

GESTIÓN DE LAS CONDICIONES INVERNALES EN EL TÚNEL DE BIELSA – ARAGNOUET Y SU MEJORA EN LA SEGURIDAD

Patrick Persona

Consortio para la Gestión, Conservación y Explotación del Túnel de Bielsa – Aragnouet y sus accesos, Carretera A-138, PK 91.184, Parzán, CP 22365, Huesca

PATRICK@BIELSA-ARAGNOUET.ORG

Fernando Portugués Salgado

Geocontrol, S.A., Jefe de Unidad de Asistencia Técnica en las obras de modernización del Túnel de Bielsa.C/Cristóbal Bordiú, 19-21, 5ª planta, CP 28005, Madrid

fportugues@geocontrol.es

Daniel Octavio de Toledo

Geocontrol, S.A.- Ayudante de Jefe de Unidad de Asistencia Técnica en las obras de modernización del Túnel de Bielsa

danieltoledo@geocontrol.es

RESUMEN

El Túnel de Bielsa – Aragnouet es un túnel transfronterizo que conecta la comunidad de Aragón (España) con la región de Altos Pirineos (Francia), estando situado a unos 1750m de altitud media. Es imprescindible una adecuada gestión de avalanchas y de los problemas relacionados con la presencia de agua debido a la altitud para garantizar que el túnel pueda permanecer abierto al tráfico.

El Consorcio del Túnel de Bielsa es el organismo binacional encargado de la Gestión, Conservación y Explotación del túnel y sus accesos desde junio de 2008. Entre sus objetivos está mantener el túnel abierto 24h al día, 365 días al año, para lo cual es necesaria una correcta gestión de las avalanchas en los accesos del túnel.

Además, las obras de modernización del Túnel de Bielsa – Aragnouet realizadas entre 2009 y 2013 han permitido implementar las mejoras necesarias en la infraestructura para combatir los problemas relacionados con la presencia de agua en el interior del túnel.

1. DESCRIPCIÓN DEL TUNEL DE BIELSA

El Túnel de Bielsa – Aragnouet tiene una sección de 35,6 m², en herradura con bóveda rebajada y está ubicado en el norte de Huesca, conectando la comunidad de Aragón en España con el Departamento de Altos Pirineos en Francia. El Túnel de Bielsa-Aragnouet es, tras el Somport y el Portalet, el tercer paso internacional transpirenaico en Aragón.

En la **Tabla 1** se presentan las características del Túnel de Bielsa - Aragnouet:

Número tubos	1	Pendiente media	5,11%
Número carriles por tubo	2	Área transversal	35,6m ²
Tipo circulación	Bidireccional	Perímetro	23,05m
Longitud	3.070m	Gálibo establecido	4,3m
Longitud tramo español	1.306m	Altura en clave	5,38m
Longitud tramo francés	1.764m	Anchura útil máxima	7,5m
Cota Boca Sur	1.664m	Anchura calzada	6m
Cota Boca Norte	1.821m	Anchura aceras	0,75m

“Tabla 1 - Características principales del Túnel de Bielsa - Aragnouet.”

En la **Figura 1** se muestra la ubicación del Túnel de Bielsa – Aragnouet, mientras que en la **Fotografía 1** se muestran las entradas norte y sur del mismo.



“Figura 1 - Ubicación del Túnel de Bielsa – Aragnouet.”



“Fotografía 1 - Boca Norte y Boca Sur del Túnel de Bielsa – Aragnouet.”

La gestión del Túnel de Bielsa - Aragnouet la realiza el Consorcio Túnel de Bielsa – Aragnouet (en adelante Consorcio) desde junio de 2008, un organismo binacional

formado por miembros del Gobierno de Aragón y del Conseil Général de Altos Pirineos (departamento francés 65).

2. GESTIÓN DEL TÚNEL EN PERIODO INVERNAL

En este punto se detalla por una parte la gestión del túnel desde su inauguración, haciendo énfasis en la limitación por problemas invernales, y por otra, se describe la gestión de aludes realizada por el Consorcio Túnel de Bielsa [1].

2.1. Histórico de la gestión del túnel:

A continuación se describe la cronología de la gestión del Túnel de Bielsa - Aragnouet en la **Tabla 2**:

Periodo	Disponibilidad túnel	Acciones emprendidas
1976-1987	Cierre en invierno	-
1987-1995	Cierre nocturno en invierno	Obras de protección activa y pasiva. PIDA (Plan para el desencadenamiento artificial de aludes) Gaz-ex por la mañana antes de abrir la carretera. Si avalancha espontánea importante: Comisión de Seguridad bajo la autoridad de la Préfecture 65. Informe de riesgo residual tras un acontecimiento.
1995-1997	Cierre nocturno en invierno	Realización de sondeos por golpeo en estación de Piau – Engaly semanalmente para seguimiento del nivel de nieve.
1997-2000	Cierre nocturno en invierno	RTM (Restauration des Terrains en Montagne) realiza sondeos semanalmente en entorno del túnel a 2.210m de altitud (correspondiente a mayoría de cuencas generadoras de aludes).
2000-2001	Cierre nocturno en invierno	Creación oficial del puesto de sondeo con Météo - France (mejora la localización del emplazamiento).
2001-2002	Cierre nocturno en invierno	Primer convenio con el Conseil Général 65 con objeto de ofrecer información precisa y objetiva a la Comisión de Seguridad (quien decide la apertura o cierre de la carretera de acceso). Realización del ensayo de corte tipo canadiense para precisar las inestabilidades.
2002-2004	Cierre nocturno en invierno	Realización de informes con gráficas y comentarios sobre el riesgo de avalancha, transmitidos automáticamente a Conseil Général 65, Dirección Departamental de Fomento, al alcalde de Aragnouet y a la Préfecture.

“Tabla 2 - Histórico de la gestión del Túnel de Bielsa.”

Periodo	Disponibilidad túnel	Acciones emprendidas
2004-2006	Cierre nocturno en invierno	Realización de informes más amplios, que proporcionan el nivel de peligro de avalancha (escala europea de riesgo) y la probabilidad de alcanzar la carretera.
2006-2007	Cierre nocturno en invierno	Realización de informes más amplios, indicando la probabilidad de que un desplazamiento de nieve alcance la carretera. Elaboración de informes e investigaciones por cada canal, indicando el riesgo asociado a cada uno.
2007-2008	Cierre nocturno en invierno	Segundo convenio con el Conseil Général 65, con elaboración de informes más exhaustivos.
2008-2009	Abierto las 24h los 365 días	Gestión de los accesos al túnel por el Consorcio desde junio de 2008. El Consorcio toma la decisión de la apertura o cierre de los accesos a través de los informes de RTM, que incluyen las condiciones generales de la nieve en el entorno del túnel, las condiciones nivológicas y meteorológicas, diagrama de sondeos y Matriz de Riesgo sobre la probabilidad de alcanzar la carretera. Existe un informe para vertiente francesa y otro para la española. Los informes de la agencia española de meteorología AEMET se incluyen en el informe.
2009-2010	Abierto las 24h los 365 días	Los informes incorporan una previsión de fin de semana. Si el informe es desfavorable, se puede hacer más ensayos entre semana.
2010-2011	Abierto las 24h los 365 días	Se dispone de más información gracias a la estación automática "Nivôse" para la vertiente francesa. Se conoce la cantidad de nieve acumulada en el suelo, la temperatura y el viento, con una precisión de 1 - 2 h. Météo - France emite una previsión meteorológica de 4 días del entorno del túnel en fracciones de 3h.
2010-2013	Abierto las 24h los 365 días	Obras de mejora para combatir problemas invernales en el interior del túnel.

“Tabla 2 - Histórico de la gestión del Túnel de Bielsa – Aragnouet.”

Las dificultades derivadas de las desfavorables condiciones invernales para la conservación de este túnel y en las carreteras directamente vinculadas a él, sobre todo, en la vertiente francesa, han supuesto constantes cierres de la infraestructura desde la inauguración del túnel en el año 1976.

El Gobierno de Aragón y el Consejo General del Departamento de los Altos Pirineos han trabajado conjuntamente durante estos últimos años en relación con la mejora de la seguridad del Túnel transpirenaico.

Fruto de este trabajo fue la creación, en Junio de 2008 de un **Consorcio para la Gestión, Conservación y Mantenimiento del Túnel Transpirenaico de Bielsa-Aragnouet y sus accesos**. El Servicio RTM (Restauration des Terrains en Montagne) colabora desde 2008 con el Consorcio en materia de caracterización del riesgo, realizando sondeos y análisis en las zonas nevadas, para mantener abierto el paso fronterizo las 24 horas, 365 días al año.

Una de las principales tareas del Consorcio, además de la gestión de la vialidad invernal en los accesos al túnel, ha sido abordar la mejora de la infraestructura en el interior del túnel, para lo cual se han acometido las obras de modernización en el periodo 2009-2013 [2].

2.2. Gestión de aludes

A continuación se describe la gestión realizada por el Consorcio para el desencadenamiento artificial de aludes de forma controlada.

2.2.1. Mapas de aludes

Las zonas de aludes son canales o vertientes que desembocan directamente sobre las carreteras de acceso al túnel A-138 (vertiente española) y RD-173 (vertiente francesa).

En Francia, la carretera RD-173 se ve afectada por 28 cuencas generadoras de aludes, mientras que en España, la carretera A-138 se ve afectada por 19 cuencas generadoras de aludes, tal como se muestra en la **Figura 2**:



“Figura 2 - Cuencas generadoras de aludes en vertiente norte y sur”

2.3. Desencadenamiento artificial de aludes

Desde la creación del Consorcio en 2008, se efectúa un desencadenamiento artificial de aludes de forma controlada.

El Plan de Intervención de Desencadenamiento de Aludes, denominado PIDA, describe con precisión el procedimiento de desencadenamiento preventivo de aludes para evitar el alto riesgo que suponen las avalanchas, siempre desde el punto de vista de la cantidad de nieve caída.

Estos desencadenamientos son un medio de prevención; provocando aludes/purgas controlados de baja importancia se evitan las salidas espontáneas de mayor magnitud.

Además estos desencadenamientos preventivos permiten elegir el momento de salida del alud, lo que favorece la adopción de las medidas de seguridad necesarias.

En la puesta en marcha del PIDA, todas las medidas y reglamentos de seguridad en vigor son respetados escrupulosamente.

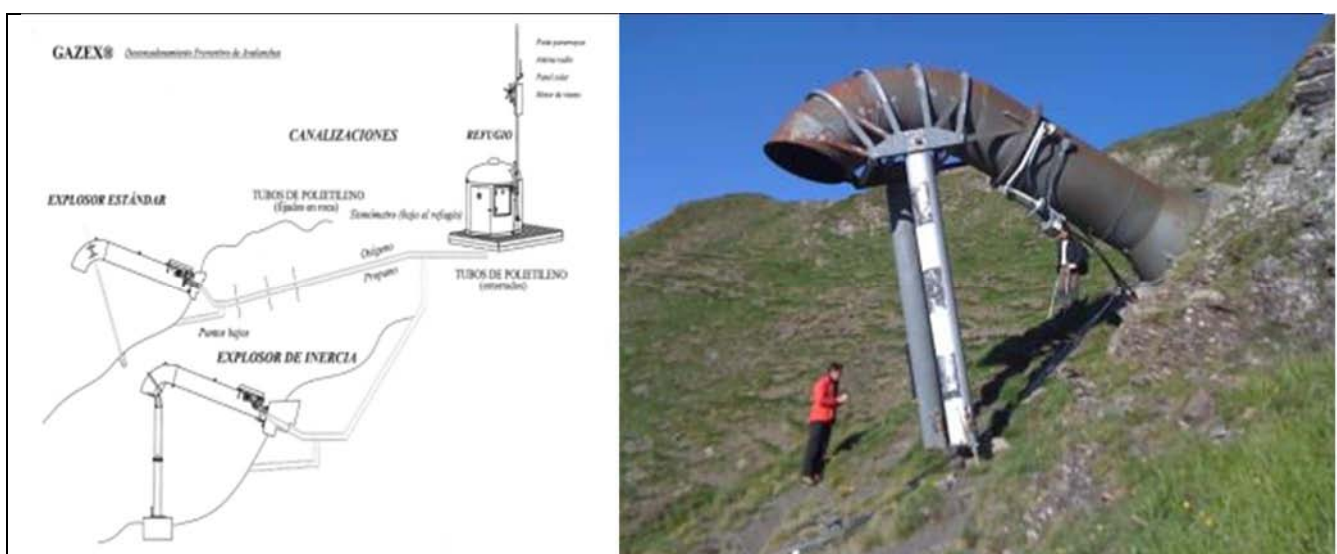
El PIDA se pone en marcha en una zona de confluencia de terrenos, servicios e infraestructuras de varias competencias, el responsable del PIDA tiene una autoridad administrativa que recoge estas competencias múltiples para autorizar el PIDA.

En el momento del desencadenamiento preventivo, el alud presenta una energía suficiente para potencialmente provocar daños, incluso víctimas sobre su trayectoria. El responsable del PIDA tiene autoridad sobre la cadena en la toma de decisiones y eventualmente sobre los grupos de intervención en el rescate.

2.3.1. Vertiente francesa

En el lado francés y debido al mayor problema de avalanchas en esta zona, se utilizan siete cañones anti-aludes tipo “Gaz-ex” como sistema de prevención para el desencadenamiento artificial de avalanchas, que durante los dos últimos kilómetros de la carretera RD-173 se convierten en la única herramienta de protección ante el riesgo de caída de aludes. Estos cañones se cargan con gas propano y oxígeno suministrados por empresas especializadas.

En la **Figura 3** se muestra la disposición de un cañón tipo Gaz-ex.



“Figura 3 - Cañón anti-aludes tipo Gaz-ex”

2.3.2. Vertiente española

Actualmente no se ha dispuesto ningún equipo fijo de desencadenamiento artificial de aludes, tipo Catex, Gazex o Avalancheur. La topografía no permite el desencadenamiento manual para tirar una carga explosiva. La efectividad de las operaciones y la seguridad de los técnicos especialistas no permite por tanto más que el uso de la técnica del tiro de explosivos mediante un explosor de gases denominado Daisybell.

En la **Fotografía 2** se muestra un explosor de gases tipo Daisybell:



“Fotografía 2 - Explosor de gases tipo Daisybell”

3. OBRAS DE MEJORA EN EL INTERIOR DEL TÚNEL

Como se ha señalado previamente, la creación del Consorcio en 2008 tuvo como objetivo disponer del túnel abierto las 24 horas del día los 365 días del año.

La primera medida llevada a cabo fue gestionar adecuadamente las campañas de vialidad invernal en los accesos al túnel. La siguiente medida emprendida fue solucionar las patologías asociadas a la presencia de agua en el interior del túnel [3].

Este problema era especialmente relevante en época invernal con temperaturas varios grados bajo cero, con la consecuente formación de témpanos y placas de hielo, generando riesgo para los usuarios del túnel. Este fenómeno era más acusado en los dos emboquilles del túnel.

Desde finales del año 2009 hasta finales del año 2012 se realizaron unas obras de mejora en la infraestructura, destinadas a limitar lo máximo posible la presencia de agua en el interior del túnel [2].

Durante la ejecución de estos trabajos surgieron otras complicaciones imprevistas, en el proyecto de ejecución, como el afloramiento de agua desde el terreno y desde las perforaciones realizadas para alojar los bulones de sostenimiento del túnel.

Las soluciones adoptadas para mitigar estas patologías se describen a continuación.

3.1. Estado inicial del túnel

En los años previos a la realización de las obras de modernización del Túnel de Bielsa, existían problemas acusados relacionados con la presencia de agua, que fueron detectados mediante inspección visual [4]:

- Filtraciones de agua a través del hormigón de revestimiento del túnel.
- Degradación del hormigón de revestimiento del túnel.
- Formación de placas y témpanos de hielo en época invernal, tanto en el paramento como en la propia calzada.

En las **Fotografías 3 y 4** se muestran formaciones de hielo que afectan la calzada.



“Fotografías 3, 4 - Formaciones de hielo en la calzada en el Túnel de Bielsa – Aragnouet”

En las **Fotografías 5 y 6** se muestran formaciones de hielo que afectan al paramento.



“Fotografías 5, 6 - Formaciones de hielo en el paramento en el Túnel de Bielsa – Aragnouet”

Por otra parte, en las **Fotografías 7 y 8** se muestran filtraciones a través del hormigón de revestimiento del túnel:



“Fotografías 7, 8 - Filtraciones en el Túnel de Bielsa – Aragnouet”

Por otra parte, en la **Fotografía 9** se muestra un ejemplo de la degradación del hormigón:



“Fotografía 9 - Degradación del hormigón de revestimiento del Túnel de Bielsa – Aragnouet”

3.2. Mejoras llevadas a cabo

Se han realizado una serie de trabajos con vistas a mejorar las patologías señaladas en el punto anterior.

Las actuaciones relativas a problemas detectados antes de las obras son las siguientes:

- Realización y reparación de drenes.
- Inyección y sellado de fisuras.
- Aplicación de lámina impermeabilizante.

3.2.1. *Drenajes realizados:*

La primera medida adoptada para combatir las filtraciones de agua a través del paramento ha sido la reparación de drenes existentes a lo largo del túnel y la realización de drenes suplementarios.

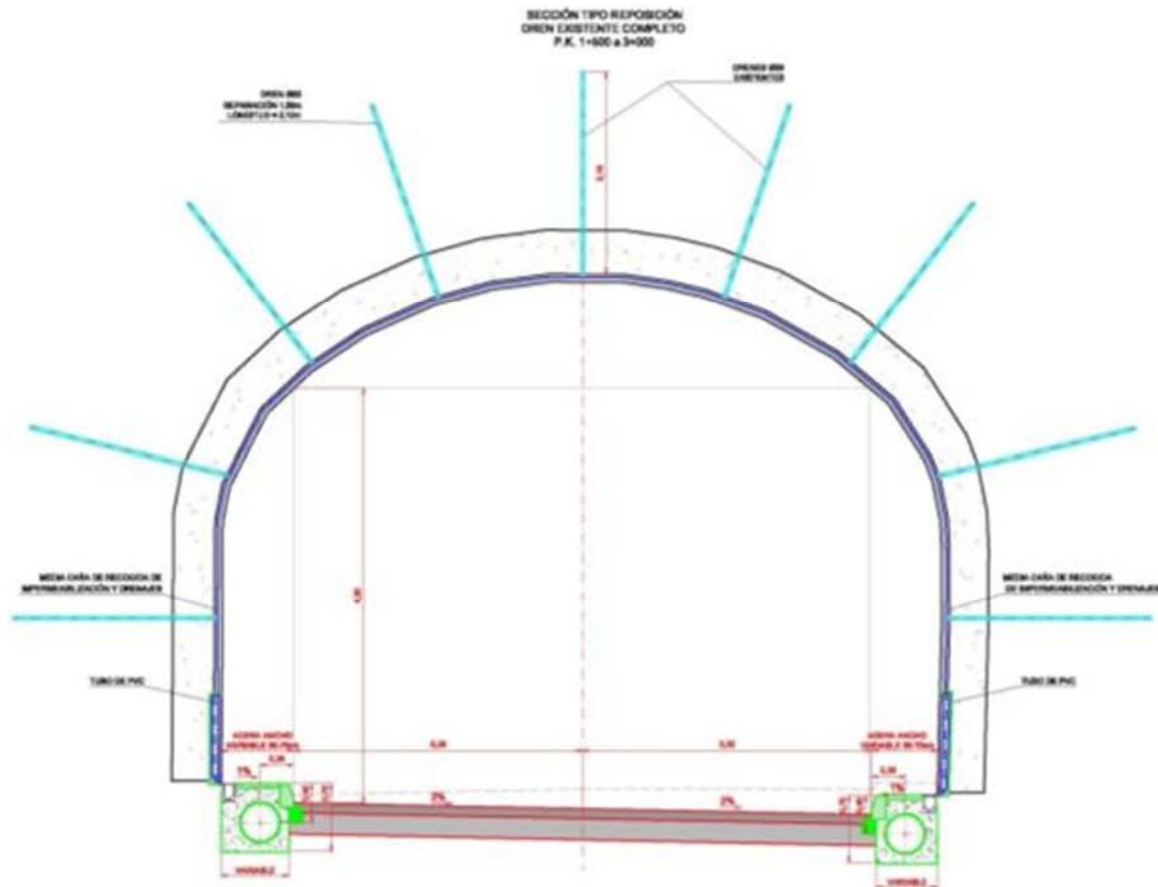
Existen 2 tipos de drenes en el túnel: drenes perimetrales y drenes californianos.

Los drenes perimetrales reciben el agua de 9 perforaciones en el paramento de 2,1m de profundidad, que se encuentran distribuidas radialmente de forma uniforme. Un tubo dren perimetral capta toda el agua y la reconduce a los colectores.

La reparación de los drenes perimetrales existentes ha consistido en la sustitución de la media caña, de la membrana aislante del frío y de la chapa metálica por otras nuevas en buen estado.

Otra actuación ha consistido en la realización de drenes californianos cada 30m en los dos hastiales del túnel. Estos drenes consisten en una perforación del hormigón de revestimiento del túnel en una profundidad de 2m, en la cual se ha introducido un tubo de PVC ranurado envuelto en geotextil, lo que permite captar las aguas del trasdós del hormigón de revestimiento sin arrastrar partículas sólidas.

En la **Figura 4** se muestra una sección transversal con drenes perimetrales.



“Figura 4 - Sección Transversal con Dren Perimetral.”

3.2.2. Tratamiento de filtraciones:

Una vez realizados los drenajes, se ha procedido al tratamiento de las filtraciones del túnel.

Es importante señalar que el tratamiento de drenaje se ha realizado con anterioridad al tratamiento de filtraciones. Esto es así porque al captar aguas del trasdós del hormigón tiene lugar una redistribución de las filtraciones.

En primer lugar, se ha realizado una inspección de las filtraciones presentes en el túnel; esto ha permitido combatir el problema en aquellas fisuras donde existen mayores filtraciones.

Se ha dejado evolucionar el tratamiento para revisarse en primavera de 2011 y 2012.

Se ha elegido la primavera como momento de comprobación por ser la época en que tiene lugar el ciclo hielo – deshielo, cuando más cantidad de agua se prevé que exista.

Las actividades que componen el tratamiento efectuado son las siguientes:

- Limpieza de las fisuras con agua a 300bar de presión: para eliminar las impurezas y carbonataciones acumuladas.
- Apertura en V de la fisura: esto facilita el sellado de la misma.
- Sellado e inyecciones de las fisuras: se ha sellado con mortero las fisuras para después realizar una inyección de las mismas con una mezcla microcemento – bentonita.

Las inyecciones han rellenado las cavidades del hormigón de revestimiento del túnel, haciendo barrera al agua y limitando su acceso al interior del túnel.

En la **Fotografía 10** se muestran algunas fases del tratamiento de filtraciones realizado:



“Fotografía 10 - Tratamiento de filtraciones”

3.2.3. Impermeabilización del túnel

Tal como se ha señalado, en los emboquilles la presencia de filtraciones de agua era más severa que en el resto del túnel. Por ello, en estas regiones se adoptó una solución diferente.

La medida adoptada consiste en la aplicación de una lámina impermeabilizante. La membrana aplicada es una membrana de base cementosa, bicapa. La primera capa es regularizante, con un espesor de 8mm; la segunda capa es impermeabilizante y su espesor es de 2mm.

Las actividades en que se divide la impermeabilización del túnel en estas regiones son las siguientes:

- Fresado del hormigón de revestimiento degradado, con un espesor de 5cm.
- Taponado de vías de agua mediante mortero o drenajes, actividad imprescindible para asegurar la efectividad de la lámina y su correcto fraguado.
- Aplicación de la capa regularizante de la lámina impermeabilizante.
- Aplicación de la capa impermeabilizante de la lámina.

La **Fotografía 11** muestra algunas fases de la aplicación de la lámina impermeabilizante:



“Fotografía 11 - Aplicación de la lámina impermeabilizante”

3.2.4. *Medidas anticongelación*

Se han llevado a cabo algunas medidas con vistas a evitar la congelación del agua en el interior de las tuberías de protección contra incendios y en las salas técnicas.

- Calorifugado de la tubería de protección contra incendios e instalación de cable calefactor:

La tubería de protección contra incendios se encuentra bajo el carril izquierdo, en sentido de España hacia Francia, a 1m de profundidad, embebido en un prisma de hormigón.

Para reforzar el aislamiento térmico de la tubería, ésta se ha calorifugado con una manta de fibra mineral en los primeros 500m de cada emboquille y en el tramo desde la sala de bombas hasta el túnel.

Además, en el tramo de la tubería en la sala de bombas, se ha dispuesto un cable calefactor abrazando la tubería, que se acciona al detectar una temperatura ambiente inferior a 5°C.

- Colocación de aerotermos:

Al igual que el cable calefactor, se han colocado dos aerotermos en la sala de bombas, que se activan cuando la temperatura es inferior a 5°C.

De esta manera se prevén igualmente las congelaciones de agua en la sala de bombas.

3.3. *Patologías aparecidas durante las obras de mejora:*

Durante la realización de las obras de mejora, han aparecido patologías no previstas en el proyecto de ejecución. Dentro de las actividades previstas en las obras de mejora están la renovación del firme y la mejora en el sostenimiento del túnel mediante colocación de bulones en algunas regiones.

A consecuencia de la renovación del firme, aparecieron nuevas surgencias de agua procedentes del terreno. Por otra parte, la actividad de colocación de bulones en el túnel

originó la aparición de nuevas vías de agua a través de las perforaciones destinadas a alojar dichos bulones.

Las actuaciones destinadas a solucionar patologías aparecidas durante la ejecución de las obras de mejora son las siguientes:

- Drenaje de la plataforma mediante realización de zanjas drenantes.
- Drenaje de cabeza de bulones mediante rozas hasta el tubo colector.

3.3.1. *Drenaje de la plataforma:*

Durante las obras de mejora tuvo lugar la renovación del firme del túnel. Esta actividad consistió en sustituir el firme existente del túnel por un firme de suelo cemento con capa de aglomerado para el tráfico rodado.

Durante las obras, se constató la presencia de surgencias de agua provenientes de la plataforma, siendo el emboquille francés el tramo con mayores problemas. En esta región, se ha adoptado una medida suplementaria: la colocación de una membrana geodren. Esta medida también se ha aplicado en otras regiones donde se daba una circunstancia similar.

La forma de solucionar este problema ha sido mediante la realización de zanjas drenantes en zonas específicas del túnel, lo que ha permitido disminuir el nivel freático del agua.

En la **Fotografía 12** se muestra la presencia de agua en la plataforma durante la etapa de renovación del firme y el resultado de la realización de zanjas drenantes, que solventan esta patología.



“Fotografía 12 - Presencia de agua en plataforma y zanjas drenantes realizadas”

Se han dispuesto zanjas drenantes longitudinales, al lado de los tubos colectores, para facilitar el drenaje del agua captada a los tubos colectores.

Las zanjas drenantes ejecutadas tienen sección cuadrada de 40cm de lado, y están formadas por canto rodado de 4cm de diámetro envuelto en membrana geotextil, para evitar el arrastre de partículas sólidas.

También existen drenes franceses transversales, que son de idéntica forma que los longitudinales, pero de longitud inferior a 6m.

La longitud total de zanja drenante en el hastial derecho e izquierdo es del 62% y del 33% de la longitud del túnel, respectivamente.

Por otra parte, la membrana geodren se ha colocado en toda la anchura de la calzada en alrededor del 16% de la superficie total de la calzada del túnel, en el emboquille francés, fundamentalmente.

3.3.2. *Drenaje de bulones:*

En 2010 se colocaron bulones en las zonas fortificadas como medida de refuerzo del sostenimiento del túnel. Durante estos trabajos, en algunas regiones han aparecido surgencias de agua proveniente de las perforaciones practicadas durante la colocación de los bulones.

La solución adoptada para evacuar el agua fue la realización de rozas verticales desde la cabeza del bulón hasta el tubo colector. Estas rozas actuaban a modo de dren, permitiendo reconducir el agua hacia las vías principales de drenaje.

3.4. Resultado de las mejoras efectuadas

A continuación se indican los resultados observados sobre la eficacia de las medidas, una vez transcurrido uno y dos años desde su realización.

3.4.1. *Lámina impermeabilizante:*

Durante los años 2011 y 2012 se ha hecho una comprobación periódica del estado de la lámina, desde su implantación en primavera de 2010. El examen se ha realizado en primavera de 2011 y 2012, al ser los periodos con mayor afluencia de agua.

Los resultados observados han sido satisfactorios, puesto que se ha minimizado en gran medida el problema de filtraciones de agua en estas regiones. En la actualidad, en las zonas de lámina impermeabilizante no existen prácticamente filtraciones de agua salvo casos puntuales de importancia menor.

3.4.2. *Inyecciones y sellado de filtraciones:*

Asimismo, se ha realizado una inspección de las zonas donde se realizaron inyecciones y sellado de fisuras.

En primavera de 2010 se decidió tratar aquellas fisuras que presentaban una apreciable afluencia de agua. En primavera de 2011 se procedió a examinar el estado de estas reparaciones y se constató que la presencia de filtraciones se había reducido en gran medida, por lo que se considera un resultado satisfactorio.

4. CONCLUSIONES

Tras haberse creado el Consorcio y haber finalizado las obras de mejora, se concluye lo siguiente:

- Gestión conjunta de avalanchas:

En el caso del Túnel de Bielsa, se ha demostrado que la gestión conjunta de aludes en ambos países por un organismo único mejora la eficiencia.

La coordinación con organismos superiores se puede realizar de forma simultánea por un único agente, lo que resulta más fiable.

- Profesionalización de las inspecciones:

Se ha demostrado que el trabajo de gestión de aludes es más efectivo si se establecen colaboraciones con organismos como RTM, con experiencia en este tipo de problemas.

- Resultado de las acciones realizadas para mejorar los problemas invernales:

Los problemas en el interior del túnel se han reducido en gran medida. Sin embargo, los problemas en los accesos del túnel, derivados de la presencia de nieve, es un problema que siempre existirá y que requiere de una correcta gestión de vialidad invernal.

- Factor social de gestión de aludes:

En el caso del Túnel de Bielsa, es necesario tener en consideración el factor social. La población de los pueblos colindantes al túnel, así como los transportistas, manifiestan su disgusto cuando el túnel está cerrado, porque les afecta a nivel económico en sus negocios.

De ahí la importancia de tener una gestión de aludes eficaz que limite al máximo el tiempo en que el túnel permanece cerrado.

- Presencia de agua en el interior de un túnel:

La forma óptima de combatir este problema radica en combinar una solución de drenaje con una solución de impermeabilización, en función de la naturaleza del problema.

REFERENCIAS

1. Presentación del Consorcio Túnel de Bielsa en las jornadas técnicas sobre nieve y aludes. Vielha, 25 de mayo de 2011.
2. Proyecto de acondicionamiento y modernización de instalaciones y equipamientos de seguridad del Túnel de Bielsa – Aragnouet, proyecto cofinanciado en el marco del programa objetivo 3 de cooperación territorial España – Francia - Andorra.
3. “Recommandation de l’AFTES relatives aux traitements d’arrêts d’eau dans les ouvrages souterrains”
4. “Guide de l’inspection du génie civil des tunnels routiers”, CETU