

# REHABILITACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL TÚNEL FERROVIARIO MADRID-BARCELONA EN EL GARRAF

(Barcelona)



## PRODUCTOS MAPEI

### **Contención de cloruros, pasivado de armaduras:**

- **MAPEFER 1K**, mortero cementoso, anticorrosivo, monocomponente, para la protección de los hierros de la armadura. Conforme a la norma europea EN 1504-7.

### **Desolidarización:**

- **DISARMANTE DMA 2000**, desencofrante universal de acción físico-química.

### **Protección catódica:**

- **MAPESHIELD I**, ánodos de zinc puro revestidos de una pasta conductiva especial, para la protección catódica galvánica del acero contra la corrosión, en estructuras nuevas o a restaurar.
- **MAPEGROUT COLABILE**, mortero fluido fibrorreforzado, de retracción controlada, para la reparación del hormigón. Conforme a la norma europea 1504-3 para los morteros estructurales de clase R4.

- **MAPEGROUT T40**, mortero tixotrópico, fibrorreforzado, de resistencia media (40 MPa), para la reparación del hormigón. Conforme a la norma europea 1504-3 para los morteros estructurales de clase R3.

#### **Impermeabilización y protección:**

- **PRIMER 3296**, imprimador acrílico en dispersión acuosa, consolidante y antipolvo.
- **MAPELASTIC FOUNDATION**, mortero cementoso bicomponente elástico, para la impermeabilización de superficies de hormigón sometidas a presión hidráulica positiva o negativa. Conforme a la norma europea 1504-2 según los principios PI, MC e IR. Clasificado CM01P conforme a la norma europea EN 14891.

#### **Anclajes estructurales:**

- **MAPEFIX EP 385**, fijación química para cargas estructurales a base de resina epoxídica pura, certificada según las normativas Europeas ETA opción 1 (fijación en hormigón en zona de traccionada o comprimida), ETA REBAR (fijación de armadura adicional), ETA opción CORE DRILL (fijación en orificios realizados con broca tubular), ETA seismic performance C1 y C2 (fijación en zona sísmica) y con certificación de resistencia al fuego.

#### **Refuerzo estructural con sistema FRP:**

- **MAPEWRAP PRIMER 1**, imprimador epoxídico específico para el sistema MapeWrap.
- **MAPEWRAP 3I**, adhesivo epoxídico de viscosidad media para la impregnación de MapeWrap.
- **MAPEWRAP C UNI-AX W**, tejido unidireccional de fibra de carbono, de alta resistencia y elevado módulo elástico.

*El sistema MapeWrap está avalado por el DIT n°549R/20 emitido por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.*

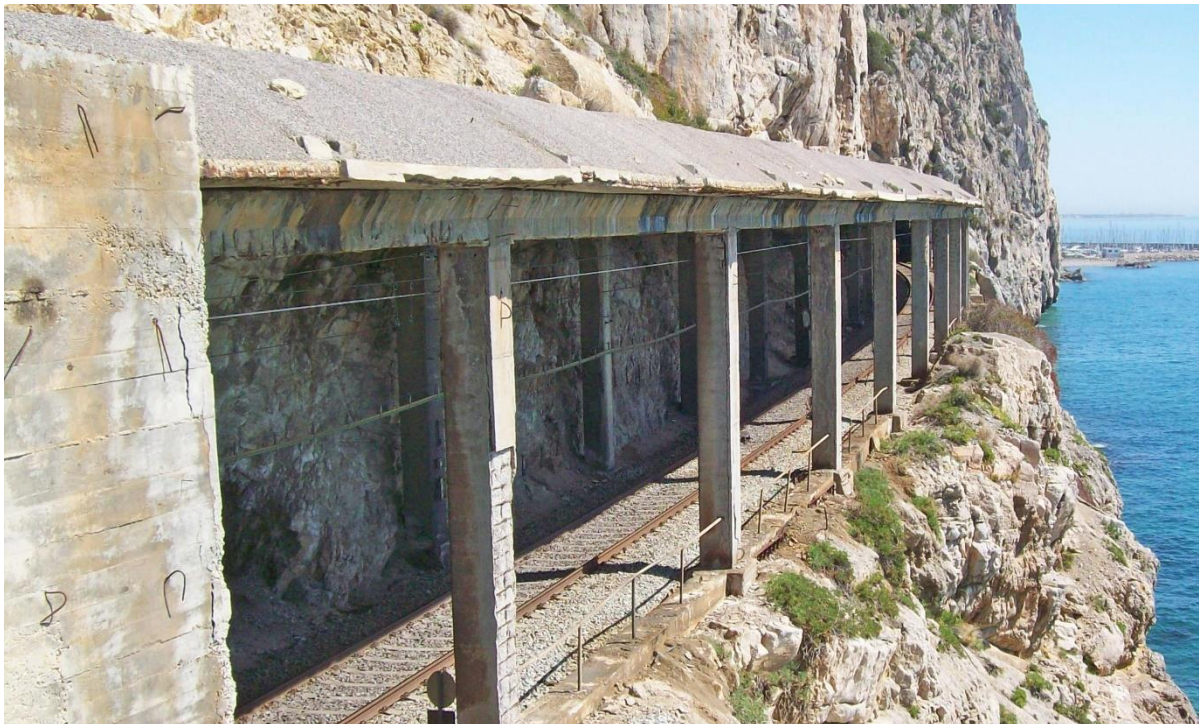
#### **FICHA TÉCNICA**

- **Promotor:** ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias)
- **Diseño de la solución:** ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) José María Arias y Javier Castellón, Infraes (Ingeniería de infraestructuras, S.A.)
- **Dirección de la Asistencia Técnica:** Javier Castellón, Infraes (Ingeniería de infraestructuras, S.A.)
- **Constructora:** COMSA
- **Aplicadora:** Rehabilitacions Pons S.L.
- **Periodo de la intervención de Mapei:** 2019 – 2020

El túnel artificial 98bis de la línea ferroviaria Madrid-Barcelona Sants, a su paso por el El Garraf, fue ejecutado a principios de la década de los 80 con objeto de proteger la vía del ferrocarril ante la posible caída de bloques del acantilado y de la ladera suprayacente.

En abril de 2017, como consecuencia del elevado riesgo que representaban posibles impactos en los vehículos en circulación, generados por los desprendimientos de pequeños bloques de la estructura, ADIF decidió declarar la rehabilitación de la estructura del falso túnel como obras de emergencia. Estas incidencias se estaban produciendo como consecuencia de un muy avanzado estado de degradación de la estructura de hormigón del falso túnel, consecuencia directa de las condiciones ambientales derivadas de la agresión marina, agravadas por la calidad de los materiales y por los sistemas de ejecución utilizados para su construcción.

Se pudo constatar que el hormigón estructural presentaba una elevada concentración de cloruros, que en ciertos elementos de la misma (pilares y jácenas) llegaban a alcanzar el núcleo de las piezas. Dicha intensa presencia de cloruros provocaba la corrosión y expansión de las armaduras, además de alteraciones del resto de materiales, lo cual ponía la estructura en riesgo.



La ingeniería encargada del proyecto de rehabilitación de la estructura propuso una serie de soluciones que, en síntesis, se basaron en las siguientes ideas principales:

- Saneado de las zonas de hormigón que presentaban mayor contaminación por cloruros.
- Creación de una membrana aislante que hiciera de barrera y evitara la difusión inversa de los agentes de contaminación del hormigón, especialmente cloruros, que aún permanecieran en las piezas a rehabilitar, hacia las zonas estructurales recuperadas.
- Construcción de coronas o capas de refuerzo que recuperaran la sección estructural primitiva y ofrecieran una imprescindible y duradera protección físico-química externa.

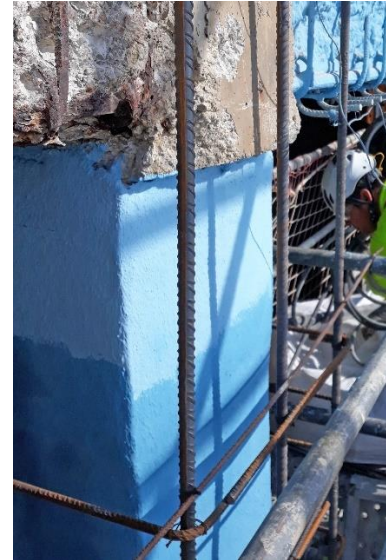
En base a los requerimientos del proyecto, Mapei, como fabricante de productos para la rehabilitación y protección del hormigón armado, estudiamos, ensayamos y finalmente aportamos las soluciones adecuadas en cada uno de los elementos estructurales del túnel a rehabilitar.

## **PILARES**

Una vez preparados los pilares, dejando una superficie lo más lisa posible para restarle adherencia mecánica por rugosidad, se aplicó el mortero cementoso, anticorrosivo, monocomponente **MAPEFER 1K** en 3 capas, con un espesor total no inferior a 3 mm.

En el caso de **MAPEFER 1K**, el aspecto más relevante en su aplicación en los pilares era su impermeabilidad, dado que la difusión de los cloruros se produce, o bien por absorción de agua en la red capilar seca, o bien por gradiente de concentraciones en la red capilar saturada de agua. Así pues, si evitábamos el paso del agua, evitábamos también la difusión de los cloruros desde el núcleo hacia la nueva corona armada de refuerzo.

El siguiente paso fue neutralizar la cualidad de **MAPEFER 1K** como promotor de adherencia mediante el desencofrante **DMA 2000**. Además del efecto antiadherente propio de los aceites, los aditivos que incorpora **DMA 2000** reaccionan con la pasta del cemento del mortero u hormigón y crean una película separadora. De este modo se podía asegurar que la nueva corona a formar pudiera entrar en carga de manera independiente a los pilares, tal y como se planteó en proyecto.



Las armaduras de la nueva corona se dejaron desnudas para recibir una protección catódica galvánica mediante ánodos de sacrificio **MAPESHIELD I**, que luego quedarían embebidos en la masa del mortero. Cada ánodo contiene 245 gr de zinc puro lo que, para una armadura nueva, viene a suponer una protección de unos 40 años.



La formación de la corona de recrecio del núcleo se efectuó mediante vertido en encofrado del mortero fluido fibrorreforzado de retracción controlada de clase R4 según la norma EN 1504-3 **MAPEGROUT COLABILE** con la adición de un 50% de árido 6-10.

En los capiteles de los pilares, se complementó la intervención con el refuerzo mediante el encamisado con el sistema **FRP** conformado por bandas del tejido unidireccional de fibra de carbono, de alta resistencia y elevado módulo elástico **MAPEWRAP C UNI-AX W**, adheridas al soporte mediante el adhesivo epoxídico de viscosidad media específico **MAPEWRAP 31** (previa aplicación del imprimador epoxídico **MAPEWRAP PRIMER 1**), según lo establecido en el Documento de

Idoneidad técnica DIT n°549R/20 emitido por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para el sistema **MAPEWRAP**.



Como capa de acabado y de alta protección se aplicó el mortero cementoso bicomponente elástico **MAPELASTIC FOUNDATION**, que destaca no solo por su impermeabilidad sino también por su alta resistencia a los cloruros.



## JÁCENAS

En el caso de las jácenas, la aplicación de **MAPEFER 1K** cumplió la función de membrana impermeable al paso de cloruros desde el exterior, a la vez que actuaba como promotor de adherencia para el mortero de reparación que recibiría posteriormente. Las pruebas de adherencia efectuadas previamente en el taller del Departamento de Asistencia Técnica de Mapei, dieron resultados muy por encima de los exigibles por la norma 1504-3 para morteros de reparación estructural de clase R3 o R4.

A continuación se propuso la colocación de la armadura suplementaria de conexión especificada en el proyecto por razones estructurales, con el anclaje químico **MAPEFIX EP 385**, certificado para la transmisión de cargas estructurales, incluso en zonas traccionadas.

También en la armadura suplementaria se colocaron los ánodos **MAPESHIELD I**, como protección catódica galvánica, y se recreció la sección de las jácenas con **MAPEGROUT COLABILE** adicionándole un 50% de árido 6-10.



Finalmente se protegió el conjunto con **MAPELASTIC FOUNDATION**, como en el caso de los pilares.



## CONTRAFUERTE Y PRELOSAS

En los contrafuertes de la estructura también se contempló el uso de **MAPEFER 1K** como barrera frente a los cloruros del núcleo y como capa adherente para recibir el posterior mortero de reparación, en este caso el mortero tixotrópico fibrorreforzado de reparación estructural de clase R3 según la norma EN 1504-3 **MAPEGROUT T40**. Finalmente, se protegieron con **MAPELASTIC FOUNDATION**, como el resto de la estructura.



En el caso de las prelasas que cubren el falso túnel, previa preparación eliminando el óxido de las armaduras, se aplicó **MAPEFER 1K** como protección directa anticorrosiva sobre las mismas, se recuperó el volumen con **MAPEGROUT T40** proyectándolo y se protegió toda la superficie de las prelasas con **MAPELASTIC FOUNDATION**.

