

La hidrodemolición ya es habitual en España

Laura Llorente Olivares

Arquitecto
Responsable del departamento técnico
Hidrodemolición, S.A.

Cuando una estructura de hormigón está dañada, caben dos alternativas: retirar completamente la estructura y construirla de nuevo, o repararla realizando una demolición parcial en donde se retira de forma selectiva el hormigón en mal estado. La primera opción suele ser muy drástica y poco habitual, a menos que el daño sea irreversible o el coste de la reparación sea muy superior al de una nueva construcción.

A la hora de afrontar una rehabilitación ha de tenerse en cuenta un factor de vital importancia, bien conocido por los ingenieros y especialistas en estructuras: es imprescindible obtener un elevado grado de cohesión entre el hormigón nuevo y el antiguo para que la reparación sea duradera. Por tanto, tan importante es el diagnóstico de las causas del deterioro del hormigón como la preparación del soporte.

1. La técnica

La técnica de la hidrodemolición se desarrolló en los años 80 en Suecia impulsada por la Dirección de Carreteras del Gobierno Sueco como consecuencia de la necesidad de encontrar un método eficaz para la eliminación de hormigones deteriorados en la reparación de tableros de puentes. Dadas sus ventajas, en muchos países, como EEUU, Japón, Suiza, Italia y Suecia, es el único método

permitido por las Administraciones Públicas para la extracción de hormigón en estructuras sensibles como puentes y presas, entre otros, debido a la gran calidad que aporta a los trabajos de reparación y refuerzo estructural, consiguiendo intervenciones más duraderas y económicas a largo plazo. Al obtener un mayor monolitismo en la estructura reparada con hidrodemolición, la necesidad de reparar el hormigón se dilata en el tiempo, y se reducen los riesgos de nuevas intervenciones de reparación posterior por deslaminación de capas aportadas sobre los antiguos soportes.

Los primeros sistemas robotizados llegaron a España de la mano de Hidrodem hace 11 años. Gracias a esto, dicha técnica cada vez está siendo más aceptada por los técnicos de carreteras allí cuando los estándares de calidad son muy exigentes.

Mediante el empleo de agua a alta presión se puede conseguir la eliminación del hormigón deteriorado sin causar daño al resto de la estructura, a diferencia de lo que sucede con el empleo de martillos percutores. Además, la hidrodemolición permite discriminar entre hormigones “enfermos” y hormigones “sanos”, mucho más resistentes, actuando exclusivamente en aquellas zonas en las que es necesario. Nos permite retirar, por tanto, de forma selectiva, la parte del hormigón que se desee, desde pequeñas porciones en mal estado a rebajes regulares a lo largo de una gran superficie.

1.1 El proceso

La técnica consiste en la utilización del chorro de agua a alta presión como herramienta de demolición o extracción selectiva de hormigón.

El agua a alta presión penetra en el entramado poroso del hormigón, generando tensiones internas suficientes que provocan micro-estallidos superficiales en la zona de incidencia directa del chorro proyectado.

Por tanto, la hidrodemolición no es efectiva por la fuerza y repetición de impactos, como las antiguas e indiscriminadas herramientas percutoras, sino por la generación de innumerables micro-estallidos, provocados por efecto de la presión del agua, en la superficie de determinados materiales porosos, como el hormigón. El resto de elementos internos de la estructura, como pueden ser armaduras, cables, tensores, etc. metálicos y no porosos permanecen intactos. Además, las percutoras no llegan a superficies profundas, por lo que si el daño se encuentra ahí no lo repara, mientras que la hidrodemolición interviene en superficies profundas sin dañar lo que esté en buenas condiciones. Por el contrario, los métodos tradicionales de percusión originan vibración en las armaduras interiores provocando que el hormigón se divida en finas láminas a lo largo de las barras, quedando éstas separadas del hormigón.

1.2 Equipos

El sistema de hidrodemolición está formado por una bomba capaz de generar un chorro de agua a una presión superior necesaria para superar la resistencia a tensión del hormigón (normalmente accionado por un motor diésel) y conectado al robot a través de mangueras y latiguillos. Esta bomba precisa de suministro de agua libre de sólidos en suspensión para impedir el daño de los internos de la bomba y el deterioro de las toberas. Además, incorpora un sistema de control eléctrico que regula el flujo del agua, las revoluciones del motor, el consumo de energía y las paradas de emergencia.

Una lanza obturadora en punta con una tobera dirige el chorro hacia la zona objeto de demolición. Esta tobera puede ser de entre 0,80 mm y 3,50 mm, por lo que tiene un potente retroceso pudiendo ser superior a 2500 N, motivo por el cual la lanza se monta en un equipo robotizado.

No obstante, existen lanzas manuales en las que la presión y el caudal inyectado es inferior para que lo pueda manejar un operario, teniendo un retroceso no superior a 250 N.

Los equipos robotizados se desplazan sobre orugas con cadena de caucho y disponen de un brazo articulado capaz de girar 360°, pudiendo trabajar sobre paramentos tanto verticales como horizontales (suelo y techo), así como de una torre guía sobre la que se

desplaza la lanza, pudiendo alcanzar alturas de trabajo de hasta 15 metros.

En los trabajos de difícil acceso en los que es inviable poder emplear un robot convencional, existen accesorios robotizados compuestos por carriles guía por los cuales se desplaza la lanza de hidrodemolición, permitiendo obtener rendimientos mucho mayores que los manuales y sin riesgos ni daños para los operarios.

En cualquier caso, los sistemas robotizados siempre son controlados a distancia por control remoto por un operador, encargado de vigilar y dirigir el trabajo del robot.

Debe ser proscrito el empleo de cuasi máquinas con acoples o adaptaciones con lanzas de hidrodemolición por la falta de control del chorro y los riesgos de seguridad que conllevan para personas o cosas. Estas cuasi máquinas han sufrido alteraciones y modificaciones de tal manera que ya no son un equipo de trabajo.



Figura 1. Debe evitarse el empleo de equipos que no hayan sido específicamente diseñados para una operación de hidrodemolición

1.3 Parámetros

Mediante el ajuste de los distintos parámetros que intervienen en la hidrodemolición (tipo de lanza, presión, velocidad, tiempo, caudal, etc.) se puede controlar el avance en la extracción del hormigón, consiguiendo así que el tratamiento se pueda llevar a cabo de forma controlada y acotada, desde un tratamiento superficial a un corte profundo o una demolición total.

2. Ventajas

El éxito de la mayor parte de las reparaciones efectuadas sobre elementos estructurales está íntimamente relacionado con la calidad y preparación del soporte. Si esta parte falla, podremos emplear un producto de alta cali-

dad, seguir estrictamente las indicaciones del fabricante para su preparación y aplicación, pero no podremos garantizar la eficacia y duración de la misma.

Muchas veces no se sanean las estructuras hasta la profundidad necesaria por el temor, o la certeza, de causar un daño mayor o, en cambio, se elimina demasiado hormigón estructural en buen estado al quedar al arbitrio del operario la profundización sin control. Esto suele pasar cuando utilizamos procedimientos mecánicos, que introducen golpes y vibraciones que debilitan todo el área circundante, o que efectúan un corte perfecto que deja las paredes de la zona de reparación lisas como la superficie de un cristal, sobre las que es preciso actuar para crear una cierta rugosidad y conseguir unas condiciones mínimas de adherencia, y todo ello suponiendo que se han podido alcanzar niveles admisibles de limpieza.

La hidrodemolición resuelve de forma brillante estas limitaciones, pues permite sanear el hormigón en la profundidad requerida, obtener una superficie limpia con ausencia de adyacentes debilitados o microfisurados, y rugosa, lo cual facilita en gran medida las posteriores operaciones de reparación o refuerzo.

De hecho, el porcentaje de fallos por una mala preparación del soporte es del orden del 38% cuando se emplea chorro de arena, del 31% cuando se deja la superficie obtenida con martillos manuales y de tan sólo el 7% cuando se utilizan técnicas de hidrodemolición [1].

Las armaduras, por otra parte, quedan en su posición y estado originales, sin haber sufrido daño alguno, lo que evita las complicadas operaciones que muchas veces hay que acometer de anclajes químicos, soldaduras, etc. y además:

- No genera vibraciones.
- No produce fisuraciones.
- No deforma la armadura.
- Contacto hormigón-barra garantizado.
- Elimina la corrosión en el armado.
- Totalmente controlable.
- Altos rendimientos.

Estas ventajas convierten a la hidrodemolición en la mejor alternativa frente a los antiguos sistemas de demolición, dañinos para el armado e indiscriminados para el resto del hormigón estructural.

3. Campos de aplicación

La hidrodemolición puede utilizarse en todo tipo de aplicaciones de demolición o rehabilitación estructural. Los puentes y viaductos son el campo de aplicación más habitual para los sistemas de demolición robotizados, donde es imprescindible inalterar el armado y no provocar vibraciones a lo largo de la estructura.

Todos sabemos que en España existe un patrimonio muy importante de infraestructuras que hay que mante-

ner, es por ello que el uso de esta técnica es fundamental y cada vez más es solicitada por los técnicos gracias a las grandes ventajas que presenta.

La hidrodemolición es una manera más rápida, más limpia y mejor para eliminar el hormigón deteriorado de tableros de puentes con el fin de parchear o rehabilitar su superficie.

Además, al usar los equipos adecuados, la reparación se realiza rápidamente, reduciendo los tiempos de entrega del proyecto.

3.1. Barreras de contención

Debido a la adaptación de las barreras de protección al modelo europeo de nivel de contención P3, es precisa la eliminación de la franja del tablero donde irán instalados los nuevos pretilos para recuperar la armadura y poderla usar para una mejor conexión. Además, no es raro encontrarnos con losas bastante deterioradas en las que los posibles anclajes (teóricamente con capacidades en proyecto muy importantes) harían debilitar aún más el propio tablero y por tanto no alcanzan la resistencia supuesta ni garantiza la seguridad de las barreras de contención.

La hidrodemolición permite respetar las armaduras y no introduce vibraciones y efectos de martilleo que comprometerían la adherencia entre el fondo de la prelosa y el hormigón *in situ*, a la vez que permite que pueda mantenerse la estructura abierta al tráfico.

En las Figuras 3 se recogen distintas fases de este proceso.





Estado inicial de la estructura



Hidrodemolición del borde del tablero



Acabados y remates con lanzas manuales en zonas más delicadas



Detalle del nuevo zuncho instalado



Trabajo terminado

Figura 3. Fases de un proceso de hidrodemolición para el cambio de elementos de contención en puentes.



Figura 4. Preparación de una junta para su reparación

3.2. Juntas

En la mayoría de los casos donde se reparan con métodos tradicionales, el problema vuelve a persistir en el transcurso del tiempo, por lo que la reparación que se hizo no sirvió de nada posiblemente por no haberse eliminado la junta por completo.

La preparación del nicho de junta mediante hidrodemolición consiste en una retirada previa de la losa adyacente a la junta dejando ésta limpia. Con la hidrodemolición se asegura la retirada del hormigón en toda su profundidad sin afectar a las armaduras existentes y poder solapar con las nuevas armaduras del zuncho.

3.3. Ampliación de tableros

Uno de los mayores inconvenientes de las estructuras de hormigón frente a las estructuras metálicas es la relativa dificultad que entraña la realización de ampliaciones. En el caso de las estructuras metálicas la soldadura permite simplificar mucho estas actuaciones, mientras que en las estructuras de hormigón hay que disponer anclajes o, en la mayoría de las ocasiones, proceder a demoler una zona para poder efectuar la transición entre la estructura existente y la nueva estructura.

Este último caso es el más habitual en ampliaciones de tableros de puentes, donde la diferencia de resultados y de trabajo entre una demolición tradicional de destroza y una hidrodemolición son evidentes.



Figura 5. Tablero de hormigón (HA-30) de 30 cm de canto en el que se descubrieron las armaduras para su posterior ampliación

Con la hidrodemolición de los voladizos en la longitud necesaria para solapar adecuadamente la armadura de la losa existente con la de la nueva se asegura una conexión perfecta. El proceso de hidrodemolición permite obtener un borde limpio de la losa de hormigón, quedando las armaduras transversales existentes en perfecto estado para su solape.

Además, la ejecución de estos trabajos, al igual que en la sustitución de las barreras de contención, puede llevarse a cabo manteniendo abierto el tráfico en el mismo nivel.

3.4. Refuerzo de tableros

Hay veces en las que es necesario eliminar la capa asfáltica o un recubrimiento deteriorado por el propio tránsito de los vehículos o simplemente un aumento del espesor del tablero como sucedió, por ejemplo, en las vías centroamericanas ejecutadas en los años 70 con estándares norteamericanos, en los que el espesor del tablero era de 17 cm y tenían que adaptarse a las nuevas exigencias de tráfico pesado que requerían espesores superiores a 21 cm. En estos casos, se procede a realizar un rebaje del tablero hasta llegar a las armaduras superiores para, más tarde, volver a hormigonar hasta alcanzar el espesor total de losa necesario.

Con la hidrodemolición se asegura una rugosidad óptima sin riesgos de pérdida de adherencia, a la vez que deja limpias las superficies y saturado el hormigón del soporte.



Figura 6. Refuerzo de tableros en Centroamérica



Figura 7. Sustitución de apoyos POT con lanza de hidrodemolición manual



Figura 8. Rescate de elementos de tesado

3.5. Otras actuaciones

Existen otras actuaciones idóneas para la técnica de hidrodemolición, como es la realización de catas de inspección, reparación o retirada de tuberías embebidas, rescate de elementos de tesado, hidrocorte en lugares donde se precisa un corte en frío por tratarse de zonas ATEX (Atmósferas Explosivas), como pudiera ser el caso de refinerías, tanques, tuberías, etc.

Las técnicas de agua a presión se emplean también en la limpieza de superficies, eliminación de revestimientos, morteros, enfoscados y gunitas, mantenimiento de drenes y abertura de galerías en presas, etc. Sobre todo cada vez están resultando más ventajosas en la preparación de superficies metálicas, donde los puentes metálicos se benefician de estas ventajas.

4. Medidas de seguridad

El desconocimiento y poco respeto hacia esta potente herramienta puede acarrear graves consecuencias en las personas. El principal riesgo es el propio chorro, que tiene una importante cantidad de energía cinética.

Por ello, es preciso contar con un personal especializado y altamente cualificado si queremos que sea una actividad no solo eficiente sino también segura, pues se pueden alcanzar presiones de hasta 3000 bar.

Por tanto, conviene repetir que las cuasi máquinas y/o cualquier otro tipo de invento no certificado debe ser proscrito.

4.1. Equipos de protección individual

Es evidente que, trabajando con agua a alta presión, es obligatorio el uso de EPIS, por lo que el operario necesita ropa de seguridad impermeable y que proporcione cierta protección contra el impacto del hormigón desprendido que rebote a causa del efecto del chorro de agua; mandil, botas, guantes y casco con visor resistente al impacto.

Así mismo, puede ser una actividad molesta si el trabajo requiere que el chorro traspase la estructura, ya que la eyección al aire libre alcanza niveles sonoros superiores a 100 dB.

Este ruido, aun así, es menos nocivo y molesto que el producido por un martillo percutor. El ruido que provoca el chorro de agua al carecer de vibración no se transmite por el resto de la estructura y puede ser absorbido adecuadamente por tapones o cascos de protección auditiva.

En cuanto a la maquinaria, todos los equipos deben estar siempre en excelente estado listos para su utilización, por lo que se debe realizar un mantenimiento preventivo permanente, una inspección visual después de cada utilización para determinar posibles daños, deterioros que pueden haberse generado durante los trabajos de hidrodemolición, y examinarse antes de cada trabajo para comprobar que no presenten signos de golpes o desgarros. Es importante aclarar que la “vida” de la manguera NO está determinada por un determinado tiempo de uso, sino que está determinada por su condición y su estado.

4.2. Protección de la zona de trabajo

La zona de trabajo debe acordonarse para evitar que nadie entre en contacto con el chorro de agua o los residuos desprendidos, por lo que el área debe estar claramente señalizada y provista de la instalación de medidas de protección colectiva necesarias contra posibles proyecciones que pudieran salir rebotadas de la zona de trabajo.

Al usar equipos robotizados la reparación puede realizarse mientras se mantiene el tráfico sin que sea necesario cancelar la circulación, ya que se puede trabajar con tráfico a mismo nivel siendo suficiente la separación que proporciona una barrera provista de una malla de 2 metros de altura. El tráfico inferior debe, sin embargo, impedirse si no se adoptan las medidas de protección necesarias para controlar la salida del chorro cuando éste atraviere el tablero. En ocasiones, es el gálibo el que limita la disposición de estas barreras.

5. Medioambiente

La hidrodemolición es, además, considerada como la técnica de demolición menos agresiva con el medio ambiente, aunque durante el proceso se generan aguas residuales con sólidos en suspensión, principalmente partículas de cemento.



Figura 9. Equipo trabajando en una estructura en servicio

Esta suspensión de desecho contiene finos de cemento con niveles de pH que oscilan entre 9 y 12, no debiendo ser vertida en fuentes de agua como lagos, ríos, o arroyos, por lo que estas aguas residuales deben ser evacuadas al alcantarillado o al suelo para su absorción y/o evaporación bajo permiso de las autoridades de control. El residuo sólido y los lodos, sin embargo, se tratan como inertes de la construcción.

En caso necesario, la recogida de estas aguas se puede realizar *in situ* en el propio tajo con la ayuda de un camión de vacío, de forma que todos los detritos generados pueden ser recogidos de forma permanente mientras se ejecuta la hidrodemolición y verterse, posteriormente, en la zona de tratamiento de aguas residuales.

En entornos naturales, donde las necesidades de vertido son más exigentes o existe escasez de agua y compensa asumir dicho reciclaje, es necesario separar los finos y reducir el pH mediante una unidad de tratamiento de agua residual previa al vertido, a la que se puede añadir una fase secundaria de tratamiento que permite recuperar parte del agua tratada para ser reutilizada de nuevo por el sistema de hidrodemolición.

6. Costes

La hidrodemolición de estructuras de hormigón implica el uso de grandes cantidades de agua a alta presión para demoler el hormigón. Para la hidrodemolición, el agua limpia se suministra habitualmente a través de camiones cisterna o hidrantes, consiguiendo un caudal que va desde 1 m³/hora si se trata de medios manuales, hasta 12 m³/hora si se emplean medios robotizados.

Una forma de rebajar sustancialmente las necesidades puntuales del consumo de agua consiste en la colocación de un depósito intermedio de regulación, consiguiéndose compaginar la hidrodemolición con el resto de las actividades en la obra, o bien ganar tiempo para el reabastecimiento externo, incluso el reciclaje anteriormente mencionado.

No podemos considerar la hidrodemolición como un método indicado puramente de demolición ya que es una herramienta especial y antagónica a los sistemas tradicionales, mucho más económicos. Sólo es en situaciones especiales, como las anteriormente indicadas, donde puede aportarnos ventajas evidentes donde la calidad y duración de la reparación priman o bien donde se deba minimizar todo tipo de daños (microfisuras, vibraciones, etc.), suponiendo la mejor inversión posible.

Para el caso más habitual en puente en los que haya que efectuar una hidrodemolición para ampliar el tablero, reparar juntas o cambiar las barreras de contención, los costes pueden variar entre 800 y 1500 €/m³ y los rendimientos estar comprendidos entre 3 y 5 m³/día.

En la reparación de hormigones estructurales con hidrosaneos selectivos, los costes están comprendidos entre 30 y 150 €/m², alcanzándose rendimientos de 5 a 20 m²/hora.

Por último, el coste de otro tipo de tratamientos como la preparación de soportes, eliminación de pinturas, revestimientos, epoxi, etc. puede variar entre 12 y 40 €/m² con rendimientos que varían entre los 10 y 40 m²/hora.

Referencias

- [1] Silfwerbrand, J.; *Improving Concrete Bond in repaired Bridge Decks*; Concrete International; volume 12, pp 61-66; 1990. ❖