

Rehabilitación de estructuras de Madrid. Entorno exigente, tipologías variadas y actuaciones

*Madrid structures rehabilitation.
Demanding environment, varied typology and proceedings*

Héctor Sánchez Martínez ^a, Noemí Corral Moraleda ^b y Tomás Ripa Alonso ^c

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LRA Infrastructures Consulting. Jefe de proyecto. hectorsanchez@lraingenieria.es

^b Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. LRA Infrastructures Consulting. Directora del Departamento de Rehabilitación de Estructuras. noemicorral@lraingenieria.es

^c Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. LRA Infrastructures Consulting. Socio-Director. tomasripa@lraingenieria.es

RESUMEN

La rehabilitación de una estructura urbana es una actuación tan necesaria como compleja. Es necesaria para alargar la vida útil de la estructura dando continuidad al importante papel funcional que desempeña la estructura en la movilidad de la ciudad. Y es compleja por el entorno exigente de la ciudad en el que coexisten el tráfico rodado y el tráfico peatonal. Basándose en la experiencia adquirida en la rehabilitación de estructuras en Madrid, se exponen los aspectos que pueden condicionar el alcance y la planificación de cualquier intervención, tanto en la fase de proyecto como en la ejecución de la obra. Asimismo, se destacan las lecciones aprendidas que pueden contribuir a mejorar futuras rehabilitaciones de estructuras urbanas.

ABSTRACT

Urban structure renovation is an action as necessary as complex. It is necessary so as to increase the service life of the structure, giving continuity to the functional importance that the structure holds in the city mobility. It is complex due to the demanding city environment where there is road traffic as well as pedestrian traffic. Based on the experience acquired rehabilitating structures in Madrid, the aspects that can determine the scope and planning of the rehabilitation of any urban structure, both in design and on site, are presented. Likewise, it is highlighted those lessons learnt that are useful for the improvement of future urban structures rehabilitation.

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, estructuras, entorno urbano.

KEYWORDS: refurbishment, structures, urban environment.

1. Introducción

En términos generales, la rehabilitación de una estructura comprende el conjunto de actuaciones de reparación a realizar para evitar la progresión de los deterioros existentes y conseguir la puesta a cero de la estructura. De esta manera, actuando sobre la estructura

deteriorada se restablecen las condiciones de durabilidad a un estado próximo a las del escenario inicial tras su construcción, haciendo que la estructura se encuentre “como nueva”.

En definitiva, se restablecen los condicionantes básicos que garantizan que una

estructura sea utilizada por los usuarios: la seguridad estructural y la funcionalidad. La merma de cualquiera de los dos aspectos anteriores deja fuera de servicio una estructura.

Yendo un paso más allá, cuando la estructura a rehabilitar se localiza en un entorno urbano, el condicionante funcional cobra una importancia superior teniendo en cuenta las elevadas intensidades de tráfico e importantes flujos peatonales que soportan las estructuras urbanas.

Nuestra participación en las fases de proyecto y obra de rehabilitaciones de estructuras urbanas en Madrid, nos sigue enseñando que el tipo de actuaciones y su programación, no solo dependen de los deterioros existentes, sino también de la afección que produzcan las obras en el entorno.

A partir de la experiencia adquirida, a continuación, se describen los condicionantes a tener en cuenta en la rehabilitación de estructuras urbanas, incidiendo en las enseñanzas que son útiles para futuras rehabilitaciones.

Aunque el presente trabajo se centra en la rehabilitación de estructuras en Madrid, sus conclusiones son igualmente aplicables a otras ciudades, dado que las condiciones del entorno urbano suelen ser similares.

2. Tipologías estructurales variadas en entornos urbanos

Las ciudades, al ser los primeros núcleos habitados, han experimentado un mayor desarrollo a lo largo del tiempo. Gran parte de este desarrollo urbano se debe a la construcción de puentes salvando los obstáculos del entorno. En un primer momento, se construyeron puentes de bóvedas de fábrica para cruzar los ríos. Más adelante, la Revolución Industrial y el desarrollo del tráfico rodado en las ciudades ha requerido la construcción de nuevos puentes salvando, no solo los ríos, sino también nuevas infraestructuras que mejoran la movilidad de la ciudad. En esta etapa de desarrollo, la evolución de la construcción ha hecho posible la ejecución de nuevos puentes empleando el hormigón y el acero como nuevos materiales, lo que ha permitido la aparición de gran variedad de tipologías.

Por todo ello, las ciudades constituyen el mejor escaparate en el que poder visualizar la evolución de la construcción de los puentes ofreciendo tipologías muy variadas. En el caso particular de Madrid, a continuación, se exponen ejemplos de estructuras conocidas que son representativas de las distintas tipologías existentes (Figura 1).



Figura 1. Tipologías estructurales en Madrid.

3. Las exigencias del entorno

A continuación, se estudian los aspectos más característicos del entorno urbano que hay que tener en cuenta a la hora de rehabilitar una estructura.

3.1 Investigación de la información acerca de las estructuras

Al inicio de un proyecto de rehabilitación, investigar acerca de cómo se ha construido la estructura a reparar facilita enormemente la definición óptima de la reparación en fase de proyecto y su ejecución en fase de obra.

Dada la antigüedad de gran parte de las estructuras urbanas, obtener estos datos es un trabajo de investigación. Como es sabido, la información más relevante de una estructura es la que se muestra en los planos de construcción, por lo que en muchos casos la investigación se limita a obtener estos planos. No obstante, resulta muy interesante conseguir y leer las Memorias de los distintos proyectos de construcción, modificados, liquidación, etc., para conocer el “por qué”, el “qué” y el “cómo” de la ejecución de la estructura. Todo ello nos puede dar respuesta al origen de los deterioros que en la actualidad presenta la estructura.

Siguiendo esta forma de trabajo durante el *proyecto de rehabilitación del [puente de la CEA](#)*, se ha sabido por ejemplo que el relleno de hormigón de las bóvedas presenta juntas transversales en la pila y los estribos, cuya existencia puede ser el origen de las filtraciones actuales en los arranques de las bóvedas (Figura 2).

También tenemos juntas transversales. Estas juntas transversales corresponden a la línea de unión de las bóvedas a los estribos y pila. Como son dos los arcos y en cada bóveda proyectamos dos juntas, en total son cuatro juntas transversales las que tenemos que construir. Las proyectamos en la misma forma que las longitudinales, con una placa de plomo ondulado embutida en el hormigón del relleno y las juntas rellenadas de mortero asfáltico.

Figura 2. Extracto de la Memoria del proyecto de pavimentación del viaducto de Ciudad Lineal (1953).

No obstante, la experiencia nos demuestra que lo que se plasma en papel (proyecto) dista a veces de lo que realmente se ha ejecutado (obra). En la *obra de rehabilitación de los apoyos a media madera del [puente de la avenida del Mediterráneo sobre la M-30](#) (tablero sur)*, la primera maniobra de izado del tablero no se pudo realizar según lo previsto porque existían pernos de anclaje en las ménsulas de las medias madera que conectaban la ménsula y el tablero a izar (Figura 3). En los planos de construcción de esta estructura no se muestra la existencia de estos pernos y además es una solución estructural que no es habitual en los apoyos a media madera, por lo que la existencia de estos pernos fue totalmente impredecible en fase de proyecto. A raíz de lo acontecido en el tablero sur, en el proyecto de rehabilitación de los apoyos a media madera del tablero norte se contempló la realización de ventanas de hidrodemolición para liberar estos anclajes.

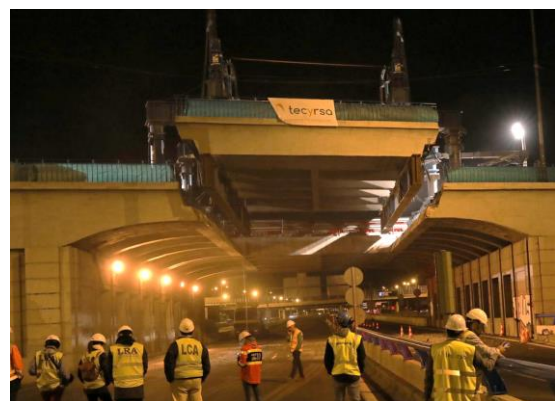


Figura 3. Izado del tablero durante la rehabilitación de los apoyos a media madera del puente de la avenida del Mediterráneo (tablero sur).

En muchos casos, la ausencia de información acerca de la construcción de una estructura hace necesario realizar calas y extracción de testigos en la estructura. Durante la redacción del *proyecto de rehabilitación del [puente de la CEA](#)*, se han llevado a cabo calas en el tímpano de las bóvedas siendo la única fuente de

información para conocer la estructura de los tímpanos (Figura 4).



Figura 4. Cala en el tímpano este
(proyecto de rehabilitación del puente de la CEA).

Estos trabajos de campo tienen también gran importancia a la hora de conocer los espesores de pavimento existentes sobre la estructura, lo que permite obtener información muy útil en proyecto para definir y valorar económicamente de forma objetiva las actuaciones necesarias para realizar, por ejemplo, la impermeabilización de una estructura. A diferencia de las estructuras que soportan carreteras, las plataformas de las estructuras urbanas experimentan cambios más frecuentemente para adaptarse a las necesidades que la ciudad. Esta adecuación continua hace que la única información objetiva de la plataforma se obtenga realizando calas y extrayendo testigos en pavimentos. en el *proyecto de rehabilitación del [puente de la CEA](#)*, la extracción de testigos en el pavimento concluyó que una calzada tiene 11 cm de espesor de firme mientras que la otra tiene 30 cm de espesor, aunque se trate de la misma estructura urbana (Figura 5).



(espesor 11 cm)

Calzada sentido
av. Ramón y Cajal



(espesor 30 cm)

Calzada sentido
C/ Alcalá

Figura 5. Testigos en pavimento
(proyecto de rehabilitación del puente de la CEA).

3.2 Interacción con servicios existentes

Además de conocer cómo es la estructura, es importante tener información acerca de los servicios existentes que discurren por la propia estructura, máxime cuando ésta se localiza en un entorno urbano en el que hay numerosos servicios: agua, gas, alumbrado, tecnologías del tráfico, electricidad, telecomunicaciones, etc.

En estructuras urbanas es frecuente la existencia de arquetas de servicios en la plataforma, las cuales constituyen puntos de entrada de agua hacia la estructura inferior. Por ello, siempre que lo admita el organismo titular, se debe contemplar desde proyecto la impermeabilización del interior de las arquetas, por ejemplo, mediante la aplicación de un mortero cementoso.

Asimismo, cabe destacar la tendencia creciente de dejar tubos corrugados embebidos bajo las aceras de estructuras urbanas, que permitan en el futuro disponer nuevos servicios en la estructura rehabilitada. No hay que olvidar que las estructuras no solamente permiten el paso de peatones y vehículos sino también de servicios entre las zonas que conectan.

3.3 Afecciones al tráfico

Si en la rehabilitación de cualquier estructura es importante estudiar las afecciones al tráfico, en una ciudad lo es aún más por las elevadas intensidades de tráfico existentes.

Por este motivo, gran parte de las actuaciones se planifican para su ejecución en horario nocturno que es cuando las intensidades de tráfico se reducen considerablemente. Por ejemplo, en el *proyecto de rehabilitación del revestimiento de [dos pasos inferiores pertenecientes al enlace de la M-30 con la A-2](#)* (Figura 6), la falta de espacio disponible requería cortar los ramales bajo las estructuras. Para minimizar la afección al tráfico se propuso la realización íntegra de las obras en horario nocturno.



Figura 6. Revestimiento demolido
(paso inferior del ramal que conecta la calzada izquierda de la M-30 con la avenida de América).

No obstante, la realización de actividades en periodos muy restringidos por la noche reduce los rendimientos de ejecución, lo que se traduce en un incremento del plazo y del presupuesto. Cuando estos incrementos son considerables, la obra pierde su eficiencia y por tanto es necesario explorar el empleo de medios auxiliares que permitan trabajar por el día en la estructura sin que las calzadas inferiores se vean afectadas. Bajo esta premisa, en el *proyecto de rehabilitación del puente de la Lira*, se contempló la instalación de un andamio en las márgenes de la plataforma para realizar la demolición de la imposta permitiendo simultáneamente la circulación de la M-30 (Figura 7).



Figura 7. Andamio instalado en las márgenes
(rehabilitación del puente de la Lira sobre la M-30).

Un ejemplo similar se encuentra en los *proyectos de rehabilitación del puente y la pasarela de la CEA*, en los que se propuso la instalación de andamios junto a los tímpanos para realizar su reparación sin que el tráfico de la A-2 se viera afectado de forma considerable.

En otros casos, la mejora de los procedimientos constructivos por las técnicas que ofrece el contratista en obra ha permitido que los números de cortes de tráfico y su

envergadura se hayan visto reducidos respecto a lo previsto en proyecto. Un ejemplo de ello se encuentra en la *obra de sustitución de tirantes de la pasarela de Marqués de Zafra sobre la M-30* (Figura 8), en la que la optimización de los desvíos se ha podido conseguir en gran medida gracias a la instalación de plataformas de ensanche del tablero y las plataformas trabajo adicionales en los anclajes de los tirantes en el vano principal sobre la M-30.



Figura 8. Andamio instalado en el tablero
(obra de sustitución de tirantes de la pasarela de Marqués de Zafra).

Por parte, los entornos de tráfico sensibles pueden condicionar el alcance de las actuaciones de rehabilitación de una estructura, en la que hay que encontrar el equilibrio entre la calidad de las reparaciones y la afección al tráfico que éstas generan. Siguiendo esta idea, se realizó el *proyecto de impermeabilización de tableros en estructuras de la autopista M-40 entre los PP.KK. 0+000 y 30+000 (ambas calzadas)*. En dicho proyecto, la impermeabilización de tableros se desarrolla en las calzadas de la M-40 y sus ramales en los que la intensidad de tráfico es muy elevada, por lo que el plazo de ejecución cobra una gran importancia. Por ello, se consideró razonable no utilizar sistemas de impermeabilización cuya puesta en obra se ejecute con rendimientos bajos, ya que esto se traduce en un incremento del plazo de ejecución y por tanto en una importante afección al tráfico de la M-40 y su entorno. Por este motivo, se descartó el empleo de la lámina asfáltica ni poliurea, porque, aunque sean considerados sistemas de altas prestaciones, su puesta en obra conllevaría una afección muy

acusada al tráfico por su bajo rendimiento. En búsqueda de ese equilibrio se propuso disponer sistemas tipo epoxi-bitumen y mortero bituminoso. Se trata de sistemas de impermeabilización que, aunque sean de menores prestaciones que los sistemas anteriores, ofrecen mejores rendimientos de trabajo. En definitiva, se mejora la impermeabilización actual de estas estructuras teniendo en cuenta además que muchas de ellas no presentan filtraciones de consideración.

3.4 La importancia del peatón

En la movilidad de una ciudad no solo interviene el tráfico rodado, sino también conviven los tráficos peatonal y ciclista desempeñando un papel muy importante. Es por ello que un número considerable de las estructuras urbanas son pasarelas y pasos inferiores peatonales.

A diferencia de un puente, las pasarelas y pasos inferiores peatonales presentan una anchura de paso reducida. Por ello, a la hora de rehabilitar estas estructuras, en la mayoría de los casos no es viable realizar el corte parcial de la anchura de paso para mantener la conexión peatonal, sino que es necesario acometer el corte total invalidando así la funcionalidad de la pasarela durante la ejecución de las obras.

En esta situación de corte total del tráfico peatonal en una estructura, es necesario definir el itinerario peatonal alternativo desde fase de proyecto ya que no se puede interrumpir la conexión peatonal. Un buen itinerario alternativo es aquel que guarda un equilibrio entre las siguientes condiciones:

- Menor tiempo posible del trayecto.
- Itinerario que se pueda seguir intuitivamente.
- Características de accesibilidad similares a la estructura que se rehabilita.

De forma general, el itinerario alternativo se lleva a cabo por una estructura paralela a la que está siendo rehabilitada. Por ejemplo, en la *rehabilitación del puente de la Lira sobre la M-30*, se propuso como itinerario peatonal alternativo utilizar el puente del Corazón Partío, el cual se

encuentra en paralelo salvando también la M-30 (Figura 9).



Figura 9. Itinerario peatonal alternativo (proyecto de rehabilitación del puente de la Lira).

Desde la fase de proyecto, debe preverse la señalización de los itinerarios peatonales con el mismo cuidado con el que se señalizan los itinerarios de tráfico rodado (Figura 10). En concreto, se recomienda disponer un plano con el itinerario en los accesos restringidos a la pasarela, e incluso instalar señalización a lo largo del itinerario si éste no es intuitivo.



Figura 10. Ejemplos de señalización de itinerarios peatonales alternativos.

Sin embargo, no siempre existe una estructura peatonal paralela por la que se pueda habilitar un itinerario alternativo. En estos casos, la necesidad de mantener la conexión peatonal puede incluso condicionar la propia rehabilitación. Un caso de este tipo se da en el *proyecto de rehabilitación de la pasarela de Ramón y Cajal sobre la M-607*, en la que era imprescindible mantener la conexión peatonal sobre la M-607 por ser un importante acceso al hospital de Ramón y Cajal. Este aspecto fue tan importante que, en el estudio de alternativas del proyecto, se

planteó instalar una pasarela provisional con andamios durante el periodo en el que el tablero metálico del vano V-2 estuviese siendo reparado en un taller ajeno a la obra. Finalmente, tras el estudio de alternativas evaluando además otros condicionantes, se decidió sustituir el tablero por uno nuevo (Figura 11). En fase de obra, dicha sustitución fue realizada en tan solo 24 horas para minimizar la afección a la conexión peatonal.



Figura 11. Sustituci3n del vano V-2 de la pasarela de Ram3n y Cajal.

Un concepto que condiciona actualmente la funcionalidad peatonal de una estructura es la accesibilidad universal. Siguiendo una tendencia al alza, las rehabilitaciones de pasarelas contemplan cada vez m3s actuaciones que mejoren su accesibilidad.

Gran parte de las pasarelas existentes en Madrid son de cierta antigüedad y fueron dise3adas cuando el concepto de accesibilidad no estaba tan presente como en la actualidad. Por ello, muchas de las pasarelas presentan una anchura y pendientes en rampa que incumplen la normativa actual de accesibilidad. En estos casos, la adaptaci3n para convertirse en estructuras accesibles es muy compleja ya que la anchura y la pendiente en una pasarela est3n

ligadas a la geometría de la propia estructura, de ah3 que las actuaciones en materia de accesibilidad m3s habituales en pasarelas existentes se limiten a ser “mejoras” de la accesibilidad.

Las actuaciones de mejora m3s habituales en pasarelas existentes comprenden el montaje de nuevas barandillas de altura adecuada y la instalaci3n de doble pasamanos en rampas y escaleras. Estas intervenciones se han llevado a cabo en la *rehabilitaci3n de la pasarela PE1202 (pasarela Dr. Carmena-Ruiz)* (Figura 12).



Figura 12. Nueva barandilla con doble pasamanos (rehabilitaci3n de la pasarela Dr. Carmena-Ruiz).

Tambi3n, se ha actuado en los accesos de a rampas y escaleras disponiendo pavimento podot3ctil, tal y como as3 se defini3 en el *proyecto de sustituci3n de la escalera met3lica junto a la calle Virgen de la Paz, 15* (Figura 13).

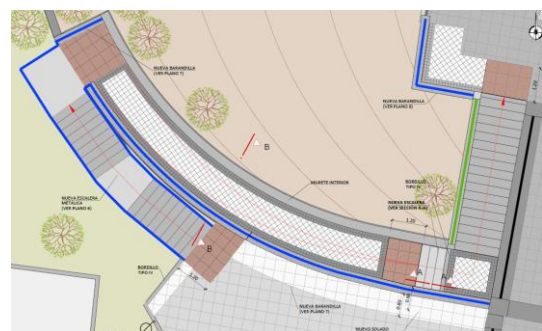


Figura 13. Pavimento podot3ctil en accesos (proyecto de sustituci3n de la escalera met3lica junto a la calle Virgen de la Paz, 15).

En casos extremos de pasarelas de importante papel funcional en las que no es posible realizar actuaciones de mejora de la accesibilidad, se considera necesario realizar su sustituci3n para cumplir con los par3metros de accesibilidad. Un ejemplo actual es la sustituci3n de la pasarela PE0418 (*pasarela Avenida de Am3rica*

– Parque de las Avenidas sobre A-2) (Figura 14), cuyas rampas presentan una anchura muy reducida (inferior a 1 metro) y una pendiente elevada para su longitud (superior al 8%) incumpliendo los parámetros de accesibilidad.



Figura 14. Anchura insuficiente de la rampa (pasarela Avenida de América – Parque de las Avenidas sobre A-2).

3.5 Un entorno particular

En las ciudades, el entorno en el que se encuentran las estructuras a rehabilitar condiciona considerablemente el alcance y la planificación de las obras de rehabilitación, por las particularidades que tiene una ciudad.

Tal y como se ha comentado en el apartado 3.3, los cortes de tráfico pueden condicionar que las actuaciones asociadas a estos cortes se tengan que realizar en horario nocturno, que es cuando la intensidad de tráfico es menor y por lo tanto la afección al tráfico también lo es. No obstante, ejecutar determinadas operaciones de reparación en un entorno urbano en el silencio general de la noche puede generar afecciones acústicas a los vecinos de las edificaciones próximas a la estructura.

Un ejemplo de esta afección tuvo lugar en al inicio de las obras de rehabilitación de la pasarela de Fuentelarreina sobre la M-30. En concreto, la ejecución del chorreado con abrasivo en la estructura metálica en horario nocturno generó molestias a los vecinos de la zona. En proyecto se propuso ejecutar esta operación por la noche para reducir la afección tráfico, disponiendo un encapsulamiento que disminuyera el ruido generado (Figura 15). No obstante, al ejecutar la

obra se comprobó que el ruido generado fue superior al previsto. En consecuencia, en obra se optó por realizar las reparaciones de la estructura metálica por el día llevando a cabo los correspondientes cortes de tráfico, los cuales resultaron viables y no generaron tanta afección.



Figura 15. Encapsulamiento para la reparación de la estructura metálica durante el día (rehabilitación de la pasarela de Fuentelarreina).

Con ello, en estructuras urbanas hay que estudiar si es mejor trabajar por el día o por la noche buscando el equilibrio entre las afecciones acústicas y las afecciones al tráfico que ciertas operaciones pueden generar en el entorno.

En el caso anterior, se ha visto que la afección acústica ha condicionado la planificación de la obra: ¿los trabajos se realizan por el día o por la noche?. Aun así, puede suceder que la afección acústica condicione el alcance y la metodología de la obra, en la forma en la que tuvo lugar en el proyecto de rehabilitación de la pasarela de Ramón y Cajal para la reparación de la celosía del vano V-2 que salva la M-607. Por un lado, la reparación de la estructura por la noche generaría afecciones acústicas al hospital de Ramón y Cajal que se ubica junto a la pasarela. Por otro lado, la reparación de la estructura por el día produciría afecciones al tráfico de la M-607 por la elevada intensidad de tráfico que registra esta carretera. Ante esta situación, la reparación de la estructura en su propio emplazamiento no parece la opción más viable. En consecuencia, se estudiaron como alternativas el traslado del vano a un taller para su reparación instalando simultáneamente una pasarela provisional o la sustitución del vano existente por uno nuevo. Finalmente, tras estudiar varios condicionantes,

se decidió acometer la sustitución del vano. En definitiva, es un ejemplo en el que la afección acústica condicionó el alcance y la metodología de la rehabilitación.

Otra particularidad del entorno en la rehabilitación de estructuras urbanas son las limitaciones de espacio existentes junto a la estructura por la presencia cercana de báculos, arbolado o incluso edificios. La existencia de estos elementos puede requerir realizar actuaciones particulares adicionales o modificar los procesos de ejecución habituales.

Respecto a la existencia cercana de edificios, por ejemplo, en el *proyecto de sustitución de tirantes de la pasarela de Marqués de Zafra*, fue necesario proyectar una pantalla de micropilotes junto a los edificios de la [C/ Ricardo Ortiz, 76 y 78](#) para garantizar que las excavaciones previstas en el estribo de la pasarela no comprometieran la seguridad estructural del edificio (Figura 16).

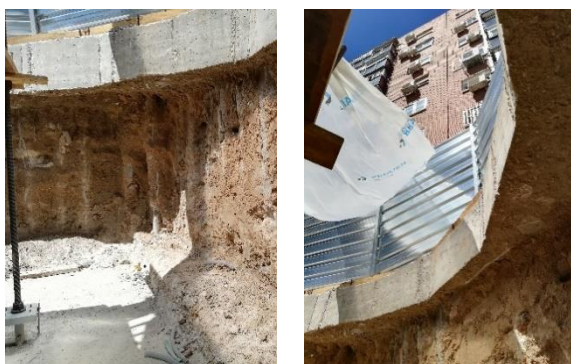


Figura 16. Pantalla de micropilotes junto al edificio de la C/ Ricardo Ortiz (sustitución de tirantes de la pasarela de Marqués de Zafra).

En cuanto a los báculos, éstos pueden limitar el espacio existente en una rehabilitación, en tanto en cuanto su ubicación interfiere en el izado de un elemento estructural. En estos casos, es necesario realizar el desmontaje provisional del báculo en cuestión, tal y como se llevó a cabo en la *obra de sustitución del vano V-2 de la pasarela de Ramón y Cajal*.

Si en lugar de báculos, son árboles los elementos que interfieren en las maniobras de izado de un elemento estructural, no se plantea la misma operativa del “desmontaje provisional”. En estos casos, si la carga lo

admite, se puede emplear maquinaria de izado de menor envergadura como son las “minigrúas”, las cuales se adaptan mejor a espacios más limitados por obstáculos. Como ejemplo, en el *proyecto de rehabilitación de la pasarela del parque de la Bombilla PE0912*, se propuso izar el nuevo tramo de rampa de 17 m de longitud formado por dos celosías mediante dos minigrúas al ser un emplazamiento con abundante arbolado (Figura 17).

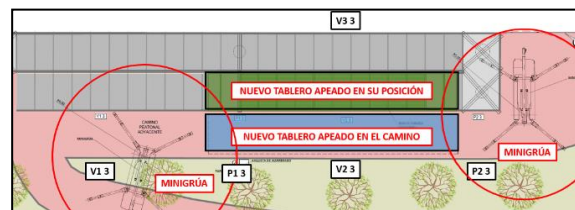


Figura 17. Izado con minigrúas (rehabilitación de la pasarela de la Bombilla PE0912).

Por otra parte, la existencia generalizada de árboles en una ciudad como Madrid hace que la caída de las hojas produzca la colmatación de los elementos de drenaje. Este fenómeno, no solamente sucede en los parques, sino también ocurre en los elementos de drenaje de las estructuras. En particular, en la *obra de rehabilitación de la pasarela de la CEA*, se llevó a cabo la instalación de una canaleta de drenaje con rejilla continua en toda su longitud. A los pocos meses de finalizar la obra se comprobó que la canaleta estaba colmatada habiendo tierra y hojas acumuladas que impedían el correcto drenaje de la plataforma (Figura 18).



Figura 18. Canaleta (izquierda) y sumidero (derecha) obturados en la pasarela de la CEA.

A la vista de lo sucedido, en la *obra de rehabilitación del puente de la Lira sobre la M-30*, se sustituyó la canaleta prevista en proyecto por un caz de hormigón. Con esta solución, se ha comprobado que en el caz no se acumulan materiales, aunque los sumideros, que sí

presentan rejillas, se encuentran obturados (Figura 19).



Figura 19. Caz de hormigón (izquierda) y sumidero obturado (derecha) en el puente de la Lira.

En definitiva, el caz es un sistema bastante limpio que arrastra los materiales con la circulación del agua mientras que las canaletas con rejillas son propensas a acumular materiales, por lo que requieren trabajos de limpieza frecuentes para garantizar el drenaje.

Un fenómeno que sucede en las ciudades es el vandalismo, el cual también afecta a las estructuras, al ser un elemento más de la ciudad. Estos actos vandálicos comprenden pintadas, roturas de elementos e incendios.

Frente a las pintadas se ha actuado ejecutando murales decorativos o aplicando tratamientos antigraffiti, a veces con éxito y a veces sin éxito en ambos casos.

Para combatir la rotura intencionada de elementos de barandillas o cerramientos se pueden instalar elementos de seguridad que impidan dichas roturas. Como ejemplo, en la *obra de rehabilitación del puente de la Lira sobre la M-30* se soldaron piezas en los extremos de las barras del cerramiento para evitar el desmontaje intencionado de dichas barras que ya éste se había producido en algunas de ellas antes de ejecutar la obra (Figura 20).



Figura 20. Ausencia de barra en cerramiento (izquierda) y pieza en extremo de la barra para evitar su retirada (derecha) en el puente de la Lira.

Otra actuación asociada a combatir el vandalismo es la eliminación de puntos ciegos en

las estructuras que generan zonas inseguras para los peatones. Un ejemplo de esta intervención se llevó a cabo en el *proyecto de rehabilitación del muro situado en la calle Virgen de la Paz, 15*, en el que se realizó la sustitución del peto de ladrillo existente sobre el muro por una barandilla (Figura 21), haciendo así que el itinerario peatonal superior sea visible desde la zona inferior de la calle Virgen de la Paz.



Figura 21. Eliminación de puntos ciegos en el camino existente en la calle Virgen de la Paz.

4. Conclusiones

La rehabilitación de estructuras urbanas presenta un reto para la ingeniería al estar localizadas en un entorno exigente donde conviven el tráfico, el peatón y los servicios urbanos. Por ello, las actuaciones, que se proyectan en papel y se ejecutan en obra, deben adaptarse a estos condicionantes para minimizar su afección.

Además, la accesibilidad de las estructuras urbanas permite evaluar con el tiempo si las intervenciones de rehabilitación han cumplido con los objetivos previstos. Todo ello permite aprender de los errores y mejorar la calidad de las rehabilitaciones en el futuro.

Agradecimientos

Al Ayuntamiento de Madrid, Madrid Calle 30 y empresas Contratistas por su colaboración durante la redacción de proyectos y asistencia técnica en obra, lo que hace que la rehabilitación de estructuras sea más sencilla en un entorno tan complejo como es Madrid.