigas longitudinales o largueros sobre los que se apoya el piso
 - vigas transversales que soportan a los largueros.
- **los arriostrados laterales o vientos:** van colocados entre las armaduras para unirlos y proporcionar la necesaria rigidez lateral. También transmite a los estribos y pilas las tensiones producidas por las fuerzas laterales, como las debidas a los vientos, y las centrífugas, producidas por las cargas dinámicas que pasan por los puentes situados en curvas.

TIPOLOGÍAS DE PUENTES Y MATERIALES

Los puentes se pueden clasificar en diferentes tipos, de acuerdo a diversos conceptos como el tipo de material utilizado en su construcción, el sistema estructural predominante, el sistema constructivo utilizado, el uso del puente, la ubicación de la calzada en la estructura del puente, etc.

Los materiales empleados en la construcción de puentes han sido sucesivamente la madera, las piedras y las fibras vegetales naturales, que fueron dando paso a los ladrillos, al hormigón, al hierro, al acero, al hormigón armado y, finalmente, al hormigón pretensado, en

la actualidad el que más se emplea, atendiendo a la suma de longitudes de tramos cubiertos.

Cada uno de estos materiales tiene características que aconsejan su uso específico. Así, los puentes de vigas rectas, en sus diversas variantes, han pasado de la madera al hierro, al acero, al hormigón armado y recientemente al pretensado, teniendo siempre en cuenta la necesidad de soportar los esfuerzos de flexión y, por tanto, de tracción y compresión que se originan en este tipo de vigas. Los puentes de arco se desplazaron de la cal y canto y los sillares o mampuestos al hierro, al acero y al hormigón (en masa o armado), pasando por los entramados de celosía de madera. El puente colgante ha sido más parco en el empleo de materiales: de las primeras floras vegetales ha pasado a las cadenas de hierro y a los cables de acero, únicos materiales capaces de resistir los esfuerzos de tracción que se originan en los elementos principales de suspensión. En la formación del tablero de los puentes colgantes se han empleado la madera, el hierro, el acero y el hormigón en masa y armado, en una gran variedad de formas constructivas.

Según materiales

Por sus materiales se pueden clasificar en: puentes de hormigón (armado, pretensado o postensado), puentes de acero y puentes mixtos (acero-hormigón). Por su forma de construcción pueden clasificarse: in situ, prefabricados (vigas) y semiprefabricados (dovelas prefabricadas).

Según sistema estructural

Según el sistema estructural predominante pueden ser:

- **isostáticos;**
- **hiperestáticos.**

Aunque esto nunca será cierto al menos que se quisiera lograr con mucho empeño, todos los elementos de un puente no podrán ser isostáticos, ya que por ejemplo un tablero apoyado de un puente está formado por un conjunto altamente hiperestático de losa de calzada, vigas y diafragmas transversales (separadores), cuyo análisis estático es complicado de realizar.

Este tipo de clasificación es cierta si se hacen algún tipo de consideraciones, como por ejemplo:

- se denomina "**puente isostático**" a aquel cuyos tableros son estáticamente independientes uno de otro y, a su vez, independientes, desde el punto de vista de flexión, de los apoyos que los sostienen.

- Se denomina "**puente hiperestático**" aquel cuyos tableros son dependientes uno de otro desde el punto de vista estático, pudiendo establecerse o no una dependencia entre los tableros y sus apoyos.

También según el sistema estructural los puentes se pueden clasificar como:

- **Puentes en arco** (el elemento estructural predominante es el arco, que pueden ser estáticos o hiperestáticos). Pueden ser de:
 - tablero superior
 - acero con tímpano de celosía
 - arcadas y de hormigón
 - con tímpano abierto o macizo
 - tablero inferior, discurriendo la calzada entre los arcos, paralelos o no, con diversos tipos de sujeción.
- **Puentes colgantes**. Constan de un tablero suspendido en el aire por dos grandes cables, que forman sendas catenarias, apoyadas en unas torres construidas sobre las pilas. El tablero puede estar unido al cable por medio de péndolas o de una viga de celosía. Existen diversos puentes colgantes con luces superiores a 100.
- **Atirantados** (con forma de arpa, con forma de abanico o con forma de haz).
- **Móviles** (giratorio, basculante o levadizo)
- **Losa maciza** (un tramo, varios tramos (isostática e hiperestática), articulado o gerber).
- **Con vigas simplemente apoyadas**.
- **Pórticos**.
- **De armadura metálica**.
- **Compuestos**.

Según su finalidad

Según su destino los puentes pueden ser:

- **viaductos**
- **para carretera**
- **para ferrocarril**
- **compuestos**

- **acueducto** (soporte de tuberías de agua, gas, petróleo, etc.)
- **pasarelas:** pequeños puentes para peatones.

Según el tipo de anclaje

Según el anclaje:

- **Puentes fijos:** aparecen anclados de forma permanente en las pilas. Dentro de este tipo están los puentes de placas, cuya armadura es una plancha de hormigón armado o pretensado que salva la distancia entre las pilas. Es una construcción bastante usual en las autopistas.
- **Puentes móviles:** pueden desplazarse en parte para dar paso a embarcaciones
- **Puentes de pontones:** apoyados sobre soportes flotantes, generalmente móviles, y se usan poco.

Según sistema constructivo

Según el sistema constructivo empleado (esta clasificación generalmente se refiere al tablero):

- **hormigonado in situ:** si el vertido del hormigón se hace sobre un encofrado dispuesto en el lugar definitivo.
- **losa de hormigón armado o postensado sobre vigas prefabricadas** (de hormigón armado o pretensado, vigas metálicas, etc.).
- **tablero construido por voladizo sucesivos** (por dovelas prefabricadas o hormigonadas in situ); puede ser construido por adición sucesiva de elementos de hormigón o acero, unidos por postensado, soldados o unidos con pernos.
- **tablero atirantado.**
- **tablero tipo arpa**, con doble fila de soporte o una sola fila.
- **tablero lanzado** (el tablero se construye en uno de los extremos del vano a cubrir y se lleva a su sitio deslizándolo sobre rodillos, suplementando el extremo delantero de la estructura con un elemento estructural auxiliar, llamado "nariz de lanzamiento").

Según la posición de la calzada

Según la ubicación de la calzada los puentes pueden ser:

- **de calzada superior:** cuando la estructura portante tablero está ubicada íntegramente debajo de la calzada.
- **de calzada inferior:** son los tableros cuya estructura portante está ubicada a los lados de la calzada sobresaliendo de su superficie o que esté ubicada por encima de la misma.

Hay puentes que tienen estructura por encima de calzada en algunos sectores y por debajo de ella en otros. Ejemplos de ello lo constituyen el puente sobre la Bahía de Sydney o el puente Forth en Escocia. Los puentes de doble nivel de calzada constituyen una mezcla auténtica de los dos tipos de calzada y un ejemplo lo son el puente de la bahía de Oakland o el puente de Brooklin.

En los puentes esviados la forma en planta del tablero no es rectangular, lo que quiere decir que los apoyos del tablero forman un ángulo distinto a 90° con el eje longitudinal del tablero. El esviaje en tablero complica los análisis, el diseño y la construcción de un puente.

Otros tipos de puentes

Otros tipos de puentes son:

- puentes de vigas simples que salvan las luces mediante vigas paralelas, generalmente de acero o de hormigón pretensado, y sobre cuya ala superior está la superficie de rodadura.
- puentes de vigas compuestas están formados por dos vigas laterales, compuestas por alas de chapa soldadas perpendicularmente a otra que sirve de alma; permiten grandes luces y pueden ser de tablero superior o inferior.
- puentes de armadura en celosía son semejantes a los anteriores, pero con vigas en celosía, con elementos de acero soldado o remachado; permiten grandes luces y admiten diversas modalidades, tanto en tablero superior como inferior.
- puentes continuos poseen una superestructura rígida, de vigas en celosía (de acero de alma llena u hormigón), apoyada en tres o más pilas; admiten grandes luces, pero son muy sensibles a los asentamientos de las pilas.
- puentes cantiléver constan esquemáticamente de dos voladizos simétricos que salen de dos pilas contiguas, uniéndose en el centro por unas vigas apoyadas y suelen anclarse en los estribos simétricamente opuestos respecto al centro. Los puentes cantiléver presentan diversas construcciones, en arco o viga, de acero u hormigón, y pueden salvar grandes luces, sin necesidad de estructuras auxiliares de apoyo durante su construcción.
- puentes móviles están contruidos sobre las vías de navegación y permiten el paso de los barcos, desplazando una parte de la superestructura. Los puentes levadizos son sencillos y prácticos para luces no muy grandes. el más usado es el de tipo basculante, formado por uno o dos tableros, apoyados por un eje en las pilas y

Puentes de hormigón

convenientemente contrapesados, que se elevan por rotación sobre el eje. Suelen construirse en acero, pero se han hecho ensayos con metales ligeros (duraluminio).

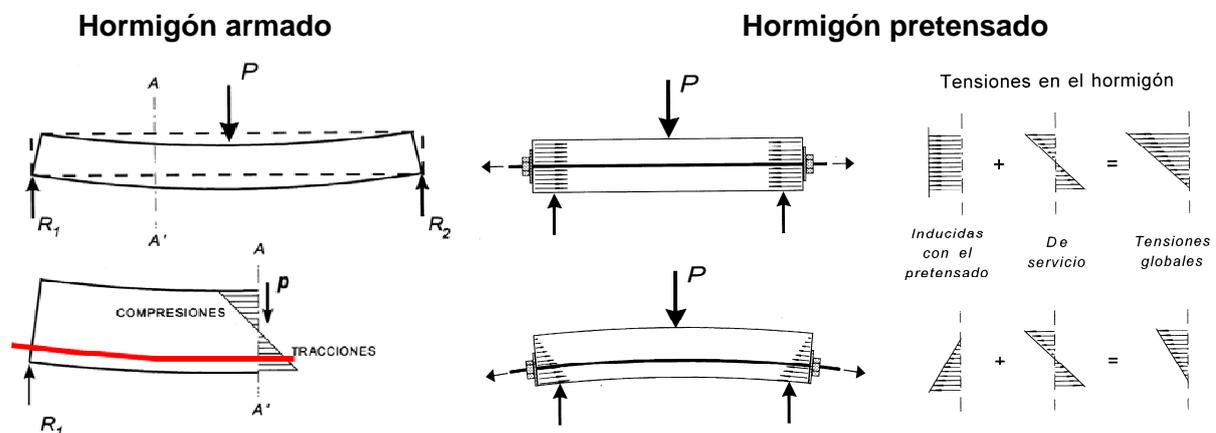
- puentes de elevación vertical se usan para mayores luces y constan de una plataforma, que se eleva verticalmente mediante poleas siguiendo unas guías contiguas; la plataforma suele ser de acero con vigas de celosía o de alma llena.
- puentes giratorios constan de una plataforma apoyada en una pila y capaz de girar 90°, dejando abiertos a cada lado un canal de circulación. Sólo usados para pequeñas luces, como los anteriores, son movidos, generalmente, por motores eléctricos.

PUNTES DE HORMIGÓN

En una parte importante de los puentes que se construyen en el mundo se utiliza el hormigón como material principal para su construcción a partir del mejor conocimiento y desarrollo de las características de este material a partir del inicio del siglo XX.



Debido a la insuficiente resistencia a tracción del hormigón en masa, el desarrollo del hormigón armado representó la aparición de las primeras aplicaciones en la construcción de puentes de luces relativamente pequeñas. Con el desarrollo del hormigón armado y, posteriormente, del hormigón pretensado, las luces fueron aumentando y se desarrollaron los nuevos sistemas constructivos (puentes por voladizos sucesivos, puentes empujados, puentes prefabricados de vigas).



El hormigón armado es una colaboración del acero y el hormigón, adecuado especialmente para resistir esfuerzos de flexión. El hormigón es muy adecuado para resistir compresiones y el acero en barras para resistir tracciones. Por ello las barras de acero se introducen en la pieza de hormigón, en el borde que debe resistir las tracciones, y gracias a la adherencia entre los dos materiales, las primeras resisten las tracciones y el segundo las compresiones.

Durante muchos años las barras de acero eran lisas, pero gracias a una serie de ensayos, se comprobó que la adherencia entre el acero y el hormigón, uno de los mecanismos básicos para que el hormigón armado funcione, mejoraba significativamente haciendo las barras corrugadas, es decir, con resaltos transversales, y así son las barras actuales.

El hormigón armado apareció a finales del s. XIX y se desarrolló a principios del XX, después de varias tentativas. El primer puente de hormigón armado, la pasarela de Chazelet, se construyó en 1875, con una luz de 16,5 m y 4 m de ancho por Joseph Monier, jardinero de París.

El hormigón armado se extendió rápidamente por toda Europa; a ello contribuyó el arco de exhibición construido en la exposición universal de Düsseldorf de 1880, que sirvió para dar a conocer este nuevo material.

Se imponen dos soluciones clásicas: los de vigas de alma llena, que podían ser vigas en T unidas por la losa superior, o vigas de cajón para las luces mayores; y los arcos, solución idónea para el hormigón, que es un material adecuado para resistir compresiones.

Con hormigón armado se llegaron a hacer puentes viga de gran luz; el mayor es el de Ivry sobre el Sena, una pasarela triangulada de 134,5 m de luz, construida en 1930; uno de los mayores fue el puente de Villeneuve-St. Georges también sobre el Sena cerca de París, una viga continua de alma llena con luz máxima de 78 m, terminado en 1939.

Después de la Segunda Guerra Mundial se construyeron puente de hormigón armado, algunos de ellos de luz grande, pero rápidamente se impuso el hormigón pretensado y los puentes de hormigón armado han quedado reducidos a las losas de pequeña luz.

Freyssinet, además de contribuir al desarrollo del hormigón armado, fue el iniciador del hormigón pretensado porque, gracias a su extraordinario esfuerzo personal, consiguió desarrollar una nueva técnica casi desde cero, hasta hacerla aplicable en cualquier obra donde fuera adecuada.

El hormigón pretensado se puede considerar un nuevo material; su diferencia con el hormigón armado es que en éste la armadura es pasiva, es decir, entra en carga cuando las acciones exteriores actúan sobre la estructura; en el pretensado, en cambio, la armadura es activa, es decir se tesa previamente a la actuación de las cargas que va a recibir la estructura (peso propio, carga muerta y cargas de tráfico), comprimiendo el hormigón, de forma que nunca tenga tracciones o que éstas tengan un valor reducido. La estructura se pone en tensión previamente a la actuación de las cargas que van a gravitar sobre ella, y de ahí su nombre de hormigón pretensado. En definitiva, es adelantarse a las acciones que van a actuar sobre la estructura con unas contra-acciones que es el momento en que se tesan las armaduras; se pueden tesar antes de hormigonar la pieza, es decir, pretesarlas, o se les puede dar carga después de hormigonada la pieza, es decir, postesarlas.

Con el hormigón pretensado se evita la fisuración que se produce en el hormigón armado y por ello, se pueden utilizar aceros de mayor resistencia, inadmisibles en el hormigón armado porque se produciría una fisuración excesiva.

El hormigón pretensado no ha hecho desaparecer el hormigón armado; cada uno tiene su campo de aplicación. Al iniciarse el hormigón pretensado se trató de sustituir toda la armadura pasiva por activa; por ello los primeros puentes se pretensaban longitudinal y transversalmente. Pero pronto cada material encontró su sitio; la armadura activa se debe emplear para resistir los esfuerzos principales y la pasiva los secundarios. Incluso puentes losa con luces de hasta 20 m se pueden hacer exclusivamente con armadura pasiva, aunque hay que tener en cuenta la fisuración, porque muchas veces, aun siendo admisible, es excesivamente visible.

A los ingenieros franceses se debe el descubrimiento del hormigón armado y del pretensado, y a ellos y a los alemanes se debe el desarrollo de su tecnología, aunque en éste ha habido aportaciones de ingenieros de muchos países.

El puente de Bendorf sobre el Rin; el de Castejón de 101 m de luz de 1967; el puente de Dorénaz sobre el Ródano, Suiza, de 45 m de luz central, 1933; el puente de Esbly, 74 m de luz, 1951 sobre el río Marne; etc. son ejemplos de puentes de hormigón pretensado.

Debido a las diferentes funciones que cumplen los elementos de un puente, los hormigones pueden ser muy diferentes entre sí. Por esta razón, los cementos a utilizar pueden ser de muy diferente tipología. Desde cementos de resistencia media (42,5 N y 42,5 R) y con características especiales (SR, MR, etc.) hasta cementos de resistencia iniciales altas (52,5 R) para los elementos estructurales postensados o armados (pilas y tableros).

CONTRIBUCIÓN A LA SOSTENIBILIDAD

El puente de hormigón es una solución sostenible desde el punto de vista tanto medioambiental, como económico y social: aseguran una mayor durabilidad y no requieren prácticamente mantenimiento, resultan más económicos a largo plazo (la inversión se realiza en la fase de ejecución, no lastrando la inversión futura).

Las ventajas del puente de hormigón son de distinta índole:

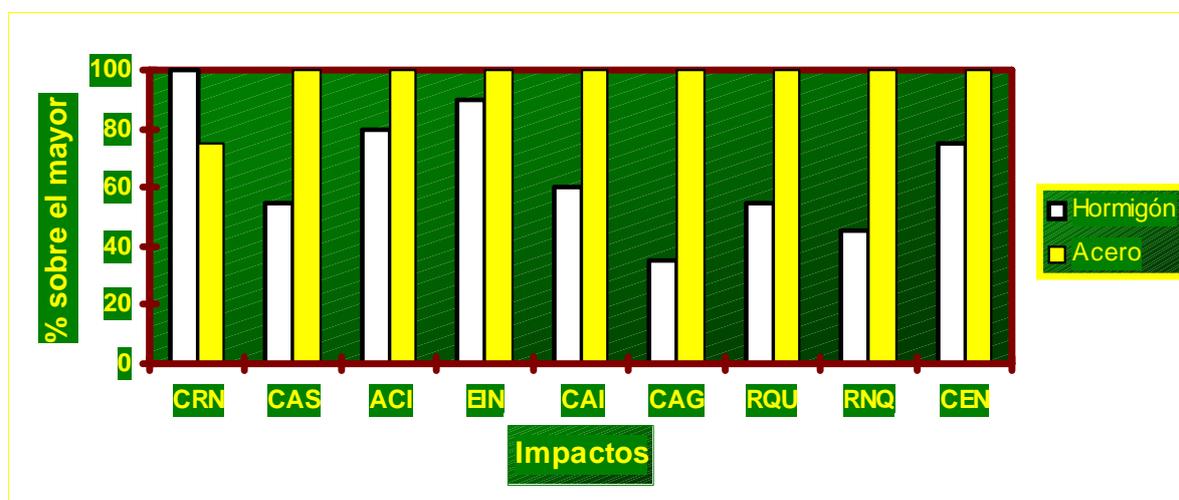
Ventajas medioambientales

- Emplea recursos naturales locales prácticamente inagotables (no consume derivados del petróleo).
- Permite el empleo de áridos reciclados (RCDs).
- Es reciclable en su totalidad al final de su vida útil.
- Es un material muy durable, por lo que se evita el consumo de nuevos recursos y se reducen las emisiones de CO₂.

Una de las metodologías más utilizadas para evaluar los impactos medioambientales de cualquier producto o proceso constructivo es el Análisis de Ciclo de vida (ACV). Este método tiene como objetivo evaluar las cargas ambientales debidas a una actividad, proceso o producto, mediante la identificación y cuantificación de todos los impactos sobre el medio ambiente (consumo de energía, de recursos renovables y no renovables, emisiones a la atmósfera, contaminación del agua, generación de residuos, etc.), la valoración de dichos impactos, el análisis de posibles mejoras y la inclusión para todo ello, del ciclo completo de la actividad, proceso o producto considerado.

Kortman y Lim aplicaron esta metodología al caso de los puentes. En este estudio, publicado por la Universidad de Amsterdam, se analizaron medioambientalmente dos soluciones alternativas, una de hormigón y otra de acero, para un puente de autopista (puente de Zaltbommel, a 20 km al norte de Hertogenbosch, cruzando el río Waal) que debía construir la Administración de Carreteras Holandesa. Este puente debía sustituir a otro de acero de 1933 que iba a quedar fuera de servicio al tenerse que ampliar la autopista para absorber el tráfico existente en la misma. La administración holandesa decidió encargar dicho estudio para escoger la alternativa menos agresiva con el medio ambiente. Adicionalmente, este estudio se utilizó también para contrastar la herramienta conocida como CML 1992 que fue desarrollada en Holanda.

El estudio incluyó las fases fundamentales de los productos básicos de este caso (hormigón, asfalto, acero, pintura, plástico) desde la extracción de las materias primas, hasta el final del periodo de servicio adoptado (75 años), para la primera parte del puente. Cabe indicar que en este caso el estudio fue encargado y desarrollado por entidades independientes de los sectores industriales implicados, por lo que sus resultados no están en principio afectados por los intereses de los mismos. Se observa el buen comportamiento de la solución con hormigón en comparación con la de acero, a la que supera en todos los aspectos salvo en el correspondiente a consumo de recursos no renovables. Este último resultado es sorprendente ya que las materias primas para la fabricación del hormigón son, como ya se ha indicado con anterioridad, muy abundantes. Ello es debido a que dicho consumo se enmarcó en el ámbito geográfico de Holanda, donde la caliza es escasa.



CRN: consumo de recursos naturales; CAS: consumo de agua subterránea;

ACI: acidificación; EIN: efecto invernadero; CAI: contaminación del aire;

CAG: contaminación del agua; RQU: residuos químicos;

RNQ: residuos no químicos; CEN: consumo de energía

Ventajas técnicas

- Permite la aplicación de cualquier sistema constructivo (construcción in situ mediante cimbra, construcción evolutiva por avance en voladizos sucesivos con prefabricación de piezas a pie de obra o en planta de prefabricados, montaje mediante ensamblaje y unión de piezas prefabricadas).
- Se adapta a cualquier forma por la moldeabilidad del hormigón.
- No necesita protección adicional contra los agentes agresivos del ambiente.

Ventajas económicas

- Con un coste de construcción semejante al de otras soluciones, la durabilidad y la resistencia están garantizadas durante varias decenas de años.
- Las operaciones de mantenimiento son prácticamente innecesarias, siendo por tanto estos costes muy reducidos, así como la afección que dichas operaciones producen sobre los usuarios.
- Las ventajas anteriormente citadas también se traducen en ventajas económicas.

CONCLUSIONES

La evolución y el conocimiento del material hormigón (armado y pretensado) permiten la construcción de puentes de hormigón sin tener problemas para lograr luces importantes, con unos impactos ambientales menores que con otros materiales y, desde el punto de vista económico, dar soluciones económicamente competitivas por su durabilidad y bajo mantenimiento.

REFERENCIAS

Asociación Técnica Española del Pretensado (1970), Hormigón Pretensado. Realizaciones Españolas, Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento, 1970.

Asociación Técnica Española del Pretensado (1990), Hormigón Pretensado, Realizaciones españolas, tomos II, III, IV – 1979 – 1990, Atep, 1990.

Avelino Samartín (1983), Cálculo de Estructuras de Puentes de Hormigón, Ed. Rueda, Madrid, 1983.

Brian Pritchard (1994), Continuous and Integral Bridges, E & FN Spon, 1994 Chapman & Hall.

Centro de Estudios Experimentales de Obras Públicas (1996), Proyecto de puentes de hormigón: normativa española y eurocódigo 2, tomo I. España, Ministerio de Fomento, CEDEX, 1996.

Christian Menn (1986), Prestressed Concrete Bridges, Birkhäuser Verlag 1986, Wien.

Dirección General de Tráfico (2000), IAP – Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. España, Ministerio de Fomento, serie normativas, instrucciones de construcción, 2000.

E. C. Hambly (1991), Bridge Deck Behaviour, second edition, E & FN Spon, 1991 E. C. Hambly.

Fritz Leonhardt (1986), Puentes: estética y diseño, Presses Polytechniques Romandes, 1986, Suisse.

G. Grattesat (1981), Concepción de Puentes, tratado general, Editores técnicos Asociados, s. a. 1981, Barcelona.

Hans Wittfoht (1975), Puentes, Ejemplos internacionales, Editorial Gustavo Gili S. A., 1975, Barcelona.

James M. Barker (1978), Post-Tensioned Box Girder Bridge Manual, PostTensioning Institute, 1978, Phoenix, Arizona.

Javier Manterola Armisen, L. Fernández Troyano, R. Del Cuvillo (1976), Puentes II, Hormigón nº 15, Agrupación de Fabricantes de Cemento de España, Universidad Politécnica de Madrid, 1976, Madrid.

Javier Rui-Wamba Martija (1990), VI Curso Internacional de Carreteras Puentes Mixtos de Hormigón y Acero, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1990, Madrid.

Michelle Melaragno (1998), Preliminary Design of Bridges for Architects and Engineers, Marcel Bekket, Inc., 1998.



IECA CENTRAL

Tel.: 914429311
Email: tecnico@ieca.es

DELEGACIÓN CENTRO

Tel.: 914014112
Email: iecentro@ieca.es

DELEGACIÓN NORTE

Tel.: 944915361
Email: iecanorte@sarenet.es

DELEGACIÓN NOROESTE

Tel.: 987234833
Email: iecanoroeste@ieca.es

DELEGACIÓN CANARIAS

Tel.: 928284349
email: iecanarias@ieca.es

DELEGACIÓN LEVANTE

Tel.: 963819033
Email: iecalevante@ieca.es

DELEGACIÓN NORESTE

Tel.: 935390901
Email: iecanoreste@ieca.es

DELEGACIÓN SUR

Tel.: 954274043
Email: iecasur@ieca.es