

TÚNEL “EL CORNO”

Paso por falla en el p. k. 401+740

CONCEPCIÓN Gómez

Ingeniera Técnica
de Obras Públicas.
Técnico Departamento
Obras Subterráneas.
Grupo Isolux



DANIEL Del Valle

Ingeniero de Minas.
Jefe de túnel.
Grupo Isolux



RESUMEN

El túnel del Corno –vía derecha e izquierda– pertenece al ‘Proyecto de construcción de Plataforma Corredor Norte-Noroeste de Alta Velocidad. Línea de Alta Velocidad Madrid-Galicia’ de ADIF.

Estos túneles destacan por ser de los más largos excavados hasta la actualidad con medios convencionales teniendo una longitud de 8.525 m la vía derecha y 8.534 m la vía izquierda. En total se excavó una longitud de 17.565 m entre túneles y 23 galerías de comunicación.

Se expone en este artículo la excavación y paso de falla en el p. k. 401+740, análisis de la situación con unas condiciones hidrogeológicas y terreno completamente desfavorable.

PALABRAS CLAVE

Falla, milonita, bulón de fibra de vidrio, cercha, auscultación

ABSTRACT

The tunnel of the Corno Right & Left Track is part of the high-speed north-northwestern corridor Madrid Galicia platform project.

These tunnels stand out for being the longest excavated to date with conventional means having a length of 8,525 m on the right track and 8,534 m on the left track.

In total, a length of 17,565 m was excavated between tunnels and 23 communication galleries.

It is exposed in this article the excavation and crossing of a fault in the p. k. 401 + 740, the analysis of the situation with hydrogeological conditions and a completely unfavorable ground.

KEYWORDS

Fault, mylonites, fiber glass bolt, truss, auscultation

1

Descripción de la obra

Situación del túnel

El tramo Túnel de El Corno pertenece a la Red Ferroviaria de Altas Prestaciones, Corredor Ferroviario Norte-Noroeste, tramo entre Lubián y Ourense y se basa en el Proyecto de Construcción de Plataforma del Corredor Norte-Noroeste de Alta Velocidad. Línea de Alta Velocidad Madrid-Galicia. El proyecto se desarrolla íntegramente en el término municipal de Laza, en la provincia de Ourense.

La ejecución del túnel, vía derecha, fue adjudicada a la UTE Túnel Corno Vía Derecha, formada por Corsán Corviam Construcción S.A.-Taboada-Ramos S.L., mientras que la vía izquierda fue adjudicada a la UTE Cerdedelo Prado, formada por Construcciones y Promociones Coprosa, S.A., Construcciones Rubau, S.A. e Ingeniería del Suelo y Explotación de Recursos, S.A. pero ejecutado por Corsán Corviam.

Cabe destacar a nivel constructivo que a lo largo del trazado, la vía proyectada cruza bajo la línea de ferrocarril actual Madrid-Galicia en varios puntos manteniéndose durante las obras el servicio ferroviario por la vía actual. En este sentido, todos los cruces previstos con la línea actual se realizaron en túnel y con un espesor de montera que garantizaba la continuidad del servicio por la vía actual durante las obras.

Sección tipo

Las dimensiones más características de cada sección son:

- Superficie libre mínima 52,00 m²,
- Radio interior 4,38 m,
- Altura del centro sobre la cota de carril 2,77 m,
- Altura libre de la sección 7,15 m,

Estos túneles destacan por ser de los más largos excavados hasta la actualidad con medios convencionales

- Distancia entre bordes interiores de aceras 3,84 m.

Se excavaron dos secciones tipo con losa o con contrabóveda en función del tipo de sostenimiento aplicado en cada caso.

Geología-hidrogeología del túnel

En resumen, desde el punto de vista geomecánico, en los túneles de El Corno se distinguen los siguientes tipos litológicos:

- Filita, roca foliada que deriva del metamorfismo regional de una limolita-lutita, con intercalaciones arenosas finas, de calidad geotécnica media.
- Arenisca - Cuarzofilita, roca cuarcífera foliada que deriva de una arenisca de grano muy fino con intercalaciones limolíticas/lutíticas, de calidad geotécnica media a buena.
- Lidita, roca de origen aloquímico formada esencialmente por sílice coloidal; su calidad geotécnica es buena.
- Filonita, roca formada por la deformación dúctil de filitas; su calidad geotécnica es media.
- Milonita, supone un estadio avanzado en la filonización de las rocas por deformación plástica; su calidad geotécnica es media a mala.
- Pizarras, rocas formadas por metamorfismo de bajo grado de sedimentos siliciclásticos finos, que presentan una foliación desarrollada; su calidad geotécnica es media.

- Brechas de falla formadas por cantos de la roca de caja embebidos en una matriz arcillosa; su calidad geotécnica es mala.

El desarrollo hidrogeológico va a estar ligado a las distintas discontinuidades permeables presentes en el macizo.

Sostenimientos aplicados en el túnel

A continuación, se muestran los sostenimientos que se han aplicado en el túnel.

TIPO Y APLICACIÓN (Con RMR corregido)	EXCAVACIÓN	SOSTENIMIENTO			
		Bulones de expansión (carga de rotura de 160 kN)	Hormigón proyectado	Cerchas de acero	Otros
Tipo I RMRc: > 60	Excavación a sección completa. Pases máximos de 4 m	Longitud de 4 m Malla de 2,0 x 2,0 m	H/MP/35 reforzado con fibra. 5+5. 10 cm de espesor	Ninguna	Losa de hormigón de 25 MPa
Tipo II RMRc: 50-60	Excavación a sección completa. Pases máximos de 4 m	Longitud de 4 m Malla de 1,5 x 1,5 m	H/MP/35 reforzado con fibra. 5+10. 15 cm de espesor	Ninguna	Losa de hormigón de 25 MPa
Tipo III RMRc: 40-50	Excavación a sección completa Pases de 3 m.	Longitud de 4 m Malla de 1,5 x 1,5 m	H/MP/35 reforzado con fibra. 5+15. 20 cm de espesor	Ninguna	Contrabóveda de HA-30
Tipo IV RMRc: 30-35	Excavación avance y destroza. Pases de 1 m.	Longitud de 4 m Malla de 1,5 x 1,0 m	H/MP/35 reforzado con fibra. 25 cm de espesor	Cerchas TH-29 a 1 m	Contrabóveda de HA-30
Tipo IV bis RMRc: 30-35	Excavación avance y destroza. Pases de 1,5 m.	Longitud de 4 m Malla de 1,5 x 1,5 m	H/MP/35 reforzado con fibra. 5+20. 25 cm de espesor	Cerchas TH-29 a 1,5 m	Contrabóveda de HA-30
Tipo V RMRc: <30	Excavación en avance y destroza. Pases de 1 m	----	H/MP/35 5+25 reforzado con fibra de 30 cm de espesor	Cerchas HEB-160 a 1 m con patón	Contrabóveda de HA-30
Tipo Emboquille	Excavación en avance y destroza. Pases de 1 m	----	H/MP/35 reforzado con fibra de 30 cm de espesor	Cerchas HEB-160 a 1 m con patón	Contrabóveda de HA-30

Hasta aquí se han descrito de una forma genérica los aspectos relevantes que determinan la excavación y la forma de trabajo en ambos túneles.

2 Análisis de la evolución en la excavación de la falla

Evolución de la excavación

En este apartado se va a mostrar el proceso constructivo que se siguió para controlar la excavación durante el cruce con la falla y los sostenimientos empleados.

Previamente al cruce en el p. k. 401+740 el terreno mostraba indicios de esquistosidad al hilo en el p.k. 401+722 donde se aplicaba el sostenimiento Tipo II (figura 1).

En el p. k. 401+722 se produjo la primera campana en el hastial/ hombro derecho a favor de la esquistosidad afectando a 6 m de túnel construido cuyo motivo se identificó con la afluencia de agua aunque el macizo presentaba unas condiciones razonablemente favorables (RMR básico 45 puntos y compresión simple 10-30 MPa) (figura 2).

Tras la reparación de la campana con un cerchado, relleno y refuerzo de esta zona se continuó con la excavación empleando un sostenimiento más estricto Tipo IV y pase de 1 m hasta

el p. k. 401+728 donde aparecieron unos caudales de agua en la mitad derecha de la sección con salida por los bulones y drenes del sostenimiento.

Esta situación provocó desprendimientos y aparición de grietas en pp. kk. anteriores durante la excavación del pase (figura 3).

La decisión que se tomó fue la de incorporar un paraguas de micropilotes de 6 m y reforzar los pies de las cerchas con hormigón proyectado desde el frente hasta el p. k. 401+716 (entorno donde se habían producido las grietas).

Nuevamente se inició la excavación en el frente hasta el p. k. 401+732 donde se produjo un desprendimiento en la clave que se controló con hormigón proyectado y un paraguas de micropilotes de 12 m de longitud que abarcaba toda la clave (figura 4).

Las características geotécnicas del macizo empezaron a disminuir hasta que en el p. k. 401+736 apareció una zona de milonita que abarcaba la mitad derecha de frente y un caudal de agua que provocaba el lavado de este material de modo que se generó una chimenea que se estabilizó con escollera y hormigón proyectado.

Con esta patología la solución pasaba por reforzar el terreno para que su comportamiento favoreciera el avance de la excavación. Se colocó un doble paraguas con dos finalidades:



Fig. 1. Esquema del frente en el p.k. 401+716 con tres familias de juntas



Fig. 2. Campana en el p.k. 401+722



Fig. 3. Hastial/ hombro en p.k. 401+728

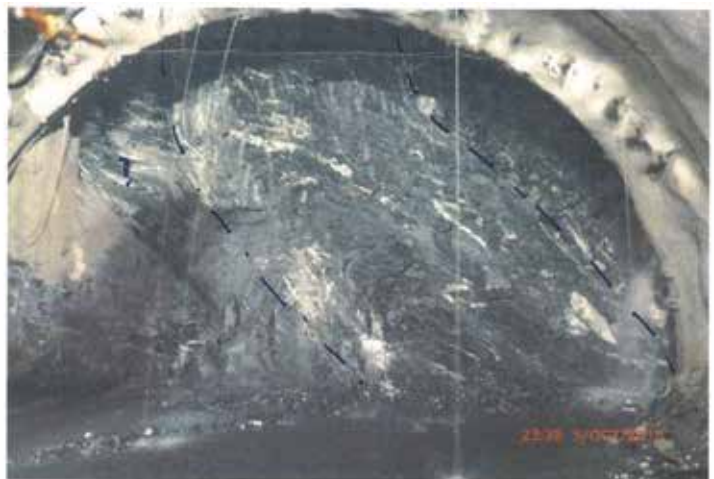
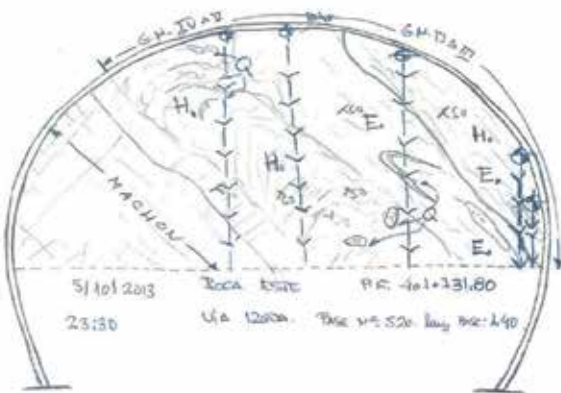


Fig. 4. Esquema del frente en p.k. 401+732



Fig. 5. Fallo parcial en el pase en hombro derecho p. k. 401+740 –a la izquierda de estas líneas–

- la primera inyectar desde el paraguas y reforzar la resistencia del terreno.

- la segunda para proteger el frente de excavación generando una contrabóveda provisional frente a un fallo del frente que afectase al sostenimiento ya ejecutado.

Aun así se produjo un fallo parcial del frente en el p.k. 401+730 que obligó a sellarlo nuevamente con hormigón proyectado y a la inyección con resinas bi-componentes.

En el p. k. 401+740 hombro izquierdo por fin apareció una calidad de terreno calificable como milonita de falla y se procedió de la misma manera con inyección con resinas (figura 5).

El avance continuó hasta llegar al p. k. 401+746 en el cual las condiciones del frente mejoraron progresivamente hasta quedar un 25 % de la sección en hastial izquierdo algo alterado y el resto de macizo sano. A partir de dicho punto los tratamientos y medidas de refuerzo se redujeron progresivamente hasta considerar la falla atravesada en el p. k. 401+740, punto en el que se eliminaron las cerchas y se retomó el sostenimiento Tipo II.

En la figura 6 se muestra el resumen de actuaciones que se han realizado hasta pasar la zona de la falla.

Análisis de las convergencias

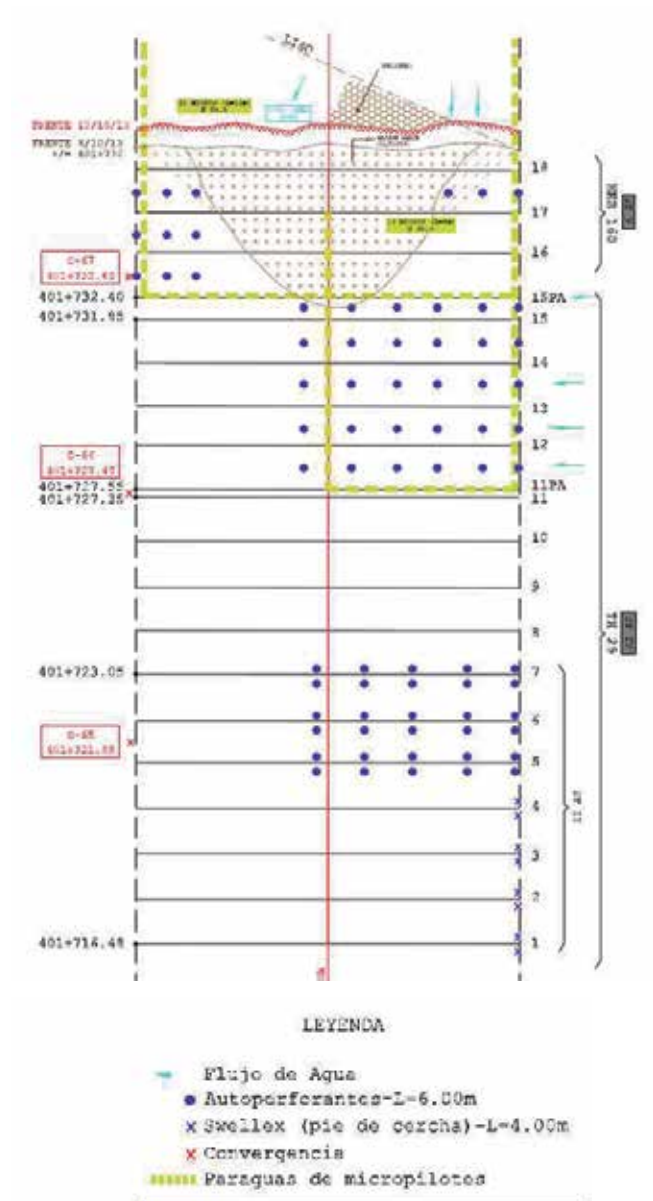
En el esquema anterior se pueden observar tres secciones de convergencia situadas en los pp. kk. 401+721,85 C-66, 401+727,40 C-67 y 401+732 C-68 que son las que han permitido el análisis del comportamiento del túnel. Vamos a mostrar el análisis en las secciones de convergencia C-66 y C-77

- Sección de convergencia C-66 en p. k. 401+721

Para ubicarnos temporalmente en el p. k. 401+722 es donde se produjo la primera campana en el hombro derecho. La interpretación de las cuerdas de convergencia muestran el esquema que se expone en la figura 7.

Se muestra una situación de clavado del hastial derecho compatible con materiales de peores condiciones geotécnicas situados en esa zona y que el desplazamiento está ligado a la inestabilidad del frente como así se ha demostrado al reajustar

Fig. 6. Resumen de actuaciones –bajo estas líneas–



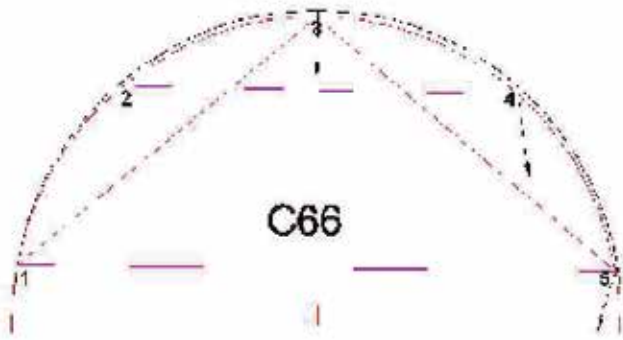
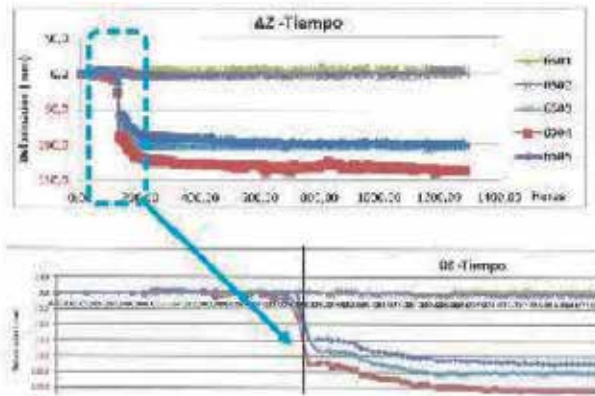


Fig. 7. Comportamiento de las cuerdas de la convergencia C66

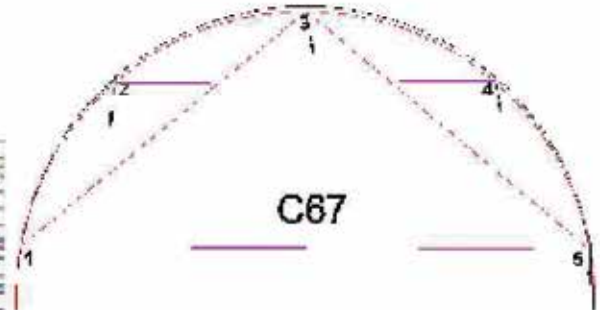
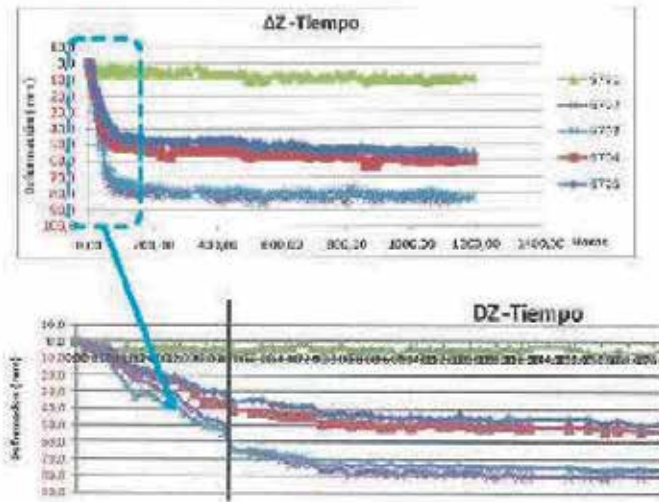


Fig. 8. Comportamiento de las cuerdas de la convergencia C67

las cargas del anillo con los bulones de 6 m y estabilizar el frente con el paraguas 4 m más adelante.

- Sección de convergencia C-67 en p. k. 401+732,60
 En esta sección se instala con el frente detenido y es donde se produce el episodio de inestabilidad con desprendimiento en la clave. El esquema de las cuerdas de convergencia corresponde a la figura 8.

No existe un histórico de mediciones y por tanto no se puede observar la tendencia así que los desplazamientos de las cuerdas fueron coherentes con el clavado de la sección en el hastial derecho y compatible con las peores características geotécnicas en dicha zona.

3 Conclusiones sobre el comportamiento de la excavación

Los condicionantes básicos para la excavación en el entorno de la falla p. k. 401+740 han sido básicamente la aparición de unos materiales de características geotécnicas muy

desfavorables junto con la presencia de caudales elevados de agua.

Estos condicionantes han impedido el avance en condiciones normales o con medidas de protección convencionales, y se han tenido que realizar actuaciones extraordinarias y urgentes. Hay que señalar que la mayor parte de los desplazamientos registrados se relacionan con fenómenos de clavado con descenso en clave y hombro nada despreciables (del orden de 100-150 mm) ligados a sollicitaciones en la zona del frente.

Una vez atravesada la falla, la evolución de las convergencias ha sido satisfactoria no teniéndose constancia de nuevos aprietes con necesidades adicionales de refuerzo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al equipo de obra formado por la UTE Cerdedo Prado por la información facilitada y a las empresas Construcciones y Promociones Coprosa, S.A., Construcciones Rubau, S.A. e Ingeniería del Suelo y Explotación de Recursos, S.A. por la colaboración recibida para la redacción de este artículo. ☺

+ desarrollo sostenible

Más que agua

Talento, conocimiento y compromiso.
Aportamos respuestas adecuadas
para una gestión más eficiente.
Compartimos conocimiento
y generamos innovación.
Trabajamos por un futuro basado
en el compromiso y la cooperación.

www.aqualogy.net



AQUALOGY
Where Water Lives

SOLUCIONES INTEGRADAS
DEL AGUA PARA UN
DESARROLLO SOSTENIBLE