
TÚNELES

**ANEJO
10**

ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Antecedentes | 3 |
| 3. Metodología y normativa de aplicación | 3 |
| 3.1. Metodología | 3 |
| 3.2. Normativa de aplicación..... | 3 |
| 3.2.1. Elementos de seguridad y protección del túnel | 4 |
| 3.2.2. Requisitos aerodinámicos | 4 |
| 3.2.3. Gálibo de implantación de obstáculos | 4 |
| 4. Situación actual de los túneles | 4 |
| 4.1. Sección tipo | 4 |
| 4.2. Descripción de la situación actual de los túneles..... | 9 |
| 5. Sección tipo requerida | 10 |
| 5.1. Requerimientos geométricos | 10 |
| 5.1.1. Gálibo de implantación de obstáculos | 10 |
| 5.1.2. Electrificación de la línea | 10 |
| 5.1.3. Criterio en cumplimiento del gálibo | 11 |
| 5.2. Definición de las secciones interiores propuestas | 11 |
| 5.3. Metodología del estudio de gálibos | 12 |
| 6. Opciones constructivas de adecuación | 13 |
| 6.1. Ampliación de sección en bóveda y hastiales..... | 13 |
| 6.2. Rebaje de la plataforma..... | 13 |
| 7. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes | 14 |
| 7.1. Tratamiento y limpieza del revestimiento..... | 14 |
| 7.2. Grietas | 14 |
| 7.3. Fisuras | 14 |
| 7.4. Impermeabilización y drenaje | 15 |
| 7.5. Impermeabilización y drenaje en hormigón | 15 |
| 7.6. Reparación de rejuntado..... | 16 |
| 7.7. Reparación de desconchones y oquedades | 16 |
| 7.8. Refuerzos del sostenimiento..... | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 7.9. Prolongación de emboquilles | 17 |
| 7.10. Limpieza de emboquilles..... | 17 |
| 8. Trabajos proyectados para la obtención del gálibo..... | 18 |
| 8.1. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales | 18 |
| 8.1.1. Aumento de gálibo horizontal en zonas con revestimiento..... | 18 |
| 8.1.2. Aumento de gálibo horizontal en zonas sin revestimiento..... | 18 |
| 8.2. Ampliación de la sección por rebaje de la plataforma | 19 |
| 8.2.1. Primera fase: trabajos a realizar en corte de vía parcial..... | 19 |
| 8.2.2. Segunda fase: trabajos a realizar en corte total de vía..... | 19 |
| 9. Cumplimiento actual de gálibo..... | 20 |
| 10. Actuaciones propuestas | 21 |
| 10.1. Subsanción de las problemáticas y patologías existentes | 22 |
| 10.1.1. Túnel 3. Sanchilerín | 22 |
| 10.1.2. Túnel 6. La Peña..... | 22 |
| 10.1.3. Túnel 8. Santa Quiteria | 23 |
| 10.1.4. Túnel 9. Oval..... | 24 |
| 10.1.5. Túnel 11. Jaca 1 | 24 |
| 10.1.6. Túnel 14. Jaca 4 | 24 |
| 10.1.7. Túnel 16. Castiello (Caracol) | 24 |
| 10.1.8. Túnel 17. Castiello 3 | 25 |
| 10.1.9. Túnel 18. Villanúa 1 | 25 |
| 10.1.10. Túnel 19. Villanúa 2..... | 26 |
| 10.1.11. Túnel nº20. Villanúa 3..... | 26 |
| 10.1.12. Túnel nº21. Villanúa 4..... | 26 |
| 10.1.13. Túnel nº22. Villanúa 5..... | 27 |
| 10.1.14. Túnel nº23. Villanúa 6..... | 27 |
| 10.1.15. Túnel nº24. Villanúa 7..... | 28 |
| 10.1.16. Túnel nº25. Villanúa 8..... | 29 |
| 10.1.17. Túnel nº26. Villanúa 9..... | 29 |
| 10.1.18. Túnel nº27. Canfranc 1..... | 30 |
| 10.1.19. Túnel nº28. Canfranc 2..... | 30 |
| 10.2. Implantación del gálibo GB uniforme sin electrificación | 31 |
| 10.2.1. Túnel 1. Del Conejo | 32 |
| 10.2.2. Túnel nº2. Peña Meseguera | 32 |
| 10.2.3. Túnel nº4. Lecinar | 33 |
| 10.2.4. Túnel nº5. La Gargocha | 34 |
| 10.2.5. Túnel nº 7. Las Lanas | 34 |
| 10.2.6. Túnel nº10. La Salve..... | 35 |
| 10.2.7. Túnel nº12. Jaca 2 | 35 |
| 10.2.8. Túnel nº13. Jaca 3 | 36 |
| 10.2.9. Túnel nº15. Castiello 1 | 36 |
| 10.2.10. Túnel nº29. Canfranc 3..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 10.3. Implantación del gálibo GB uniforme con electrificación..... | 37 |
| 10.3.1. Características geológicas y geotécnicas de los túneles | 37 |
| 10.3.2. Predimensionamiento del sostenimiento | 43 |
| 10.3.3. Actuaciones en los túneles..... | 45 |

Apéndice 1. Situación actual de los túneles

1. Introducción

El objeto del presente anejo es el estudio de las actuaciones a llevar a cabo en los túneles existentes en el trayecto Huesca-Canfranc dentro del Estudio Informativo de implantación del ancho estándar de vía en dicho tramo. Primeramente se ha analizado el cumplimiento del gálibo GB Uniforme sin electrificar, para el nuevo trazado. En el caso del cumplimiento, no se ha considerado la ampliación de sección en el mismo. En el resto de túneles se han determinado una serie de actuaciones que adecuaron los túneles ya existentes para la implantación del gálibo de obstáculos considerado, GB uniforme.

Se analizarán dos opciones de actuación de forma independiente:

- Implantación del gálibo GB uniforme sin electrificación. (Opción 1)
- Implantación del gálibo GB uniforme con electrificación. (Opción 2)

De esta manera, a lo largo de este Anejo se tratará la situación actual de dichos túneles, su geología y geotecnia, la sección tipo requerida en cada uno de ellos y las propuestas de actuación necesarias para la obtención del gálibo indicado, con y sin electrificación.

Se incluye a continuación el listado de los 29 túneles objeto del proyecto:

| Nº Túnel | Nombre | P.k. inicio | P.k. final | Longitud (m) |
|----------|----------------|-------------|------------|--------------|
| 1 | Del Conejo | 203+074,0 | 203+128,9 | 54,9 |
| 2 | Peña Meseguera | 208+081,8 | 208+248,9 | 167,1 |
| 3 | Sanchilerín | 210+686,5 | 210+827,5 | 141,0 |
| 4 | Lecinar | 211+632,9 | 212+150,0 | 517,1 |
| 5 | La Gargocha | 214+596,3 | 214+909,5 | 313,2 |
| 6 | La Peña | 215+059,5 | 215+397,2 | 337,7 |
| 7 | Las Lanás | 221+878,3 | 222+297,4 | 419,1 |

| Nº Túnel | Nombre | P.k. inicio | P.k. final | Longitud (m) |
|----------|---------------------|-------------|------------|--------------|
| 8 | Santa Quiteria | 231+057,4 | 231+418,5 | 361,1 |
| 9 | Oval | 231+493,2 | 231+504,8 | 11,6 |
| 10 | La Salve | 320+139,7 | 320+300,6 | 160,9 |
| 11 | Jaca 1 | 402+484,5 | 402+562,0 | 77,5 |
| 12 | Jaca2 | 403+740,9 | 403+864,6 | 123,7 |
| 13 | Jaca 3 | 404+736,3 | 404+850,9 | 114,6 |
| 14 | Jaca 4 | 405+317,8 | 405+373,5 | 55,7 |
| 15 | Castiello 1 | 408+464,2 | 408+893,4 | 429,2 |
| 16 | Castiello (Caracol) | 411+415,4 | 412+283,7 | 868,3 |
| 17 | Castiello 3 | 412+535,4 | 412+771,3 | 235,9 |
| 18 | Villanúa 1 | 413+771,3 | 414+147,9 | 376,6 |
| 19 | Villanúa 2 | 416+751,6 | 417+004,2 | 252,6 |
| 20 | Villanúa 3 | 417+294,6 | 417+686,3 | 391,7 |
| 21 | Villanúa 4 | 418+133,8 | 418+276,7 | 142,9 |
| 22 | Villanúa 5 | 418+439,0 | 418+502,5 | 63,5 |
| 23 | Villanúa 6 | 418+653,4 | 418+784,4 | 131,0 |
| 24 | Villanúa 7 | 418+850,3 | 418+964,6 | 114,3 |
| 25 | Villanúa 8 | 419+553,8 | 419+732,0 | 178,2 |
| 26 | Villanúa 9 | 420+096,6 | 420+593,7 | 497,1 |
| 27 | Canfranc 1 | 420+971,8 | 421+882,7 | 910,9 |

| Nº Túnel | Nombre | P.k. inicio | P.k. final | Longitud (m) |
|----------|------------|-------------|------------|--------------|
| 28 | Canfranc 2 | 423+146,7 | 423+564,4 | 417,7 |
| 29 | Canfranc 3 | 424+181,0 | 424+422,1 | 241,1 |

Tabla 1 - Listado de los túneles existentes en el tramo Huesca - Canfranc

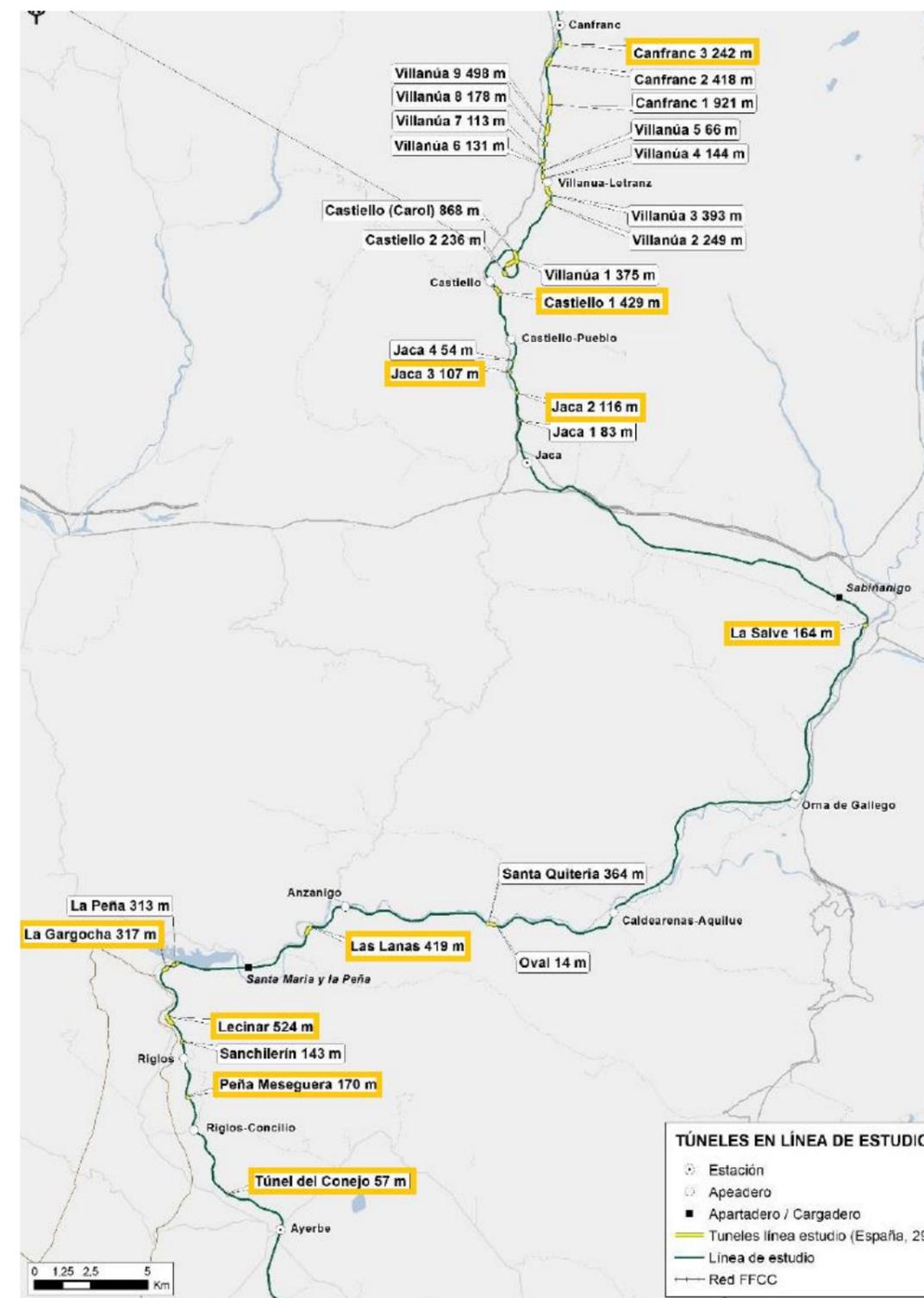


Figura 1 – Túneles del tramo Huesca- Canfranc, resaltados con un cuadro naranja aquellos en los que se realiza una ampliación de sección o un rebaje de su plataforma(Fuente: Ineco)

2. Antecedentes

Como antecedentes del presente Estudio Informativo se citan los siguientes:

- PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN: “LÍNEA HUESCA – CANFRANC. TRAMO: AYERBE – CALDEARENAS. PLATAFORMA Y VÍA”. Ministerio de Fomento (2005).
- PROYECTO CONSTRUCTIVO: “LÍNEA HUESCA – CANFRANC. TRAMO CALDEARENAS – JACA. PLATAFORMA Y VÍA”. Ministerio de Fomento (2005).
- PROYECTO CONSTRUCTIVO: “LÍNEA HUESCA-CANFRANC. TRAMO: JACA-CANFRANC. PLATAFORMA Y VÍA”. Ministerio de Fomento (2005).
- STUDIES FOR THE REHABILITATION OF THE CROSS-BORDER RAILWAY SECTION PAU-ZARAGOZA. ACTIVITY 3: CONVERGENCE STUDIES TO GUARANTEE THE INTEROPERABILITY OF CROSS-BORDER TRAFFIC (FR&ES). INFORME A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COMUNES. A.2 Estudio de gálidos. Ministerio de Fomento – Adif (2019).
- PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: AYERBE – CALDEARENAS. Adif (2020)
- PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: JACA – CANFRANC 269. Adif (2020).
- ESTUDIO INFORMATIVO DE IMPLANTACIÓN DEL ANCHO ESTÁNDAR EN EL TRAMO HUESCA-CANFRANC. Separata de túneles. Gálidos. Actuaciones propuestas. Gobierno de España – Adif (2020).

3. Metodología y normativa de aplicación

3.1. Metodología

El gálibo de implantación de obstáculos es un criterio fundamental para el diseño del proyecto de rehabilitación de la línea, ya que se trata de un parámetro que condiciona directamente los tipos de trenes que pueden circular por la misma.

Como el gálibo a implantar tendrá su mayor impacto económico en los túneles de la línea, se proponen las secciones mínimas requeridas en cada uno de ellos a partir del estudio de las secciones existentes. Para ello hay que tener en cuenta que la sección mínima de los túneles viene determinada por diferentes parámetros:

- Elementos de seguridad y protección civil del túnel.
- Requisitos aerodinámicos.
- Galibo de implantación de obstáculos GB uniforme.
- Gálibo del pantógrafo y espacio necesario para elementos de catenaria (en la Opción con electrificación).

Las secciones mínimas requeridas en los túneles para cada caso se compararán con las existentes en la línea y, a partir de este análisis comparativo, se establecerán las medidas a adoptar para la adecuación de las mismas.

3.2. Normativa de aplicación

En materia de seguridad en túneles ferroviarios, la normativa a aplicar en España es la siguiente:

- Reglamento (UE) Nº2019/776 de la Comisión de 16 de mayo de 2019 que modifica el Reglamento (UE) Nº 1303/2014 de la comisión de 18 de noviembre de 2014, sobre la Especificación Técnica de Interoperabilidad (ETI) relativa a la “Seguridad en los túneles ferroviarios” del sistema ferroviario de la Unión Europea
- Norma ADIF de Plataforma. NAP de Túneles 2-3-1.0+M1 de junio de 2018.

- Borrador de la Instrucción Ferroviaria para el proyecto y construcción del subsistema de infraestructura (IFI-2016). Reglamento de Ejecución (UE) 2019/776.

En los siguientes apartados se resumen los condicionantes considerados para el estudio del gálibo según la documentación anteriormente indicada.

3.2.1. Elementos de seguridad y protección del túnel

La *Especificación técnica de interoperabilidad relativa a la “seguridad en los túneles ferroviarios” del sistema ferroviario de la Unión Europea. Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión de 18 de noviembre de 2014, modificada en mayo de 2019, en su apartado 7.2.2.1 Acondicionamiento o renovación de un túnel, recoge lo siguiente:*

“b) Los conjuntos y componentes no incluidos en un programa de acondicionamiento o renovación determinado no tienen que modificarse para adecuarse a la ETI en el momento en que se ejecute el programa.”

Por tanto, debido a que nos encontramos ante un proyecto de acondicionamiento de túneles, los componentes no incluidos en el programa de renovación no requieren la modificación para el cumplimiento de la ETI, ni la inclusión de los elementos de seguridad y protección de túnel citados en la misma.

3.2.2. Requisitos aerodinámicos

De acuerdo con la *Norma ADIF de Plataforma. NAP de Túneles 2-3-1.0+M1 de junio de 2018*, el dimensionamiento de la sección libre de los túneles debido a efectos aerodinámicos se estudia en el caso en el que los trenes circulen a velocidades superiores a 200 km/h. Según la documentación de partida, en el tramo en estudio no se supera esta velocidad, por lo que se desestima el análisis aerodinámico en las secciones de los túneles.

3.2.3. Gálibo de implantación de obstáculos

El gálibo de implantación de obstáculos es el GB uniforme.

4. Situación actual de los túneles

4.1. Sección tipo

Los túneles presentan diferentes tipos de sección, todos ellos de vía única, con revestimiento de sillares y/o mampostería, hormigón encofrado y/o proyectado.

A continuación, se incluyen los cuadros con la tramificación de cada túnel:

| TÚNEL DEL CONEJO 203+074,0 203+128,9 54,9 m | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 1 | Cuneta lado izquierdo | Sección en herradura | 203+074,0 | 203+128,9 | 54,9 | - | Sillares |

Tabla 2 – Tramificación Túnel Del Conejo

| TÚNEL PEÑA MESEGUERA 208+081,8 208+248,9 167,1 m | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 2 | Canaleta lado derecho | Sección en herradura | 208+081,8 | 208+240,8 | 159,0 | - | Sillares |
| | | | 208+240,8 | 208+248,9 | 8,1 | Hormigón proyectado | Sillares |

Tabla 3 – Tramificación Túnel Peña Meseguera

| TÚNEL SANCHILERÍN 210+686,5 210+827,5 141,0 m | | | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|----------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 3 | Cuneta lado derecho | Sección en herradura | 210+686,5 | 210+827,5 | 141,0 | - | Sillares/Mampostería |

Tabla 4 – Tramificación Túnel Sanchilerín

| TÚNEL LECINAR 211+632,9 212+150,0 517,1 m | | | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------|---|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 4 | Cuneta lado derecho | Sección en herradura | 211+632,9 | 212+150,0 | 517,1 | Alternancia de tramos con hormigón proyectado | Sillares |

Tabla 5 – Tramificación Túnel Lecinar

| TÚNEL LA GARGOCHA 214+596,3 214+909,5 313,2 m | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|---|------------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 5 | Canaleta lado derecho | Sección en herradura | 214+596,3 | 214+909,5 | 313,2 | - | Sillares / Mampostería |
| | | | 214+909,5 | 214+932,5 | 23 | Falso túnel: hormigón proyectado, mallazo y cerchas | - |

Tabla 6 – Tramificación Túnel La Gargocha

| TÚNEL LA PEÑA 215+059,5 215+397,2 337,7 m | | | | | | | |
|---|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|----------------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 6 | Canaleta lado derecho | Sección en herradura | 215+059,5 | 215+227,5 | 168,0 | - | Sillares |
| | | | 215+227,5 | 215+397,2 | 169,7 | - | Hormigón ejecutado in situ |

Tabla 7 – Tramificación Túnel La Peña

| TÚNEL LAS LANAS 221+878,3 222+297,4 419,1 m | | | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|------------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 7 | Canaleta ambos lados | Sección en herradura | 221+878,3 | 222+262,3 | 384 | - | Sillares |
| | | | 222+262,3 | 222+272,3 | 10 | Hormigón encofrado en bóveda | Sillares |

| TÚNEL LAS LANAS 221+878,3 222+297,4 419,1 m | | | | | | | |
|---|---------|-----------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| | | | 222+272,3 | 222+297,4 | 25,1 | - | Sillares |

Tabla 8 – Tramificación Túnel Las Lanas

| TÚNEL SANTA QUIERIA 231+057,4 231+418,5 361,1 m | | | | | | | |
|---|--------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|------------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 8 | Cuneta ambos lados | Sección en herradura | 231+057,4 | 231+418,5 | 361,1 | - | Sillares / Mampostería |

Tabla 9 – Tramificación Túnel Santa Quieria

| TÚNEL OVAL 231+493,2 231+504,8 11,6 m | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 9 | Cuneta lado izquierdo | Forma de óvalo | 231+493,2 | 231+504,8 | 11,6 | - | Sillares |

Tabla 10 – Tramificación Túnel Oval

| TÚNEL LA SALVE 320+139,7 320+300,6 160,9 m | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 10 | Cuneta lado izquierdo | Sección en herradura | 320+139,7 | 320+300,6 | 160,9 | - | Sillares |

Tabla 11 – Tramificación Túnel La Salve

| TÚNEL JACA 1 402+484,5 402+562,0 77,5 m | | | | | | | |
|---|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 11 | Cuneta lado derecho | Sección en herradura | 402+484,5 | 402+562,0 | 77,5 | - | Sillares |

Tabla 12 – Tramificación Túnel Jaca 1

| TÚNEL JACA 2 403+740,9 403+864,6 123,7 m | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------|-------------------------------|---|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 12 | Cuneta lado derecho | Sección en herradura | 403+740,9 | 403+815,9 | 75 | - | Bóveda: hormigón encofrado Hastiales: sillares |
| | | | 403+815,9 | 403+852,9 | 37 | Hormigón proyectado | Sillares |
| | | | 403+852,9 | 403+864,6 | 11,7 | Hormigón proyectado y cerchas | Sillares |

Tabla 13 – Tramificación Túnel Jaca 2

| TÚNEL JACA 3 404+736,3 404+850,9 114,6 m | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|-------------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 13 | Cunetas en ambos lados | Sección en herradura | 404+736,3 | 404+781,3 | 45 | Bulones | Bóveda: hormigón proyectado Hastiales: hormigón encofrado |
| | | | 404+781,3 | 404+811,3 | 30 | Hormigón proyectado y bulones | - |
| | | | 404+811,3 | 404+850,9 | 39,6 | Bulones | Bóveda: hormigón proyectado Hastiales: hormigón encofrado |

Tabla 14 – Tramificación Túnel Jaca 3

| TÚNEL JACA 4 405+317,8 405+373,5 55,7 m | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 14 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 405+317,8 | 405+373,5 | 55,7 | - | Sillares |

Tabla 15 – Tramificación Túnel Jaca 4

| TÚNEL CASTIELLO 1 408+464,2 408+893,4 429,2 m | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 15 | Cunetas en ambos lados | Sección en herradura | 408+464,2 | 408+893,4 | 429,2 | - | Sillares |

Tabla 16 – Tramificación Túnel Castiello 1

| TÚNEL CASTIELLO (CARACOL) 411+415,4 412+283,7 868,3 m | | | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|------------------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 16 | Cunetas en lado izquierdo | Sección en herradura | 411+415,4 | 412+283,7 | 868,3 | - | Sillares /Hormigón encofrado |

Tabla 17 – Tramificación Túnel Castiello (Caracol)

| TÚNEL CASTIELLO 3 412+535,4 412+771,3 235,9 m | | | | | | | |
|---|------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--------------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 17 | Cunetas en ambos lados | Sección en herradura | 412+535,4 | 412+746,3 | 210,9 | - | Sillares |
| | | | 412+746,3 | 412+771,3 | 25,0 | - | Hormigón encofrado |

Tabla 18 – Tramificación Túnel Castiello 3

| TÚNEL VILLANÚA 1 413+771,3 414+147,9 376,6 m | | | | | | | |
|--|------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 18 | Cunetas en ambos lados | Sección en herradura | 413+771,3 | 413+951,3 | 180,0 | - | Sillares |
| | | | 413+951,3 | 414+113,3 | 162,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y Sillares (hastiales) |
| | | | 414+113,3 | 414+147,9 | 34,6 | - | Sillares |

Tabla 19 – Tramificación Túnel Villanúa 1

| TÚNEL VILLANÚA 2 416+751,6 417+004,2 252,6 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 19 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 416+751,6 | 417+004,2 | 429,2 | - | Sillares |

Tabla 20 – Tramificación Túnel Villanúa 2

| TÚNEL VILLANÚA 3 417+294,6 417+686,3 391,7 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 20 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 417+294,6 | 417+314,6 | 20,0 | - | Sillares |
| | | | 417+314,6 | 417+372,6 | 58,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 417+372,6 | 417+415,6 | 43,0 | - | Sillares |
| | | | 417+415,6 | 417+507,6 | 92,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 417+507,6 | 417+686,3 | 178,7 | - | Sillares |

Tabla 21 – Tramificación Túnel Villanúa 3

| TÚNEL VILLANÚA 4 418+133,8 418+276,7 142,9 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 21 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 418+133,8 | 418+208,8 | 75,0 | - | Sillares |
| | | | 418+208,8 | 418+276,7 | 67,9 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |

Tabla 22 – Tramificación Túnel Villanúa 4

| TÚNEL VILLANÚA 5 418+439,0 418+502,5 63,5 m | | | | | | | |
|---|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 22 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 418+439,0 | 418+440,5 | 1,5 | - | Sillares |
| | | | 418+440,5 | 418+502,5 | 62,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |

Tabla 23 – Tramificación Túnel Villanúa 5

| TÚNEL VILLANÚA 6 418+653,4 418+784,4 131,0 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 23 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 418+653,4 | 418+654,9 | 1,5 | - | Sillares |
| | | | 418+654,9 | 418+784,4 | 129,5 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |

Tabla 24 – Tramificación Túnel Villanúa 6

| TÚNEL VILLANÚA 7 418+850,3 418+964,6 114,3 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 24 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 418+850,3 | 418+860,3 | 10,0 | - | Sillares |
| | | | 418+860,3 | 418+940,3 | 80,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 418+940,3 | 418+943,3 | 3,0 | - | Sillares |
| | | | 418+943,3 | 418+963,1 | 19,8 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 418+963,1 | 418+964,6 | 1,5 | - | Sillares |

Tabla 25 – Tramificación Túnel Villanúa 7

| TÚNEL VILLANÚA 8 419+553,8 419+732,0 178,2 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 25 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 419+553,8 | 419+636,8 | 83,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 419+636,8 | 419+643,8 | 7,0 | - | Sillares |
| | | | 419+643,8 | 419+732,0 | 88,2 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |

Tabla 26 – Tramificación Túnel Villanúa 8

| TÚNEL VILLANÚA 9 420+096,6 420+593,7 497,1 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|--|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 26 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 420+096,6 | 420+326,6 | 230,0 | - | Sillares |
| | | | 420+326,6 | 420+361,6 | 35,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 420+361,6 | 420+456,6 | 95,0 | - | Sillares |
| | | | 420+456,6 | 420+508,6 | 52,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 420+508,6 | 420+593,7 | 85,1 | - | Sillares |

Tabla 27 – Tramificación Túnel Villanúa 9

| TÚNEL CANFRANC 1 420+971,8 421+882,7 910,9 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 27 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 420+971,8 | 421+036,8 | 65,0 | - | Sillares |

| TÚNEL CANFRANC 1 420+971,8 421+882,7 910,9 m | | | | | | | |
|--|---------|-----------|-------------|------------|----------|--------------------------|---|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| | | | 421+036,8 | 421+740,8 | 704,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 421+740,8 | 421+867,8 | 127,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) con cerchas y gunita de refuerzo |
| | | | 421+867,8 | 421+882,7 | 14,9 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | | | | | |

Tabla 28 – Tramificación Túnel Canfranc 1

| TÚNEL CANFRANC 2 423+146,7 423+564,4 417,7 m | | | | | | | |
|--|-------------------------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---|
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 28 | Cunetas en lado derecho | Sección en herradura | 423+146,7 | 423+176,7 | 30,0 | - | Sillares |
| | | | 423+176,7 | 423+186,7 | 10,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 423+186,7 | 423+206,7 | 20,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) con cerchas y gunita de refuerzo |
| | | | 423+206,7 | 423+286,7 | 80,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | 423+386,7 | 423+393,7 | 7,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) con cerchas y gunita de refuerzo |
| | | | 423+393,7 | 423+306,7 | 13,0 | - | Hormigón encofrado (bóveda) y sillería (hastiales) |
| | | | | | | | |

| TÚNEL CANFRANC 2 | | | | | | | |
|------------------|---------|----------------------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------------|
| | | 423+146,7 | | 423+564,4 | | 417,7 m | |
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| | | Sección irregular | 423+306,7 | 423+316,7 | 10,0 | - | Hormigón proyectado |
| | | | 423+316,7 | 423+421,7 | 105,0 | - | Roca desnuda |
| | | | 423+421,7 | 423+461,7 | 40,0 | - | Hormigón proyectado |
| | | | 423+461,7 | 423+523,7 | 62,0 | - | Roca desnuda |
| | | | 423+523,7 | 423+531,7 | 8,0 | - | Hormigón proyectado |
| | | | 423+531,7 | 423+553,7 | 22,0 | - | Roca desnuda |
| | | Sección en herradura | 423+553,7 | 423+564,4 | 10,7 | - | Hormigón proyectado |

Tabla 29 – Tramificación Túnel Canfranc 2

| TÚNEL CANFRANC 3 | | | | | | | |
|------------------|---------------------|----------------------|-------------|------------|----------|---|---|
| | | 424+181,0 | | 424+422,1 | | 241,1 m | |
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| 29 | Cuneta lado derecho | Sección en herradura | 424+181,0 | 424+186,0 | 5 | - | Sillares |
| | | | 424+186,0 | 424+348,0 | 162 | Tramos de hormigón proyectado y cerchas | Bóveda: hormigón encofrado Hastiales: sillares |
| | | | 424+348,0 | 424+373,0 | 25 | Hormigón proyectado y cerchas | Bóveda: hormigón encofrado Hastiales: sillares |
| | | | 424+373,0 | 424+386,0 | 13 | Tramos de hormigón proyectado y cerchas | Bóveda: hormigón encofrado Hastiales: sillares |

| TÚNEL CANFRANC 3 | | | | | | | |
|------------------|---------|-----------|-------------|------------|----------|--------------------------|---------------|
| | | 424+181,0 | | 424+422,1 | | 241,1 m | |
| Nº Túnel | Drenaje | Geometría | P.k. inicio | P.k. final | Longitud | Sostenimiento / Refuerzo | Revestimiento |
| | | | 424+386,0 | 424+422,1 | 36,1 | - | Sillares |

Tabla 30 – Tramificación Túnel Canfranc 3

4.2. Descripción de la situación actual de los túneles

De los documentos disponibles para la redacción del presente Estudio Informativo detallados en el *Capítulo 2. Antecedentes*, se extrae la información acerca del estado actual de los túneles, así como la interpretación de las patologías existentes en los mismos.

De forma general, en todos los túneles se observan grietas y fisuras que recorren total o parcialmente el contorno de la sección. Existen zonas en las que el revestimiento/sostenimiento se encuentra en mal estado e, incluso, es inexistente.

Adicionalmente y con carácter general, se observan filtraciones en los hastiales de la mayoría de los túneles. En cuanto al drenaje, las losetas de las canaletas se encuentran rotas o en mal estado, lo que dificulta su correcto funcionamiento al obstruir parcialmente la canaleta.

En el *Apéndice 1* del presente documento se incluye la descripción detallada de la situación actual de los túneles, uno por uno.

5. Sección tipo requerida

Para que los túneles de la línea sean interoperables se deberán cumplir los requisitos mínimos dispuestos en las normativas y recomendaciones técnicas aplicables.

En este apartado se estudiarán las necesidades de espacio mínimas en todos los túneles considerando el gálibo de implantación de obstáculos GB uniforme, con y sin electrificación, y trazado en curva o recta. De esta manera, se podrá obtener el impacto del gálibo como criterio de diseño a nivel técnico y económico.

Se propone una solución geométrica de adecuación para los mismos que cumpla con los requisitos establecidos por la normativa vigente.

La definición de estas secciones geométricas propuestas para los túneles objeto de estudio se dividirá en las siguientes fases:

- Definición de requerimientos geométricos mínimos de la sección.
- Comprobación de necesidad de ampliación.
- Sección propuesta.

En los siguientes apartados se detalla el procedimiento seguido en cada una de las fases realizadas para el estudio del cumplimiento normativo de las secciones de los túneles del tramo de estudio.

5.1. Requerimientos geométricos

La geometría mínima de los túneles dependerá principalmente de las necesidades de implantación del gálibo ferroviario definido. Se consideran los siguientes condicionantes que afectan a la sección geométrica de los túneles:

5.1.1. Gálibo de implantación de obstáculos

El gálibo de implantación de obstáculos considerado es el GB uniforme.

5.1.2. Electrificación de la línea

La implantación de la electrificación requiere de un espacio mínimo suficiente para ubicar no solo la catenaria, sino los aparatos de sujeción de la misma, además del espacio requerido por el pantógrafo del tren.

Por tanto, estas necesidades de espacio se tendrán en cuenta en la opción en la que se considera la electrificación de la línea.

Para la determinación del gálibo uniforme GB se usará la figura 3.31 que se encuentra en el apartado 3.11.7. "Gálibo uniforme de implantación de obstáculos" de la Orden FOM/1630/2015, calculado para las siguientes hipótesis:

- Radio mínimo en planta: $R = 250\text{m}$
- Radio mínimo de acuerdo vertical: $R_v = 2.000\text{m}$
- Sobreancho máximo: 30mm
- Peralte máximo: $D = 0,160\text{m}$
- Insuficiencia de peralte máxima: $I_{\text{max}} = 0,150\text{m}$
- TN en partes bajas 5mm .
- Vía en balasto, en mal estado.
- Catenaria EAC-350.
- Pantógrafo con ancho de la mesilla $2x\text{ bw} = 1.950\text{mm}$ y trocadores no aislados
 $cw = 0$.
- Balizas ASFA situadas en acuerdos verticales de radio superior a 4.000 m y sistemas de señalización mediante ERTMS y LZB con independencia del radio de acuerdos verticales.

general y, si los condicionantes lo permiten, se ejecutará el rebaje de la plataforma en lugar de ampliación de la sección.

Ambas actuaciones, rebaje o ampliación, se llevarán a cabo considerando su ejecución en cortes de vía de corta o larga duración (corte parcial en horario de banda de mantenimiento o corte total de vía).

- **Trabajos previos a realizar en corte de vía en banda de mantenimiento.** Corresponde a trabajos previos que se realizarán antes de proceder al rebaje de la plataforma y tienen por finalidad principal asegurar la sujeción del revestimiento en los tramos revestidos con sillería, y así garantizar su estabilidad estructural durante los trabajos.

En banda de mantenimiento también tendrá lugar la ampliación de la sección.

- **Trabajos a realizar en corte de vía total.** Una vez ejecutados los trabajos previos en corte de vía parcial, se procederá a ejecutar la segunda fase con corte de vía total. La actividad principal de esta fase es el rebaje de la plataforma.

5.3. Metodología del estudio de gálidos

Partiendo de las secciones proporcionadas por Adif, se ha procedido a estudiar las secciones en las bocas del túnel, así como cada 50 metros.

En un primer ejercicio, se ha estudiado la situación actual, considerando únicamente el cambio de ancho de la vía. En este supuesto se mantiene por lo tanto trazado actual en planta y alzado, con los peraltes existentes y se comprueba el cumplimiento del gálibo GB Uniforme sin electrificar. Este ejercicio nos permite tener una primera visión de la necesidad o no de actuar en el túnel y es un paso previo para tener ubicadas correctamente las secciones en el espacio y realizar las siguientes comprobaciones del nuevo trazado rehabilitado determinando los desplazamiento en planta y alzado del nuevo eje con respecto al existente.

En un segundo paso, se ha analizado el cumplimiento del gálibo GB Uniforme sin electrificar en el túnel tras la renovación de vía en los mismos, que contempla pequeños desplazamientos en planta, manteniendo la rasante. La renovación de

la vía implica que el nuevo trazado deba cumplir con la normativa vigente y que se cumpla con los parámetros de diseño y confort de la vía, por lo que en la mecanización en planta del nuevo trazado existen modificaciones en planta. Así mismo, en algunos casos la vía se ha desplazado de su posición inicial, o por una mejora en el radio para aumento de la velocidad de paso o por el centramiento del eje en el túnel que mejore el gálibo existente. En el caso de la rasante se ha buscado mantener su posición actual ya que aunque se desconocen los espesores actuales de balasto, se considera que no existe una sobre elevación del mismo que permita el rebaje de la rasante. Se ha tomado 5 centímetros como nivel máximo de rebaje de rasante en la geometrización de la rasante. Este espesor podría ser asumido por el exceso de balasto actual o una rebaja puntual del espesor de balasto.

Se ha determinado el trazado en planta en el túnel comprobando la velocidad máxima de circulación por el mismo, lo que ha definido el peralte necesario incluir en los tramos en curva. Con este nuevo trazado y peralte se ha comprobado el cumplimiento del gálibo Uniforme sin electrificar en el túnel.

En el caso de no cumplir con este gálibo, se estudian las dos opciones de actuación. La primera en que la ampliación de sección cumpla con el gálibo GB Uniforme sin electrificar, y la segunda en que esta ampliación será compatible con la electrificación de la línea.

6. Opciones constructivas de adecuación

Una vez comprobadas las secciones para cada túnel según los requerimientos de gálibo y electrificación, se define la actuación necesaria en los casos que proceda.

Dependiendo de la geometría de cada una de las secciones existentes y de las necesidades de espacio se diseñan dos soluciones constructivas: ampliación de la sección y rebaje de la plataforma. A continuación, se describen brevemente algunas opciones de ejecución de estas soluciones.

6.1. Ampliación de sección en bóveda y hastiales

Esta solución constructiva se ejecutará en aquellas secciones de túnel en las que se produzca una colisión entre las mismas y el gálibo de implantación de obstáculos, y no sea viable o no sea suficiente el rebaje de la plataforma.

En el presente proyecto, el estudio pormenorizado del gálibo GB uniforme, el exhaustivo estudio del mismo para la adaptación al espacio disponible, así como los rebajes proyectados en la línea, han hecho que las colisiones entre la bóveda de los túneles y el gálibo sean mínimas.

Debido a esto, se plantea una solución individualizada para cada una de estas colisiones, dependiendo de las características del túnel, sostenimiento, revestimiento existente, ...

Las ampliaciones de sección necesarias se irán viendo más adelante, túnel por túnel, dependiendo de los requerimientos de espacio existentes en cada uno de ellos.

6.2. Rebaje de la plataforma

Tal y como se ha comentado anteriormente, siempre que los condicionantes de los túneles lo permitan, se antepondrá el rebaje de la plataforma a la ampliación de bóveda.

El rebaje de plataforma en túneles antiguos para ampliación de gálibo vertical es uno de los métodos constructivos más extendidos, ya que resulta más económico

y la maquinaria a emplear es más común. Este proceso constructivo implica necesariamente cortar la vía durante el rebaje.

Uno de los mayores riesgos de este tipo de proceso constructivo es que puedan producirse descalces del revestimiento durante la operación de rebaje.

Las fases principales de obra civil a ejecutar en este proceso serían:

- Retirada de la superestructura y la plataforma actual.
- Excavación hasta llegar a cota inferior de la solera definitiva.
- Excavación por bataches debajo de los hastiales y posterior recalce.
- Ejecución de la solera.

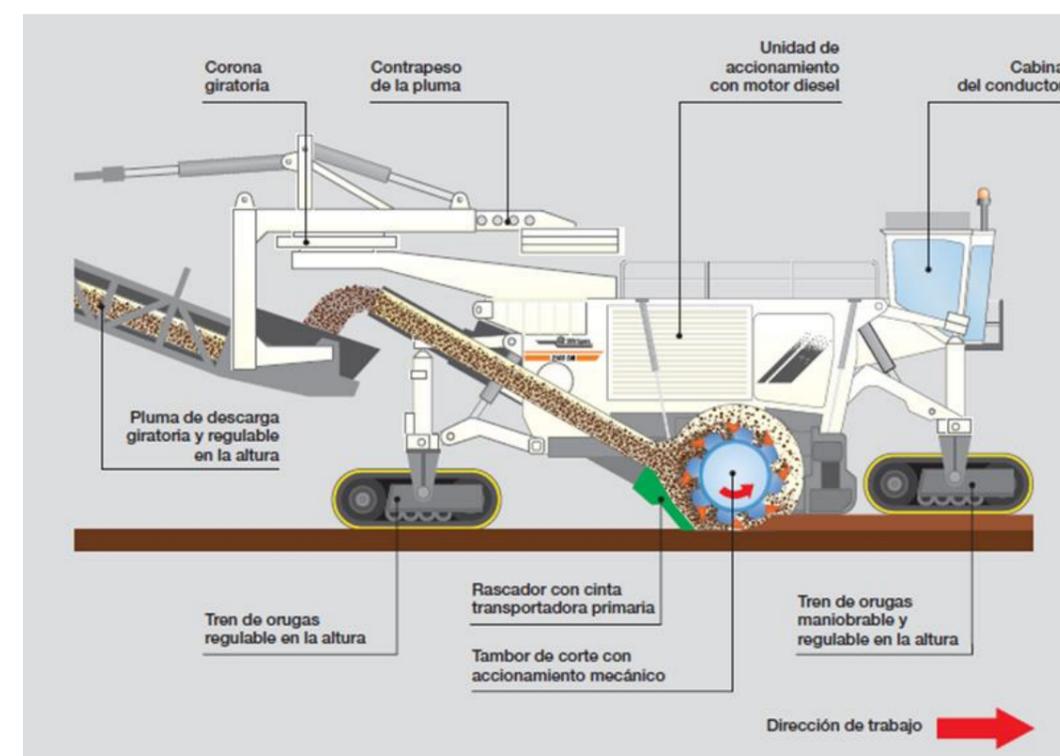


Figura 3 - Máquina rozadora tipo para rebaje de plataforma. Fuente: WIRTGEN GROUP

7. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

A continuación, se indican de forma detallada cada una de las actuaciones propuestas para la solución de las diferentes problemáticas y patologías detectadas durante la inspección de los túneles que son objeto de este proyecto.

7.1. Tratamiento y limpieza del revestimiento

En todos los túneles del tramo se han detectado zonas con la mampostería/sillería degradadas por la humedad, con algunas filtraciones antiguas y otras que continúan activas, tanto en la bóveda como en los hastiales.

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena y agua en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, carbonatación...

En el caso de zonas con revestimiento de hormigón la limpieza debe ser superficial y en ningún caso superar los 5 mm de profundidad. Si durante el proceso de limpieza se detectase una profundidad de las humedades mayor, se tratará como un problema de humedad y se procederá a realizar labores de impermeabilización.

7.2. Grietas

En primer lugar, se realizará la auscultación de la zona mediante secciones de convergencia, una antes de la grieta y otra después a una distancia aproximada de 1,00-1,50 m. Los pernos de medición se situarán, uno en cada hastial a media altura, otro en la clave de la bóveda.

Después se procederá a realizar una serie de actuaciones por fases. En primer lugar, la mitad de la sección y en segundo, una vez terminadas las actuaciones en este lado del túnel, se procederá a realizar los ajustes necesarios en la segunda mitad. Para las actuaciones en un hastial es preciso sostener el revestimiento de sillería de bóveda del pase. Podrá llevarse a cabo mediante dos perfiles metálicos o cerchas, al principio y final del pase, más tresillones de atado, apoyo y nivelado de perfil metálico; sustituyendo el último sillar del pase en el hombro de la bóveda. Donde el revestimiento se encuentre más sano, se actuará mediante perforación

y bulonado a la altura del hombro y apoyo de tresillones más chapa Bernold. Cada una de las áreas de trabajo o pases tendrá una longitud máxima de 3 metros.

Las actuaciones comenzarán con la retirada de los bloques en una franja de un metro a cada lado alrededor de la grieta, de forma que se puedan observar los daños en el trasdós. Posteriormente se realizará un saneo de la roca de unos 25-30 cm mediante retroexcavadora provista de pico y cazo (para la retirada de escombros), aunque podrá ser mayor en el caso de que los daños en el sostenimiento sean más profundos. A continuación, se procederá al sellado mediante 5 cm de gunita, perforación y bulonado de la sección mediante bulones de 25 mm de diámetro y 4 metros de longitud, colocados en una malla de 1,50x1,50 metros. Por último, se realizará el gunitado de la sección en una capa de unos 20 cm con una resistencia característica de 30 MPa o superior. Es importante asegurarse que tanto las placas como los bulones quedan completamente tapados, con el fin de evitar que dañen las capas de impermeabilización.

Después, y para evitar posibles problemas de drenaje en aquellas zonas con infiltraciones, se procederá a la colocación de una lámina de geotextil, un tubo de PVC ranurado y una lámina impermeabilizante de PVC o polietileno.

Tras terminar con la impermeabilización y las dos fases de trabajo para cada sección del túnel, se procederá a la recolocación de los bloques de sillería, sustituyendo aquellos que han sido rotos o que se encuentran en mal estado. Se seguirá con la siguiente área de trabajo realizando el mismo procedimiento. Una vez terminadas las actuaciones en la sección correspondiente del túnel, se efectuará la nueva lectura cero de las secciones de convergencia involucradas y posteriores medidas con la frecuencia determinada en el plan de auscultación con objeto de efectuar el correcto seguimiento de las deformaciones del túnel hasta alcanzar la estabilidad en todas y cada una de ellas.

7.3. Fisuras

Para los casos en los que se detectan fisuras en el revestimiento de la sillería de menor tamaño o entidad que las que han sido denominadas grietas, se recomienda proceder de la siguiente forma:

Retirar los bloques en el área de la fisura y localizar los daños en el macizo rocoso del trasdós con el objetivo de confirmar si se trata de una fisura del revestimiento o de una grieta en el trasdós que a nivel de revestimiento solo ha llegado a fisurar los bloques de piedra.

Para ello, además de la comprobación visual, se procederá a hacer una cata en la roca que permita ver el estado del sostenimiento. Se estima que debido a que los túneles son bastante antiguos y que el revestimiento de sillería es competente, en el 30% de los casos va a haber problemas de grietas en el sostenimiento pero que en el revestimiento solo se vean reflejadas como fisuras. Se deja a juicio del director de obra o personal especialista a pie de obra el determinar si se tratan de grietas en el sostenimiento o solo fisuras en el revestimiento.

En el caso de que no se detecten daños en el trasdós, se procederá a la recolocación de los bloques de piedra, descartando y sustituyendo los bloques en mal estado.

7.4. Impermeabilización y drenaje

Para los casos en los que el paramento se encuentra mojado o hay goteos en el revestimiento de sillería, se recomienda realizar el tratamiento de impermeabilización y drenaje que se indica a continuación, con el objetivo de reparar los tramos de túnel donde aparecen grietas en el sostenimiento por las cuales se está filtrando el agua y además impermeabilizarlo de cara al futuro. No se ha optado por una solución tipo de impermeabilización vista puesto que tenemos un revestimiento de sillería que es preferible mantener tanto por razones técnicas (para poder seguir viendo la evolución del túnel) como estéticas.

Se procederá a trabajar por fases, que no llegarán nunca a cubrir más de la mitad de la sección del túnel (uno de los hastiales más su bóveda adyacente).

Inicialmente se procederá a la retirada de bloques alrededor de la zona húmeda para poder localizar la grieta o la fisura por la cual posiblemente se esté filtrando el agua. A continuación, se procederá al saneo de la roca en un espesor de unos 15-20 cm, aunque podrá ser mayor en el caso de que los daños en el sostenimiento sean más profundos, mediante retroexcavadora provista de pico y cazo para la retirada de escombros.

Después, se realizará un sellado de la sección mediante una capa de gunita de unos 5 cm, lo que permitirá realizar el refuerzo de la sección mediante bulones de 25 mm de diámetro y 4 metros de longitud, colocados en una malla de 2,50x2,50 metros. Tras la colocación de los bulones, se pondrá un recebo de gunita, con el fin de tapar los salientes y placas de sujeción de los bulones, evitando así que puedan dañar la lámina de geotextil.

A continuación, se procederá a la colocación del tratamiento de impermeabilización, compuesto por una lámina de geotextil que en la zona de la base irá con un doblado de 1,00 m en el pie del hastial y envolviendo un tubo PVC ranurado, con pendiente la del túnel, y salidas al tubo en el pie del hastial, mediante una T y tubo PVC a la cuneta del túnel, cada 5-10 m en zonas muy húmedas o mojadas y cada 20 m en zonas menos húmedas. Por último, se colocará una lámina impermeabilizante de polietileno o PVC.

En el caso de que la actuación afecte solo a la bóveda, el tubo de PVC se situará a la altura del hombro del hastial y se conectará con una bajante que llevará el agua a la cuneta. Una vez acabada la impermeabilización y las dos fases de trabajo para cada sección, se procederá a la recolocación de los bloques de sillería, sustituyendo aquellos que se encuentren en mal estado. Se seguirá con la siguiente área de trabajo realizando el mismo procedimiento.

7.5. Impermeabilización y drenaje en hormigón

En las secciones donde se han realizado reparaciones de hormigón y se observan filtraciones y goteos que requieran actuaciones de impermeabilización y drenaje, se recomienda el siguiente tratamiento:

En primer lugar, se hará un análisis del estado del sostenimiento del túnel mediante técnicas geofísicas, que dependerán principalmente del tipo de revestimiento de hormigón y del tipo de terreno en el trasdós. En caso de detectarse huecos en el trasdós, se recomienda hacer una inyección de lechada con mortero en el macizo rocoso, de forma que se selle y se asegure el contacto entre el sostenimiento y el revestimiento.

Estas inyecciones se realizarán en pases de 3 metros como máximo, a lo largo de la sección afectada por la humedad. Se estima una profundidad de unos 25 cm de lechada a lo largo de toda la sección.

En los casos donde las filtraciones de agua sean bastante importantes, se picará el hormigón degradado, se realizará un sellado mediante capa de gunita de unos 5 cm y posteriormente se procederá al bulonado del substrato rocoso mediante bulones Ø25 mm de 4 metros de longitud colocados en una malla de 1,00 x 1,50 m. Por último, se aplicará una capa de 10 cm de hormigón proyectado con fibras de acero.

En algunos casos, donde se detecten goteos puntuales y los efectos de las filtraciones sean de pequeña entidad, únicamente se colocará lámina de impermeabilización ignífuga.

7.6. Reparación de rejuntado

Dado que las zonas de reparación de rejuntado se encuentran muy ligadas a problemas de filtraciones, se propone realizar esta operación en el 30% de los casos, de forma que se distribuirán a lo largo del túnel en tramos de 3 metros como máximo, equiespaciados 20 m, estando al tresbolillo cada 10 m de cada hastial.

En el resto de las áreas donde se producen problemas por falta de mortero se procederá a hacer un rejuntado con mortero de cal. Por otro lado, en las zonas donde haya piezas de mampostería dañadas o huecos de piezas caídas, serán sustituidas por piezas nuevas.

7.7. Reparación de desconchones y oquedades

En las zonas con malla electrosoldada donde existan desconchones o fisuras por lo que se propone realizar la siguiente actuación:

En primer lugar, se recomienda, mediante métodos geofísicos, hacer un análisis del alcance de las fisuras en el hormigón. En el caso de que sean fisuras superficiales se recomienda hacer un saneo del hormigón picando la zona afectada, realizar una limpieza (cepillado) de la armadura vista y a continuación

realizar un pasivado de las armaduras de tal forma que se garantice su protección mediante un medio ácido. Posteriormente, añadir una resina de alta adherencia que garantice el correcto contacto entre el hormigón existente y el nuevo de reparación y, por último, cubrir la zona afectada con mortero de reparación.

En el caso de que las fisuras sean más profundas y afecten al trasdós, se recomienda, además, hacer una inyección de lechada o mortero con árido fino por peso o a baja presión. Estas inyecciones se realizarán en pases de 3 metros como máximo, a lo largo de la sección afectada en una profundidad de unos 25 cm de lechada a lo largo de toda la sección. Se estima que en el 30% de los casos las fisuras serán profundas y por tanto afectarán al trasdós.

En los casos con cerchas o soportes metálicos al descubierto, se recomienda realizar el saneo del recubrimiento parcial de gunita, seguido del pasivado de las zonas oxidadas y la posterior impermeabilización del elemento metálico con pintura protectora. Una vez terminadas las actuaciones en la sección correspondiente del túnel, se efectuará la nueva lectura cero de las secciones de convergencia involucradas y posteriores medidas con la frecuencia determinada en el plan de auscultación con objeto de efectuar el correcto seguimiento de las deformaciones del túnel hasta alcanzar la estabilidad en todas y cada una de ellas.

7.8. Refuerzos del sostenimiento

En cuanto al refuerzo en grietas, en primer lugar, se procederá a la auscultación mediante secciones de convergencia antes y después de la zona a reforzar. Los pernos de medición se situarán como mínimo uno en cada hastial y otro en la clave de la bóveda, siendo deseable situar adicionalmente un perno en cada uno de los hombros de la bóveda.

En ocasiones, la afectación se encuentra localizada en el hastial, pudiendo llegar a alcanzar la bóveda. No obstante, se procederá a la sustitución completa de la sección del túnel dividiendo los trabajos en dos fases correspondientes a cada una de las mitades de la sección (hastial + mitad de la bóveda adyacente). Es necesario el sostenimiento del resto de áreas afectadas sobre las que no se está actuando directamente. Cada una de las áreas de trabajo o pases no deberá de superar los 3 metros.

Las actuaciones comenzarán con la retirada de los bloques alrededor de la zona afectada, de forma que se puedan observar los daños en el trasdós y realizar sobre ellos un saneo de unos 40 cm de la roca mediante retroexcavadora provista de pico y cazo para la retirada de escombros.

A continuación, se realizará un sellado de la sección mediante una capa de gunita de unos 5 cm, lo que permitirá llevar a cabo el refuerzo de la sección. Este refuerzo se realizará mediante un cerchado ligero tipo TH-29/1,50 m. Cada par de cerchas se unirán mediante al menos 5 tresillones para cada media sección. Será necesario el apoyo del equipo de topografía durante estas labores para asegurar el correcto apoyo y nivelación tanto para los trabajos en la primera fase o mitad de la sección como para la segunda. En el caso de que en las zonas de los emboquilles (los primeros 15 metros del túnel) o rocas blandas se detecte que el terreno no se encuentra en buen estado.

Una vez queden soldados todos los perfiles de la sección completa, incluidos los patones y apoyo de pie en el caso de que estos se empleen, se colocarán bulones de 25 mm de diámetro y 4 metros de longitud en malla de 1,50 m en horizontal y 1,00 m en vertical en la sección completa del túnel.

Tras la colocación de los bulones, se proyectará una capa de gunita de 25 cm de espesor, incluyendo la proyección sobre los bulones, placas de anclaje y cerchas de la sección completa del túnel.

A continuación, y para evitar posibles problemas de drenaje se procederá a la colocación de una lámina de geotextil, un tubo de PVC ranurado y una lámina impermeabilizante de PVC o polietileno.

Terminados los trabajos de refuerzo e impermeabilización se procederá a la recolocación de los bloques de sillería, sustituyendo aquellos que se encuentren en mal estado y se seguirá con la siguiente área de trabajo realizando el mismo procedimiento.

7.9. Prolongación de emboquilles

Con el objetivo de proteger la vía frente a posibles desprendimientos de roca se proyecta la prolongación de emboquilles en varios túneles objeto del proyecto.

La prolongación se materializa mediante una estructura de hormigón armado "in-situ". Su diseño contempla una geometría similar a la del túnel con bóveda circular y hastiales verticales, pero de mayores dimensiones interiores consiguiendo del orden de 0,35 m más de gálibo respecto al existente. El frontal del emboquille se mantiene vertical. El espesor tanto de bóveda como de hastiales es de 0,20 m y la cimentación se realiza sobre zapatas superficiales. En el empotramiento hastial-zapata se prevén cartelas exteriores de 0,25 m de ancho por 1,00 m de alto.

7.10. Limpieza de emboquilles

En todos los túneles se realizarán trabajos de limpieza y desbroce de la vegetación existente y de limpieza y reparación de las cunetas, dándoles continuidad en el interior del túnel.

8. Trabajos proyectados para la obtención del gálibo.

8.1. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

Se realizará la ampliación de la sección en bóveda y hastiales cuando existan conflictos de gálibo no subsanables mediante rebaje de plataforma.

Los trabajos se realizarán en corte de vía ordinarios, en una banda de mantenimiento ampliada en la franja horaria que estime la dirección de Tráfico de Adif.

Se realizarán las actuaciones correspondientes en función de si en la zona de colisión hay ejecutado un sostenimiento previo o no.

Por lo general, se desarrollarán los siguientes trabajos previos siempre que sea necesario:

- Replanteo de la obra marcando las zonas donde se realizarán las actuaciones en el revestimiento del túnel. Se comprobará "in situ" la geometría de los elementos a colocar.
- Desvío de servicios afectados: se desplazarán las canalizaciones existentes en el túnel hasta dejarlas junto a la vía protegidas adecuadamente.
- Protección de la vía con geotextil.

Se describe a continuación las actuaciones a realizar en cada caso:

8.1.1. Aumento de gálibo horizontal en zonas con revestimiento

El procedimiento a seguir para llevar a cabo un aumento de gálibo horizontal en zonas con sostenimiento será el que se describe a continuación:

8.1.1.1. Aumento de gálibo mediante la demolición del revestimiento de sillares

Colocación de estructura de sujeción de revestimiento existente

Se dispondrán cerchas formadas por perfiles recuperables tipo TH-21, espaciadas 1 m, como sujeción del revestimiento en las secciones con sillares. Se arriostrarán entre sí mediante tresillones.

Demolición del revestimiento

Una vez ejecutada la estructura de sujeción del revestimiento de sillares existente, se procederá a retirar los mismos a sección completa, en avances de 1 m. Se retirará la cercha afectada y se procederá a la demolición de los sillares, dejando expuesto el terreno del trasdós. Tras su retirada se realizará un saneo y reperfilado del contorno. En caso de ser necesario, se excavará la sección hasta conseguir el espacio requerido.

Sellado del terreno expuesto con una fina capa de hormigón proyectado

En cada avance de 1 m se aplicará una capa de sellado de hormigón proyectado con fibras de espesor 5 cm en toda la sección, a fin de estabilizar la zona.

Colocación de bulones

Según la calidad del terreno que se encuentre una vez retirados los sillares, se aplicará un sostenimiento consistente en dos secciones transversales de bulones. El espaciado y número final será particular para cada túnel y se especificará en apartados posteriores. No se colocarán bulones en la zona donde, posteriormente, se excavará el cajeado del nicho.

Aplicación del sostenimiento definitivo en la sección

Por último, como sostenimiento definitivo se aplicará una nueva capa de hormigón proyectado con en toda la sección, cuyo espesor será particular para cada túnel.

Se podrán aplicar sostenimientos más pesados si durante la ejecución de los trabajos se detecta terreno de peor calidad geotécnica. De ser así, se estudiará en cada caso de forma particular.

8.1.2. Aumento de gálibo horizontal en zonas sin revestimiento

El procedimiento para aumentar el gálibo en zonas sin revestimiento será el que se describe a continuación:

8.1.2.1. Excavación en roca

Excavación de la roca en las zonas designadas, de modo que se consiga el gálibo interior requerido. El espesor excavado será el suficiente para eliminar el conflicto de la colisión.

En caso de ser necesario, posteriormente, se aplicará una capa de sellado de hormigón proyectado con fibras de espesor 5 cm en la zona a fin de estabilizarla.

8.2. Ampliación de la sección por rebaje de la plataforma

Tal y como se ha comentado anteriormente, se ejecutará rebaje de la plataforma en varios túneles de la línea.

Del conjunto de actividades a ejecutar para llevarlo a cabo, se realizará una primera fase en corte parcial de vía y una segunda fase en corte total.

8.2.1. Primera fase: trabajos a realizar en corte de vía parcial

Corresponde a trabajos previos que se realizarán antes de proceder al rebaje de la plataforma propiamente dicho, y tienen por finalidad dejar en condiciones óptimas las secciones actuales de los túneles, procediendo a la sujeción del revestimiento con anclajes antes de abordar el rebaje de plataforma.

8.2.1.1. Ejecución de anclajes

Para garantizar la estabilidad estructural de los túneles en las zonas revestidas de sillería o mampostería, se ejecutará un primer nivel de anclajes a aproximadamente 1 m sobre cabeza de carril actual consistente en una fila de bulones de acero $\Phi 25$ mm inyectados con lechada, subhorizontales y arriostrados longitudinalmente por perfiles en U, a modo de viga de atado para que trabajen solidariamente. Estos anclajes, de 3 m de longitud y espaciados entre sí 2 m, se ejecutarán de forma sistemática en los tramos revestidos, mediante perforadora montada sobre una plataforma ferroviaria.

8.2.2. Segunda fase: trabajos a realizar en corte total de vía

Una vez ejecutados los trabajos previos en corte de vía parcial, se procederá a ejecutar la segunda fase en corte de vía total. La actividad principal de esta fase es el rebaje de la plataforma, con objeto de obtener el gálibo suficiente.

8.2.2.1. Levante de vía

Se trata de una operación habitual en el ámbito ferroviario, que comienza con el levante de vías por parejas y posterior desguarnecido de balasto con pala-retroexcavadora. El balasto se enviará a planta de reciclado para su tratamiento.

8.2.2.2. Excavación de la solera

Para la ejecución de esta excavación se contemplan varias alternativas entre las que se encuentran:

- Utilización de fresadoras superficiales.
- Excavación pura con medios mecánicos y uso de martillos rompedores.
- Utilización de voladuras de esponjamiento combinadas con medios mecánicos (solo en caso en el que durante la ejecución de los trabajos se detecten zonas de especial dureza).

La excavación en los hastiales bajo el revestimiento/sostenimiento se realizará por bataches de 1 m de longitud con entibación de madera a modo de encofrado perdido. Se podrán ejecutar de forma simultánea en ambos hastiales con un decalaje de al menos 5 pases (10 metros). Nunca se podrán descalzar ambos hastiales de una misma sección a la vez.

8.2.2.3. Reposición del revestimiento en la zona excavada

Una vez realizada la excavación se ejecutará el revestimiento del pie de los hastiales.

En las zonas de sillares/mampostería o sostenimiento, este revestimiento consistirá en unos tacones de hormigón HA-30, de 30 cm de espesor, con una cuantía de acero mínima según la EHE-08 y una disposición de armado que facilite la puesta en obra.

En las secciones excavadas en roca no se aplicará revestimiento en la zona excavada, ya que se trata de roca de buena calidad. En caso de ser necesario, se aplicará una capa de hormigón proyectado de 5 cm de espesor.

Entre los tacones se ejecutará una pequeña solera de 10 cm de hormigón (HA-30) con malla de 6x150x150.

Posteriormente, se colocará el caz para recoger el agua de filtración del trasdós.

8.2.2.4. Reposición de la vía y servicios afectados

Finalizados los trabajos de rebaje y, tras la ejecución de la solera, se realizarán los trabajos de reposición de la vía a su cota definitiva.

9. Cumplimiento actual de gálibo

Se ha realizado un análisis del cumplimiento del **gálibo GB uniforme sin electrificación** de los túneles actuales. Para ello se han estudiado las secciones actuales de los túneles tomadas cada 50m. A continuación se incluye una tabla resumen del cumplimiento del gálibo por parte de los túneles actuales adaptados al nuevo trazado.

| Tramo | Nº | Nombre | Longitud (m) | Cumplimiento de Gálibo GB Uniforme sin electrificar |
|-------|----|---------------------|--------------|---|
| 3 | 1 | del Conejo | 54,9 | NO |
| | 2 | Peña Meseguera | 167,1 | NO |
| | 3 | Sanchilerín | 141,0 | SI |
| | 4 | Lecinar | 517,1 | NO |
| | 5 | La Gargocha | 313,2 | NO |
| | 6 | La Peña | 337,7 | SI |
| | 7 | Las Lanas | 419,1 | NO |
| | 8 | Santa Quiteria | 361,1 | SI |
| | 9 | Oval | 11,6 | SI |
| 4 | 10 | La Salve | 160,9 | NO |
| 5 | 11 | Jaca 1 | 77,5 | SI ^(*) |
| | 12 | Jaca 2 | 123,7 | NO |
| | 13 | Jaca 3 | 114,6 | NO |
| | 14 | Jaca 4 | 55,7 | SI ^(*) |
| | 15 | Castiello 1 | 429,2 | NO |
| | 16 | Castiello (Caracol) | 868,3 | SI ^(*) |
| | 17 | Castiello 3 | 235,9 | SI ^(*) |
| | 18 | Villanúa 1 | 376,6 | SI ^(*) |
| | 19 | Villanúa 2 | 252,6 | SI ^(*) |
| | 20 | Villanúa 3 | 391,7 | SI ^(*) |
| | 21 | Villanúa 4 | 142,9 | SI ^(*) |
| | 22 | Villanúa 5 | 63,5 | SI |
| | 23 | Villanúa 6 | 131,0 | SI |
| | 24 | Villanúa 7 | 114,3 | SI |
| | 25 | Villanúa 8 | 178,2 | SI ^(*) |
| | 26 | Villanúa 9 | 497,1 | SI ^(*) |
| | 27 | Canfranc 1 | 910,9 | SI |
| | 28 | Canfranc 2 | 417,7 | SI ^(*) |

| Tramo | Nº | Nombre | Longitud (m) | Cumplimiento de Gálibo GB Uniforme sin electrificar |
|-------|----|------------|--------------|---|
| | 29 | Canfranc 3 | 241,1 | NO |

^(*) Con modificación de trazado y rebaje de 5 cm rasante en zona puntual, sin necesidad de actuación en túnel

^(*) Con modificación de trazado, sin necesidad de actuación en túnel

^(*) Con modificación de trazado y rebaje de 5-15 cm rasante en zona puntual, sin necesidad de actuación en túnel

Tabla 31 – Cumplimiento de Gálibo GB Uniforme de túneles actuales

10. Actuaciones propuestas

A continuación, se incluyen dos tablas, donde se muestran las actuaciones propuestas para cada uno de los túneles en cada opción.

| Actuaciones | Nº Túnel | Nombre |
|---|------------|---------------------|
| Rebaje de plataforma y subsanación de las problemáticas y patologías existentes | 1 | Del Conejo |
| | 2 | Peña Meseguera |
| | 4 | Lecinar |
| | 5 | La Gargocha |
| | 7 | Las Lanas |
| | 10 | La Salve |
| | 12 | Jaca2 |
| | 13 | Jaca 3 |
| | 15 | Castiello 1 |
| | 29 | Canfranc 3 |
| Subsanación de las problemáticas y patologías existentes | 3 | Sanchilerín |
| | 6 | La Peña |
| | 8 | Santa Quiteria |
| | 9 | Oval |
| | 11 | Jaca 1 |
| | 14 | Jaca 4 |
| | 16 | Castiello (Caracol) |
| | 17 | Castiello 3 |
| | 18 | Villanúa 1 |
| | 19 | Villanúa 2 |
| | 20 | Villanúa 3 |
| | 21 | Villanúa 4 |
| | 22 | Villanúa 5 |
| | 23 | Villanúa 6 |
| | 24 | Villanúa 7 |
| | 25 | Villanúa 8 |
| | 26 | Villanúa 9 |
| | 27 | Canfranc 1 |
| 28 | Canfranc 2 | |

Tabla 32 – Actuaciones propuestas en cada uno de los túneles (Opción 1)

| Actuaciones | Nº Túnel | Nombre |
|--|---|---------------------|
| Rebaje de plataforma y ampliación de sección en bóveda y hastiales | 1 | Del Conejo |
| | 2 | Peña Meseguera |
| | 4 | Lecinar |
| | 5 | La Gargocha |
| | 7 | Las Lanas |
| | 10 | La Salve |
| | 12 | Jaca2 |
| | 15 | Castiello 1 |
| | 3 | Sanchilerín |
| | 6 | La Peña |
| Subsanación de las problemáticas y patologías existentes | 8 | Santa Quiteria |
| | 9 | Oval |
| | 11 | Jaca 1 |
| | 14 | Jaca 4 |
| | 16 | Castiello (Caracol) |
| | 17 | Castiello 3 |
| | 18 | Villanúa 1 |
| | 19 | Villanúa 2 |
| | 20 | Villanúa 3 |
| | 21 | Villanúa 4 |
| | 22 | Villanúa 5 |
| | 23 | Villanúa 6 |
| | 24 | Villanúa 7 |
| | 25 | Villanúa 8 |
| | 26 | Villanúa 9 |
| | 27 | Canfranc 1 |
| | 28 | Canfranc 2 |
| | Ampliación de sección en bóveda y hastiales | 13 |
| Rebaje de plataforma, ejecución de nichos y subsanación de las problemáticas y patologías existentes | 29 | Canfranc 3 |

Tabla 33 - Actuaciones propuestas en cada uno de los túneles (Opción 2)

Como se puede observar en las dos tablas anteriores, existen 19 túneles en los que únicamente se van a realizar labores de subsanación de problemáticas y patologías existentes, independientemente de si se implanta el gálibo GB con o sin electrificación.

En el siguiente apartado, se describen las actuaciones particulares a realizar en cada uno de ellos.

10.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Toda la problemática descrita en este apartado, túnel por túnel, se subsanará siguiendo las actuaciones indicadas para cada una de ellas en el *Apartado 7. Actuaciones propuestas para la subsanación de las problemáticas y patologías existentes.*

10.1.1. Túnel 3. Sanchilerín

Se han detectado zonas con la mampostería degradada por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

También se han detectado fisuras transversales en la zona del emboquille de salida, en general de menor entidad. Debido a que se desconoce si hay daños mayores en el sostenimiento del túnel, se propone realizar las actuaciones descritas previamente para su reparación.

Como se indica anteriormente, se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel, algunas con arrastre de finos. En muchos casos estas filtraciones crean zonas mojadas que llegan incluso a gotear sobre la vía, sobre todo en la primera mitad del túnel. En estas zonas donde se observa una mayor humedad en la bóveda llegando a gotear, se recomienda acometer las actuaciones descritas anteriormente y vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

En alguna zona se ha localizado un abombamiento en el hastial izquierdo, que denota que la sección del túnel ha sido o está siendo sometida a esfuerzos compresivos, y muy probablemente se hayan producido daños en el sostenimiento del túnel. Por este motivo, resulta necesario llevar a cabo actuaciones de refuerzo que garanticen la estabilización del túnel en el área afectada.

En el pie del hastial derecho se ubica la cuneta de drenaje, cuyas tapas de piedra se encuentran en mal estado en general. Esta cuneta se sustituirá y se añadirá una nueva en el lado izquierdo, lo cual asegurará el correcto drenaje longitudinal

a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.1.2. Túnel 6. La Peña

Se proyecta la prolongación del emboquille de entrada, en una longitud de unos 20 m, como medida de protección de la vía frente a posibles desprendimientos de roca mediante una estructura de hormigón "in-situ".

Su diseño contempla un espesor de 20 cm de hormigón en bóveda y hastiales apoyados sobre una cimentación superficial. Además, se adapta la geometría de salida mediante un pico de flauta y se dota al emboquille de aperturas a modo de ventanas al lado opuesto a la montaña, con el fin de favorecer el aspecto estético, así como facilitar la entrada de luz natural, la cual hace que la transición sea más homogénea.

Su diseño y justificación se puede consultar en el Anejo nº21- Túneles del "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: AYERBE – CALDEARENAS"

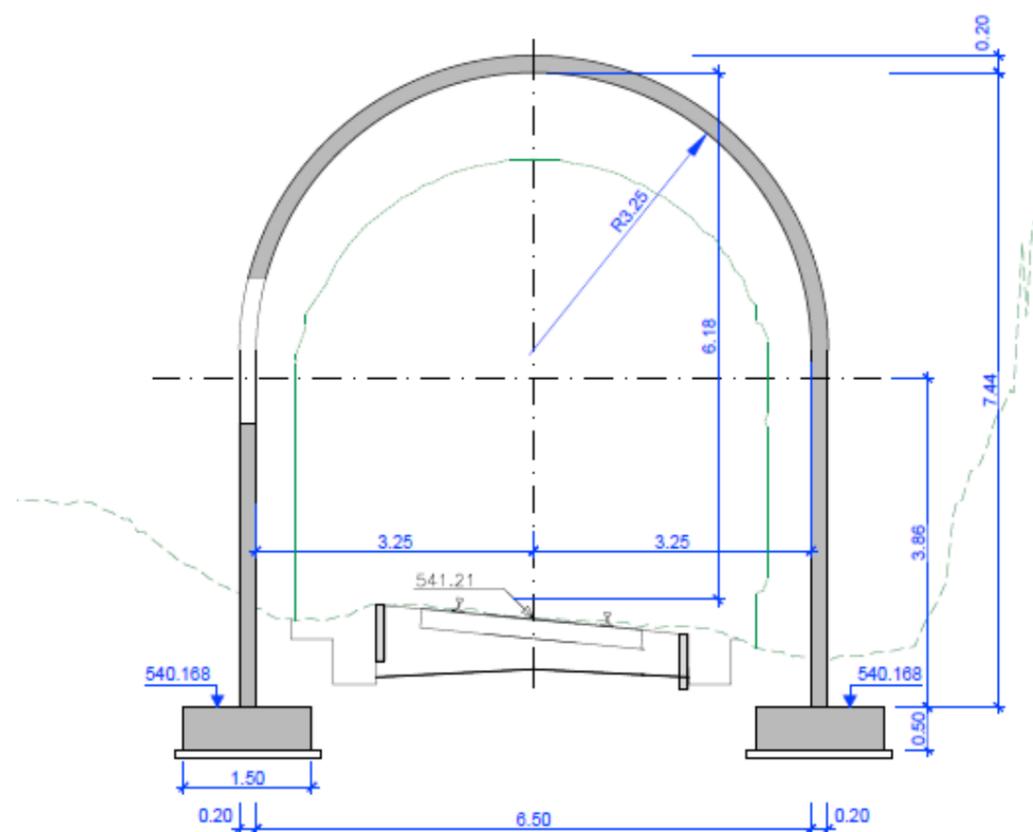


Figura 4 - Diseño de la prolongación del emboquille del túnel n°6 – La Peña

En el túnel 6 se han detectado zonas con la mampostería degradada por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

También se han detectado microfisuras en el tramo de hormigón in situ de menor entidad, la mayoría de ellas en zonas con filtraciones.

El túnel presenta numerosas filtraciones, de carácter antiguo con arrastre de finos y activas que crean zonas mojadas y áreas donde se producen goteos.

En zonas con humedad, se observa la falta o ausencia de rejuntado entre los bloques, ya que el mortero ha sido disuelto. También se han observado oquedades en las que se recomienda reponer las piezas y rellenar los huecos.

Se ha detectado un desprendimiento en el hastial derecho, por lo que parece que hay daños en el sostenimiento del túnel en ese área.

La cuneta de drenaje ubicada en el lado derecho se trata de una cuneta con tapas de piedra algunas de ellas en mal estado o incluso rotas. Ya que parte de las actuaciones contempladas en el proyecto incluyen la sustitución de la plataforma y reajuste de la rasante, se sustituirá la cuneta situada en el lado derecho y se añadirá una nueva en el lado izquierdo que permita un correcto drenaje longitudinal. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.1.3. Túnel 8. Santa Quiteria

En el emboquille de entrada se ha observado ausencia de rejuntado entre los sillares, por lo que se recomienda añadir mortero en las juntas.

En el lado izquierdo del emboquille de salida aparecen niveles areniscos de potencia métrica que han sido descalzados por fenómenos de erosión diferencial. Se propone la ejecución de un tape de hormigón que permita el apoyo de estos bloques ahora en voladizo.

Se han observado zonas con la mampostería degradadas por la humedad, se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Adicionalmente, se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel algunas con arrastre de finos. Además, se detectan varias zonas con goteos tanto en la bóveda como en los hombros. Se recomienda vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

Se han detectado varias áreas tanto en la bóveda como los hastiales donde debido a las filtraciones se ha producido una pérdida del rejuntado. Se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado.

Existe una localización donde falta un bloque de sillería. Se recomienda reponer la pieza desprendida.

La cuneta de drenaje ubicada en el lado derecho se trata de una cuneta abierta. Se sustituirá la cuneta situada en el lado derecho y se añadirá una nueva en el

lado izquierdo que permitan un correcto drenaje longitudinal. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.1.4. Túnel 9. Oval

El talud izquierdo de la boquilla de salida se encuentra afectado por fenómenos de erosión diferencial con bloques de areniscas en voladizo, por lo que se propone la ejecución de un tape de hormigón que permita el apoyo de la roca.

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad, se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se han observado algunas fisuras de menor entidad en el hastial derecho. En todas ellas se recomienda vigilar su evolución y sellarlas.

Como se indicaba, se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel algunas con arrastre de finos de carácter antiguo. Se recomienda vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

Se han detectado varias áreas principalmente en los hastiales y hombros donde se ha producido una pérdida del rejuntado. Se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado.

10.1.5. Túnel 11. Jaca 1

Se acometerá la reconstrucción de las partes derruidas e inestables de los muros frontales de mampostería en ambos emboquilles.

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con la mampostería degradadas por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, o carbonatación.

Se han detectado varias grietas en el interior del túnel; dos situadas en el emboquille de entrada y otra en su interior.

Se observan filtraciones a lo largo de casi todo el túnel, algunas con arrastre de materiales.

Principalmente en la bóveda y en zonas con humedad, se observa la falta de rejuntado entre los bloques ya que el mortero ha sido disuelto.

Tras la limpieza de los bloques, se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado.

Adicionalmente, se han detectado puntos donde faltan bloques de piedra, de forma total o parcial. Se recomienda reponer las piezas desprendidas y conectarlas al resto mediante mortero de cal.

10.1.6. Túnel 14. Jaca 4

En ambos emboquilles se procederá a la reposición de bloques desprendidos y al rejuntado de la sillería.

Se han detectado zonas con la mampostería degradada por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se ha detectado una grieta transversal a unos 42 m del emboquille de entrada que se debe reparar.

Como se ha comentado anteriormente, existen humedades y filtraciones a lo largo de todo el túnel. También se ha detectado alguna grieta transversal y una falta generalizada de rejuntado.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.1.7. Túnel 16. Castiello (Caracol)

Se realizarán trabajos de rejuntado entre sillares en los emboquilles.

Por otra parte, se propone la ejecución de nuevos mechinales en los muros de mampostería que permitan evacuar correctamente el agua del trasdós de los mismos. Además, se recomienda la colocación algún sistema de drenaje en

coronación de muros frontales que recojan las aguas que escurren por los taludes minimizando así los efectos de la humedad.

Se procederá a la limpieza mediante chorro de arena y agua a presión de todos aquellos paramentos afectados por la humedad y que presenten degradación, concreciones, eflorescencias o carbonatación.

En los dos tramos donde hay colocada lámina de impermeabilización con flujos continuos de agua bastante importantes sobre la que se debe actuar.

Existen zonas en las que el hormigón presenta coqueras y nidos de gravas que se deberán reparar.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.8. Túnel 17. Castiello 3

Se restaurarán los muros de mampostería afectados por desprendimientos.

Por otra parte, se recomienda la colocación de cunetas en coronación de muros frontales y bajantes en taludes laterales revestidos que recojan las aguas que escurren por los taludes minimizando así los efectos de la humedad.

Se realizará una limpieza mediante chorro de arena y agua a presión de todos aquellos paramentos afectados por la humedad y que presenten degradación, concreciones, eflorescencias o carbonatación.

En las zonas de túnel donde no haya lámina de impermeabilización y se observen humedades y filtraciones importantes en la bóveda llegando a gotear, se adoptarán las medidas de impermeabilización y drenaje.

En el tramo final con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se propone actuar en zonas puntuales con filtraciones y goteos importantes. En primer lugar, saneando las zonas afectadas y posteriormente colocando mantas de impermeabilización ignífuga.

También se procederá a la sustitución de la lámina de impermeabilización existente en estado defectuoso.

En el caso de surgencias permanentes de agua en mechinales, con un caudal significativo, ésta se conducirá a las cunetas a través de bajantes.

Las coqueras y los desconchones detectados en zonas de bóveda revestida con hormigón encofrado, está asociada a las filtraciones existentes principalmente en línea de clave y se corregirán de acuerdo con lo propuesto anteriormente.

Se sustituirá la cuneta existente en margen izquierda y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial derecho, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.9. Túnel 18. Villanúa 1

Se propone la ejecución de nuevos mechinales en los muros de mampostería que permitan evacuar correctamente el agua del trasdós de los mismos. Además, se recomienda la colocación de cunetas en coronación de muros frontales y laterales que recojan las aguas que escurren por los taludes minimizando así los efectos de la humedad.

Se procederá a la limpieza mediante chorro de arena y agua a presión de todos aquellos paramentos afectados por la humedad y que presenten degradación, concreciones, eflorescencias o carbonatación.

En las zonas de túnel donde no haya lámina de impermeabilización y se observan humedades y filtraciones importantes en la bóveda llegando a gotear, se propone adoptar las medidas de impermeabilización y drenaje para el caso de revestimiento de sillería.

En el tramo con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se propone actuar en zonas puntuales con filtraciones y goteos importantes. En primer lugar, saneando las zonas afectadas y posteriormente colocando mantas de impermeabilización ignífuga.

También se procederá a la reposición de los paños de lámina de impermeabilización existente en estado defectuoso.

En el caso de surgencias permanentes de agua en mechinales, con un caudal significativo, ésta se conducirá a las cunetas a través de bajantes.

Las coqueras y desconchones detectados en zonas de bóveda revestida con hormigón encofrado, está asociada a las filtraciones existentes principalmente en línea de clave y se corregirán de acuerdo con lo propuesto anteriormente.

Se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado, por causa de las filtraciones.

Se sustituirán las cunetas existentes en ambos hastiales, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.10. Túnel 19. Villanúa 2

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con los paramentos degradados por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, o carbonatación.

Se observan filtraciones a lo largo de casi todo el túnel, algunas con arrastre de materiales. Se propone adoptar las medidas de impermeabilización y drenaje en las zonas de mayor presencia de agua y con el revestimiento más deteriorado (se estima en un 25% de la superficie total).

En el caso de surgencias permanentes de agua en mechinales, con un caudal significativo, ésta se conducirá a las cunetas a través de bajantes.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.11. Túnel nº20. Villanúa 3

Se procederá a la limpieza mediante chorro de arena y agua a presión de todos aquellos paramentos afectados por la humedad y que presenten degradación, eflorescencias o carbonatación.

Para hacer frente a filtraciones, humedades y eflorescencias se proyecta impermeabilizar la bóveda en todo el túnel.

En los tramos con revestimiento de mampostería que presenten ausencia de mortero en las juntas entre bloques se realizarán trabajos de saneo y rejuntado de sillares.

En los casos donde se localizan coqueras y algunos desprendimientos puntuales de hormigón se procederá de acuerdo con las actuaciones descritas en los apartados anteriores.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.12. Túnel nº21. Villanúa 4

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con los paramentos degradados por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Para subsanar filtraciones, humedades y eflorescencias se propone impermeabilizar la bóveda en todo el túnel.

En los casos donde se localizan coqueras y algunos desprendimientos puntuales de hormigón se

procederá de acuerdo a lo indicado anteriormente.

Se realizarán trabajos de saneo y rejuntado de sillares de revestimiento en los hastiales que presenten ausencia de mortero en las juntas entre bloques.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.13. Túnel nº22. Villanúa 5

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se detecten manchas de humedad, eflorescencias o carbonatación en los paramentos.

Para reparar y paliar los efectos de filtraciones, humedades y eflorescencias se propone, en primer lugar, sanear las zonas con el hormigón deteriorado en clave de bóveda y a continuación realizar un refuerzo del sostenimiento en dichas zonas que se estima en un 40% de la superficie de clave total del túnel.

Posteriormente, se contempla la impermeabilización de la bóveda en todo el túnel.

Las cocheras y desconchones existentes están asociadas a las filtraciones existentes principalmente en línea de clave y se corregirán de acuerdo con lo propuesto anteriormente.

En las zonas en las que se aprecia erosión y falta de rejuntado se aplicarán las actuaciones descritas anteriormente en los bloques de sillería de los hastiales que presenten falta de rejuntado.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.14. Túnel nº23. Villanúa 6

Con el objetivo de proteger la vía frente a posibles desprendimientos de roca, se proyecta la prolongación del emboquille de salida, en una longitud de 8 m, mediante una estructura de hormigón armado "in-situ". Su diseño contempla una

geometría similar a la del túnel con bóveda circular y hastiales verticales, pero de mayores dimensiones interiores consiguiendo del orden de 35 cm más de gálibo respecto al existente.

El frontal del emboquille se mantiene vertical. El espesor tanto de bóveda como de hastiales es de 20 cm y la cimentación se realiza sobre zapatas superficiales. En el empotramiento hastial-zapata se prevén cartelas exteriores de 0,25 m de ancho por 1,00 m de alto.

Su diseño y justificación se puede consultar en el Anejo nº21- Túneles del "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: JACA - CANFRANC"

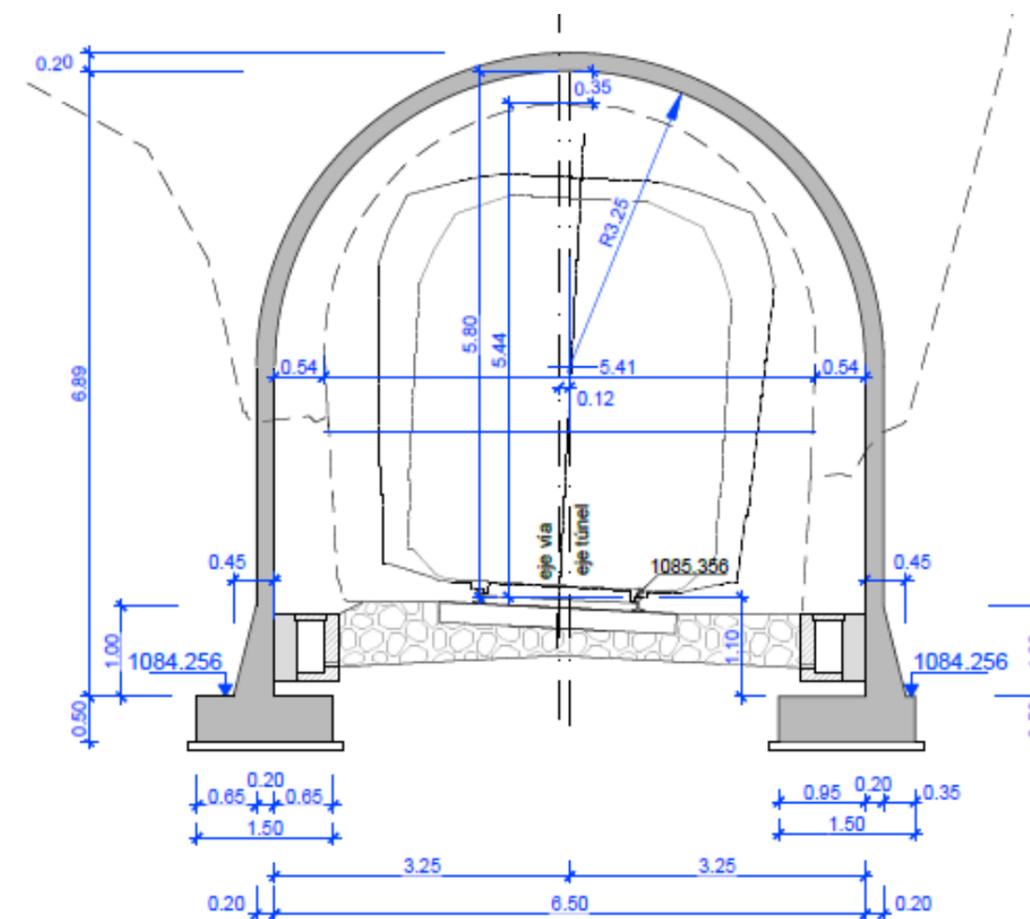


Figura 5- Diseño de la prolongación del emboquille del túnel nº23 – Villanúa 6

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se detecten manchas de humedad, eflorescencias o carbonatación en los paramentos.

En la parte final del túnel se observa en ambos hastiales la pérdida de elementos de sillería en zonas con agrietamientos. Se propone la reposición de los sillares adoptando también algunas de las medidas para el saneo y refuerzo del trasdós. No se prevé la colocación de impermeabilización.

Para reparar y paliar los efectos de filtraciones, humedades y eflorescencias se propone, en primer lugar, sanear las zonas con el hormigón deteriorado en clave de bóveda y a continuación realizar un refuerzo del sostenimiento en dichas zonas que se estima en un 40% de la superficie de clave total del túnel.

Posteriormente, se contempla la impermeabilización de la bóveda en todo el túnel.

10.1.15. Túnel nº24. Villanúa 7

El frontal del emboquille de entrada, en la esquina superior izquierda, presenta varios bloques inestables que se deberían restaurar.

Con el objetivo de proteger la vía frente a posibles desprendimientos de roca, se proyecta la prolongación de los dos emboquilles mediante una estructura de hormigón armado "in situ"; 15 m en la entrada y 27 m en la salida. Su diseño contempla una geometría similar a la del túnel con bóveda circular y hastiales verticales, pero de mayores dimensiones interiores consiguiendo del orden de 35 cm más de gálibo respecto al existente.

El frontal del emboquille se mantiene vertical y se dota al falso túnel de aperturas a modo de ventanas, en el lado opuesto a la montaña, con el fin de favorecer el aspecto estético, así como facilitar la entrada de luz natural, la cual hace que la transición sea más homogénea. El espesor tanto de bóveda como de hastiales es de 20 cm y la cimentación se realiza sobre zapatas superficiales. En el empotramiento hastial-zapata se prevén cartelas exteriores de 0,25 m de ancho por 1,00 m de alto.

Su diseño y justificación se puede consultar en el Anejo nº21- Túneles del "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA

– CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: JACA - CANFRANC"

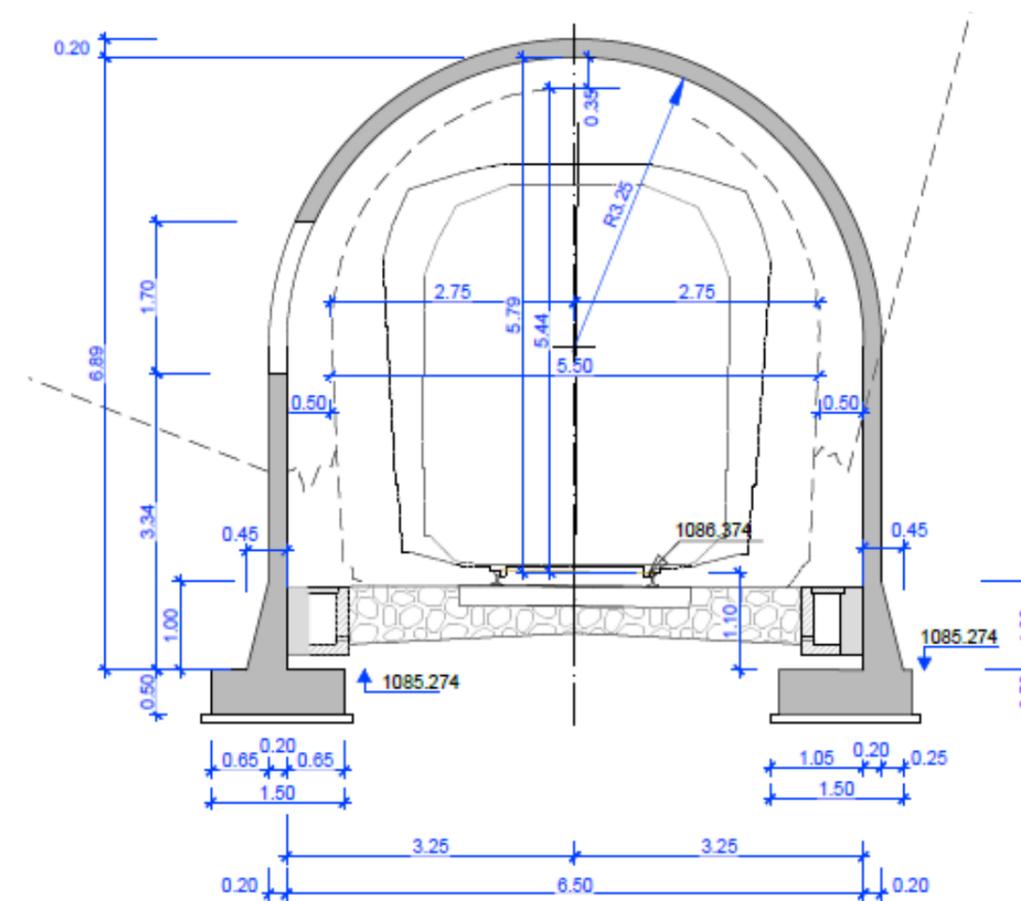


Figura 6- Diseño de la prolongación del emboquille del túnel nº24 - Villanúa 7

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se detecten manchas de humedad, eflorescencias o carbonatación en los paramentos.

Para reparar y paliar los efectos de filtraciones, humedades y eflorescencias se propone, en primer lugar, sanear las zonas con el hormigón deteriorado en clave de bóveda y a continuación realizar un refuerzo del sostenimiento en dichas zonas que se estima en un 25% de la superficie de clave total del túnel. Posteriormente, se contempla la impermeabilización de la bóveda en todo el túnel.

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con la mampostería degradada por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, o carbonatación.

Se recomienda realizar un refuerzo del sostenimiento en las dos grietas existentes en los dos emboquilles.

Se observan filtraciones a lo largo de casi todo el túnel, algunas con arrastre de materiales. Se propone adoptar las medidas descritas previamente en las zonas de mayor presencia de agua y con el revestimiento más deteriorado (se estima en un 25% de la superficie total). Adicionalmente se prevé la colocación de lámina de impermeabilización en toda la bóveda del túnel.

En el caso de surgencias permanentes de agua en mechinales, con un caudal significativo, ésta se conducirá a las cunetas a través de bajantes.

En el revestimiento de mampostería, tras la limpieza de los bloques, se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado.

Adicionalmente, se han detectado puntos donde faltan bloques de piedra. Se recomienda reponer las piezas desprendidas y conectarlas al resto mediante mortero de cal.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.18. Túnel nº27. Canfranc 1

En el emboquille de entrada se considera necesario drenar el talud en cabecera canalizando el agua hasta la cuneta de la vía y evitando así su acumulación en la parte superior del emboquille y su posterior infiltración en el interior del túnel.

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con la mampostería degradada por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con

chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, o carbonatación.

En los primeros 65 m de túnel, donde toda la sección está revestida de mampostería, se proponen adoptar medidas de impermeabilización y drenaje para solucionar las patologías existentes.

En el tramo con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se propone actuar en zonas puntuales con filtraciones y goteos importantes. En primer lugar, saneando las zonas afectadas y posteriormente colocando mantas de impermeabilización ignífuga.

En el caso de flujos de agua continuos en mechinales o puntos de surgencia, con un caudal significativo, ésta se conducirá a las cunetas a través de bajantes.

En el revestimiento de mampostería, tras la limpieza de los bloques, se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado. Adicionalmente, se han detectado puntos donde faltan bloques de piedra. Se recomienda reponer las piezas desprendidas y conectarlas al resto mediante mortero de cal.

En los tramos de túnel reforzados con cerchas y gunita se repondrán las capas de gunita desprendidas.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.1.19. Túnel nº28. Canfranc 2

Con el objetivo de proteger la vía frente a posibles desprendimientos de roca, se proyecta la prolongación del emboquille de salida, en una longitud de 12 m, mediante una estructura de hormigón armado "in-situ". Su diseño contempla una geometría similar a la del túnel con bóveda circular y hastiales verticales, pero de mayores dimensiones interiores consiguiendo del orden de 35 cm más de gálibo respecto al existente.

Su diseño y justificación se puede consultar en el Anejo nº21- Túneles del “PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: JACA - CANFRANC”

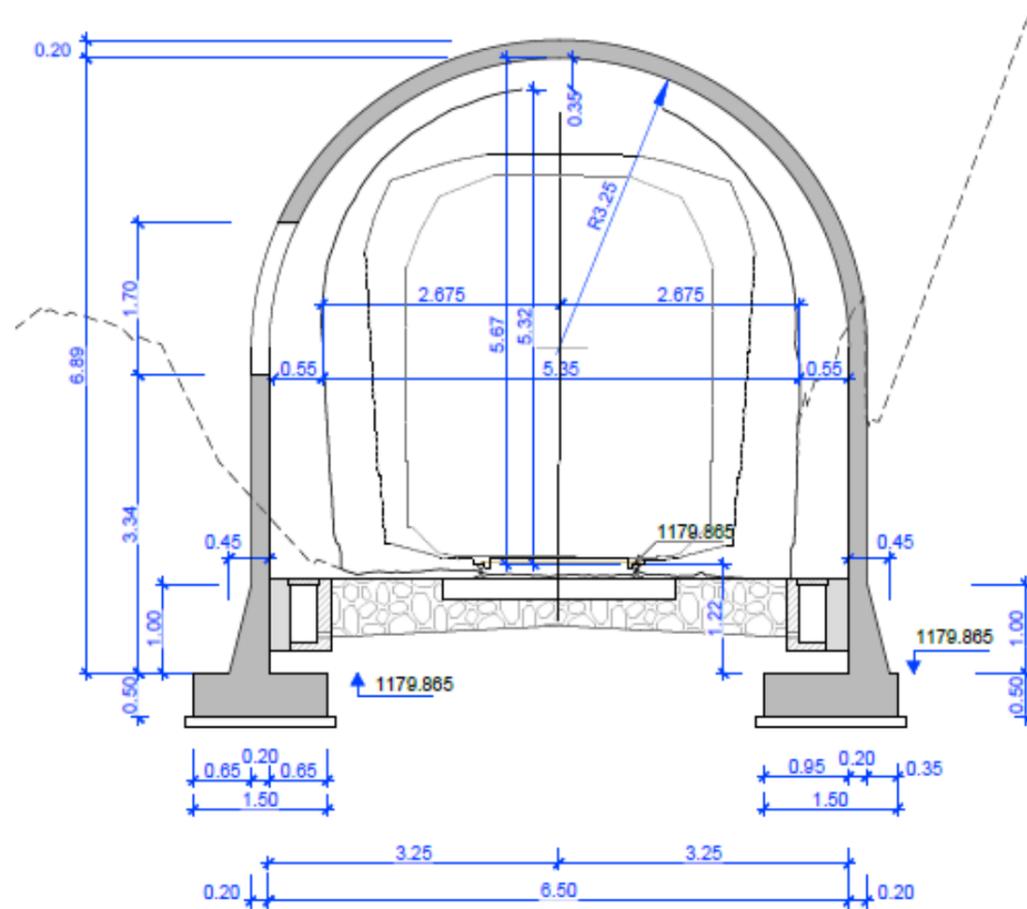


Figura 8- Diseño de la prolongación del emboquille del túnel n°28 – Canfranc 2

El frontal del emboquille se mantiene vertical y se dota al falso túnel de aperturas a modo de ventanas, en el lado opuesto a la montaña, con el fin de favorecer el aspecto estético, así como facilitar la entrada de luz natural, la cual hace que la transición sea más homogénea. El espesor tanto de bóveda como de hastiales es de 20 cm y la cimentación se realiza sobre zapatas superficiales. En el empotramiento hastial-zapata se prevén cartelas exteriores de 0,25 m de ancho por 1,00 m de alto.

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se detecten manchas de humedad, eflorescencias o carbonatación en los paramentos.

En el tramo con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se propone actuar en zonas puntuales con filtraciones y goteos importantes. En primer lugar, saneando las zonas afectadas y posteriormente colocando mantas de impermeabilización ignífuga.

Las coqueas y desconchones, detectadas en zonas de bóveda revestida con hormigón encofrado, están asociados a las filtraciones existentes principalmente en línea de clave y se corregirán de acuerdo con lo propuesto anteriormente.

En los tramos de túnel reforzados con cerchas y/o gunita se repondrán las capas de gunita desprendidas.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.2. Implantación del gálibo GB uniforme sin electrificación

A lo largo de la línea Huesca-Canfranc nos encontramos con 10 túneles en los que se realizarán diferentes actuaciones, dependiendo de si se procede a la ampliación de sección con electrificación o no.

En el caso de que se proyecte la implantación del gálibo sin electrificación, no será necesaria la ampliación de la bóveda, ya que con la ejecución del rebaje correspondiente se asume la falta de espacio necesario.

Toda la problemática descrita en el apartado *Subsanación de las problemáticas y patologías existentes*, túnel por túnel, se subsanará siguiendo las actuaciones indicadas para cada una de ellas en el *Apartado 7. Actuaciones propuestas para la subsanación de las problemáticas y patologías existentes*.

A continuación, se describen el conjunto de actuaciones a realizar, túnel por túnel, para la implantación del gálibo GB sin electrificación.

10.2.1. Túnel 1. Del Conejo

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº1 - El Conejo para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.1.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Se repondrán los sillares caídos debido a los desprendimientos en el emboquille de salida.

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena y agua a baja presión en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

En la zona de los emboquilles, existen grietas que son de mayor entidad que otras encontradas en otros túneles. Debido a su localización, se opta por reforzar el sostenimiento.

Se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel, algunas con arrastre de finos. Se recomienda tras la limpieza de los bloques, vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

Se implantarán cunetas a ambos lados que permitan la correcta evacuación longitudinal del agua. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.2.1.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel estando sus valores comprendidos entre 0,62 y 0,70 m.

10.2.2. Túnel nº2. Peña Meseguera

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº2 - Peña Meseguera para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.2.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

En el emboquille de salida se han observado huecos en los sillares y algún desprendimiento parcial. Se recomienda que sean repuestos los faltantes.

Principalmente en los emboquilles y en los pies de los hastiales, se han detectado zonas con la mampostería degradada por la humedad, se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se han detectado principalmente una grieta transversal de mayor entidad en la boquilla de entrada y fisuras transversales de menor entidad a lo largo del túnel. Para el caso de la grieta al inicio del túnel, al encontrarse cerca del emboquille, se recomienda hacer una actuación que refuerce el sostenimiento del túnel. En el caso de las fisuras se recomienda su reparación.

Se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel, algunas con arrastre de finos. Además, en las zonas de los emboquilles hay marcas de humedad y áreas mojadas que producen goteos. En general, se recomienda vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

En la zona del emboquille de salida donde se observa una mayor humedad en la bóveda llegando a gotear, se recomienda seguir los procedimientos indicados.

Hay una franja en cada uno de los hastiales a una altura aproximada de 50 cm, en la cual los bloques se encuentran erosionados, mostrando eflorescencia y en algunos casos llegando a tener ausencia de rejuntado que será solucionado.

Se va a proceder a la sustitución de la cuneta en el lado derecho, además de instalarse una nueva cuneta en el lado izquierdo. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.2.2.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores mínimos de 30 cm al inicio del túnel hasta llegar a 1,00 m.

El rebaje de mayor espesor se localiza en el p.k. 208+245 y alcanza un valor de 1,00 m; el de menor espesor está en la zona del p.k. 208+085, y es de 30 cm.

10.2.3. Túnel nº4. Lecinar

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº4 - Lecinar para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

En este túnel es necesaria actuación y su longitud es mayor de 500m. Según la normativa ETI en vigor (Reglamento de ejecución (UE) 2019/776 de la comisión de 16 de mayo de 2019) debido a que el túnel será acondicionado a renovado no es necesaria la ejecución de un pasillo de evacuación. En el caso de aumento de sección del túnel con pasillo (como se indicaba en la normativa previa, año 2014) implicaría una actuación en la clave. En el caso de no generar pasillo de evacuación no es necesaria. Se opta por realizar la ampliación de sección sin pasillo, conforme a la normativa, debido a que la generación de pasillo conllevaría una obra más compleja y costosa .

10.2.3.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Se proyecta la prolongación del emboquille de entrada, en una longitud de unos 30 m, como medida de protección de la vía frente a posibles desprendimientos de roca mediante una estructura de hormigón "in-situ". Su diseño contempla un espesor de 20 cm para la bóveda apoyada sobre cimentación superficial.

Además, se adapta la geometría de salida mediante un pico de flauta y se dota al emboquille de aperturas a modo de ventanas, al lado opuesto a la montaña, con el fin de favorecer el aspecto estético, así como facilitar la entrada de luz natural, la cual hace que la transición sea más homogénea.

Su diseño y justificación se puede consultar en el Anejo nº21- Túneles del "PROYECTO CONSTRUCTIVO DE MEJORA INTEGRAL DE LA LÍNEA HUESCA – CANFRANC. LÍNEA BIF. CANFRANC – CANFRANC (L-204). TRAMO: AYERBE – CALDEARENAS"

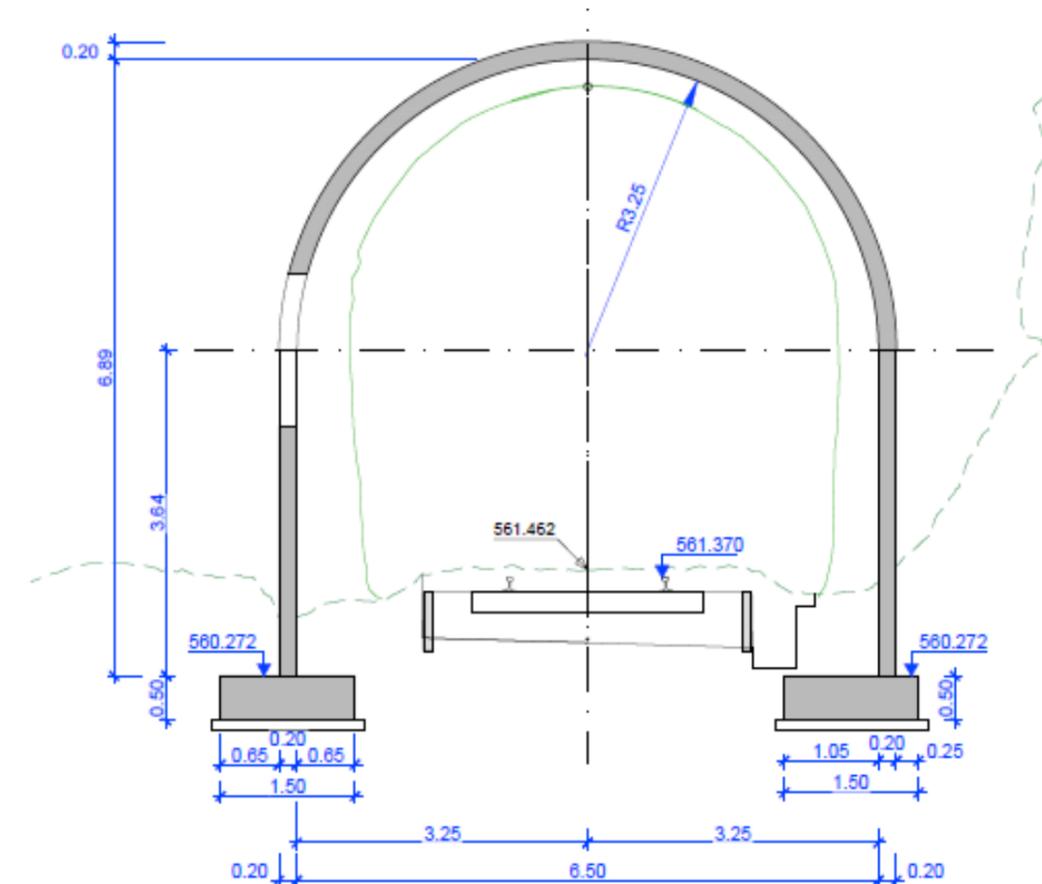


Figura 9 - Diseño de la prolongación del emboquille del túnel nº4 – Lecinar

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se han detectado fisuras en la zona del emboquille de entrada y en el tramo de hormigón proyectado, en general de pequeña magnitud. Las fisuras en el hormigón parecen debidas a problemas propios de la mala ejecución del hormigonado de la sección de hormigón, no debidos al sostenimiento.

Como se indicaba, se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel, algunas con arrastre de finos. Además, en algunos casos aparecen marcas de humedad y áreas mojadas que producen goteos.

En la bóveda y en zonas con humedad se observa la falta de rejuntado entre los bloques ya que el mortero ha sido disuelto.

En el tramo de hormigón proyectado se ha podido ver el mallazo al descubierto e incluso un pequeño desconchón del gunitado.

Se reemplazará la cuneta del lado derecho y se dispondrán nuevas tapas de hormigón que serán transitables.

10.2.3.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores máximos de 0,80 m en el entorno del p.k. 211+885 y mínimos de 0,15 m en el entorno del p.k. 211+635.

10.2.4. Túnel nº5. La Gargocha

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº5 - La Gargocha para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.4.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Como se indicaba, se han detectado filtraciones a lo largo de todo el túnel algunas con arrastre de finos. Además, en algunos casos aparecen marcas de humedad y áreas mojadas que producen goteos. Se recomienda vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

En las zonas donde se observa una mayor humedad en la bóveda llegando a gotear, se recomienda, tras la limpieza de los bloques, utilizar un sistema de guiado de la humedad hacia las canaletas de drenaje además de cubrir la zona con una lámina geotextil.

En la bóveda y en zonas con humedad, se observa la falta de rejuntado entre los bloques ya que el mortero ha sido disuelto.

Tras la limpieza de los bloques, se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado.

Adicionalmente, a 282 m del emboquille de entrada falta parte de uno de los bloques de piedra de la bóveda. Se recomienda reponer la pieza desprendida y conectarla al resto mediante mortero.

En el tramo del falso túnel se han detectado zonas donde se puede ver la malla electrosoldada o las cerchas al descubierto. En el caso de la cercha o soporte metálico, se recomienda realizar el saneo del recubrimiento parcial de gunita, seguido del pasivado de las zonas oxidadas y la posterior impermeabilización del elemento metálico con pintura protectora.

En las zonas donde la malla electrosoldada está al descubierto, se recomienda hacer un saneo del hormigón, limpiar la armadura existente y cubrir la zona afectada con hormigón o mortero de alta resistencia.

Junto al hastial derecho, el túnel dispone de una canaleta con tapas de losetas de piedra, algunas de ellas en mal estado o incluso rotas. Dado que se va a sustituir la plataforma para ajustar la cota de la rasante, se reemplazará la cuneta del lado derecho y se dispondrá una nueva cuneta en el lado izquierdo, ambas tapadas con losas de hormigón transitables.

10.2.4.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, habiéndose limitado a un máximo de 1,0 m, situado en la zona del entorno del p.k. 214+600. El rebaje mínimo de plataforma proyectado se corresponde con 0,09 m en el entorno del p.k. 214+910.

10.2.5. Túnel nº 7. Las Lanás

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 7 - Las Lanás para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.5.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

En el emboquille de entrada habrá que reconstruir la parte derruida del muro derecho.

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se han detectado principalmente una grieta transversal de mayor entidad en la boquilla de entrada y otra a 52 m de esta. Para la grieta de la boquilla de entrada se propone reforzar el sostenimiento, mientras que para la segunda solo será necesaria su reparación.

Como se indicaba, se han detectado antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel algunas con arrastre de finos. Además, se detectan varias zonas con goteos tanto en la bóveda como en los hombros. Se recomienda vigilar la evolución por si aumentase la filtración de agua que pudiera afectar al revestimiento.

Se han detectado principalmente dos áreas en la bóveda donde debido a las filtraciones se ha producido una pérdida del rejunto. Además de esto hay 3 localizaciones donde falta un bloque completo o se ha perdido parcialmente un bloque de sillería.

10.2.5.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel estando sus valores comprendidos entre 1,35 y 1,70 m.

10.2.6. Túnel nº10. La Salve

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 10 - La Salve para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.6.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Los sillares de ambos emboquilles se encuentran sensiblemente meteorizados, por lo que se procederá a la reposición de bloques desprendidos y al rejunto de la sillería.

En ambos emboquilles del túnel y en algunas zonas de su interior se han detectado filtraciones sobre las que se actuará.

Se sustituirá la cuneta existente en el margen izquierdo y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial derecho, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

10.2.6.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores entre 0,30 y 0,90 m a lo largo de toda la traza del túnel.

10.2.7. Túnel nº12. Jaca 2

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 12 – Jaca 2 para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.7.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

En el lado izquierdo del emboquille de salida se observa un pequeño desprendimiento de la gunita que cubre la roca. Se propone su limpieza y reposición.

En el emboquille de salida también se observa la falta de algún sillar en la imposta. Se recomienda su reposición y el rejunto de toda la imposta.

A lo largo de todo el túnel se han podido detectar numerosas zonas con los paramentos degradados por la humedad. Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena principalmente en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias, o carbonatación.

Se han localizado humedades a lo largo 62 m comenzando a 50 m del emboquille de entrada, será necesario actuar sobre estas. El mismo tratamiento se aplicará en las coqueras transversales en toda la sección de bóveda derivadas de las filtraciones en línea de clave.

Se propone el saneo y rejunto de todas las juntas transversales entre puestas de hormigón encofrado de bóveda. Se aplicará la misma operación en los bloques de sillería de los hastiales que presenten falta de rejunto.

En los tramos de hormigón encofrado y proyectado se localizan puntos con coqueras y desconchones que dejan mallazo al descubierto y que en algunos casos están oxidados.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal

a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.2.7.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores entre 0,20 m en el emboquille de entrada, hasta los 0,68 m en el emboquille de salida.

10.2.8. Túnel nº13. Jaca 3

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 13 – Jaca 3 para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.8.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

En el emboquille de salida se procederá a la reposición de bloques desprendidos y al rejuntado de la sillería.

Se realizará una limpieza con chorro de arena de aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

Se prevé la colocación de lámina de impermeabilización ignífuga en la bóveda de todo el túnel.

A las zonas que presenten degradación en el hormigón (proyectado) o mallazo visto se les aplicará una capa de sellado de gunita.

Por último, se ejecutarán inyecciones de lechada de cemento en aquellos bulones que presenten algún tipo de filtración o goteo.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.2.8.2. Rebaje de la plataforma

Para la implantación del gálibo GB uniforme sin electrificación no es necesario el rebaje de la plataforma del túnel 13.

10.2.9. Túnel nº15. Castiello 1

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº15 – Castiello 1 para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.9.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Se realizarán trabajos de rejuntado entre sillares en las zonas en las que sea necesario.

Se han detectado zonas con la mampostería degradadas por la humedad, se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se presente degradación, eflorescencias o carbonatación.

En los mechinales existentes con surgencia permanente de agua donde aparecen concreciones y manchas de óxido y precipitaciones, se prevé la colocación de bajantes que conduzcan el agua a las cunetas.

En las zonas con surgencias puntuales en los hastiales se propone la formación de mechinales mediante la perforación de un taladro y la colocación de tubo de PVC con una longitud mínima de 50 cm y un diámetro mínimo de 40 mm.

Una vez realizada la limpieza de aquellas zonas afectadas por la humedad y las filtraciones, se recomienda repasar con mortero de cal las juntas de los sillares donde haya desaparecido el rejuntado o se encuentre deteriorado.

Se incluirán cunetas a ambos lados que permitan la correcta evacuación longitudinal del agua.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.2.9.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel con valores entre 0,30 y 0,68 m.

10.2.10. Túnel nº29. Canfranc 3

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº29 - Canfranc 3 para la implantación de gálibo GB uniforme sin electrificación.

10.2.10.1. Subsanación de las problemáticas y patologías existentes

Se recomienda hacer una limpieza con chorro de arena en aquellas zonas donde se detecten manchas de humedad, eflorescencias o carbonatación en los paramentos.

Se ha detectado una grieta transversal en el emboquille de salida, para cuya reparación se propone seguir las indicaciones señaladas anteriormente para este tipo de patologías.

En el revestimiento de mampostería, tras la limpieza de los bloques, se recomienda realizar un rejuntado con mortero de cal en aquellas zonas donde no hay mortero o se encuentra deteriorado. Adicionalmente, se han detectado puntos donde faltan bloques de piedra. Se recomienda reponer las piezas desprendidas y conectarlas al resto mediante mortero de cal.

En los primeros metros de túnel y en el tramo final, con revestimiento de sillería en toda la sección, se proponen adoptar medidas de impermeabilización y drenaje. En el tramo con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se propone actuar en zonas puntuales con filtraciones y goteos importantes. En primer lugar, saneando las zonas afectadas y posteriormente colocando mantas de impermeabilización ignífuga.

Las zonas con coqueras y desconchones, detectadas en zonas de bóveda revestida con hormigón encofrado, están asociadas a las humedades y filtraciones existentes principalmente en línea de clave y se corregirán de acuerdo con lo propuesto anteriormente.

En los tramos de túnel reforzados con cerchas y/o gunita se repondrán las capas de gunita desprendidas.

Actualmente el túnel presenta varios tramos con refuerzos del sostenimiento mediante cerchas metálicas y una capa de hormigón proyectado en la zona de

bóveda. Se prevé la aplicación de una capa de hormigón proyectado del orden de 20 cm. de espesor en la zona de hastiales entre dichas cerchas metálicas.

Se sustituirá la cuneta existente en margen derecha y además se ejecutará una nueva cuneta en el hastial izquierdo, asegurando el correcto drenaje longitudinal a lo largo de todo el túnel. Las nuevas cunetas dispondrán de tapas de hormigón que serán transitables.

Se repintarán las franjas indicadoras de salida en los hastiales.

10.2.10.2. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel y varía entre los 0,35 y los 0,80 m.

10.3. Implantación del gálibo GB uniforme con electrificación

Las necesidades de espacio en los túneles para la implantación del gálibo GB uniforme con electrificación hacen que se tengan que combinar las dos actuaciones anteriormente definidas, ampliación de la bóveda y rebaje de la plataforma.

Para llevar a cabo la ampliación de la bóveda es necesario conocer las características geológicas y geotécnicas de los túneles, las cuales se describen a continuación.

10.3.1. Características geológicas y geotécnicas de los túneles

10.3.1.1. Túnel nº1. Del Conejo

Comprendido entre los PP.KK. 203+074 y 203+128,9 presenta una longitud de 54,9 m. Este túnel se encuentra excavado íntegramente en la unidad T23. Esta unidad está compuesta por una alternancia de margas y areniscas entre los que se intercalan niveles arcillosos.

Se cuenta con los ensayos de laboratorio realizados en esta unidad, aunque no en la zona concreta del túnel. La información disponible más próxima es la del talud T-69, del inventario de taludes existente en la información disponible.

A continuación, se incluye una imagen existente en la ficha de dicho talud:



Figura 10 - Materiales de la unidad T23 atravesada por el túnel de El Conejo y observada en el talud T69 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

Se ha obtenido un valor medio de compresión simple $q_u=35 \text{ kg/cm}^2$, que le confiere consistencia de roca muy blanda.

Según se ha podido observar en los sondeos disponibles de esa unidad, se le asigna, de manera estimada, un valor de RMR inferior a 30. Por tanto, se espera que sea excavable con medios mecánicos convencionales y ripado en las capas centimétricas de areniscas.

En general, se trata de materiales impermeables con un drenaje deficiente.

10.3.1.2. Túnel nº2. Peña Meseguera

Comprendido entre los PP.KK. 208+081,8 y 208+248,9, presenta una longitud de 167,1 m. Al igual que el anterior, este túnel se encuentra excavado íntegramente en la unidad T23.

Se le asignan los mismos parámetros que al túnel 1. Según se ha podido observar en el talud T-58, en esta zona las capas de areniscas son más potentes, por lo que las propiedades serán mejores, y puede ser necesario el uso de voladura.

A continuación, se incluye una imagen existente en la ficha de dicho talud:

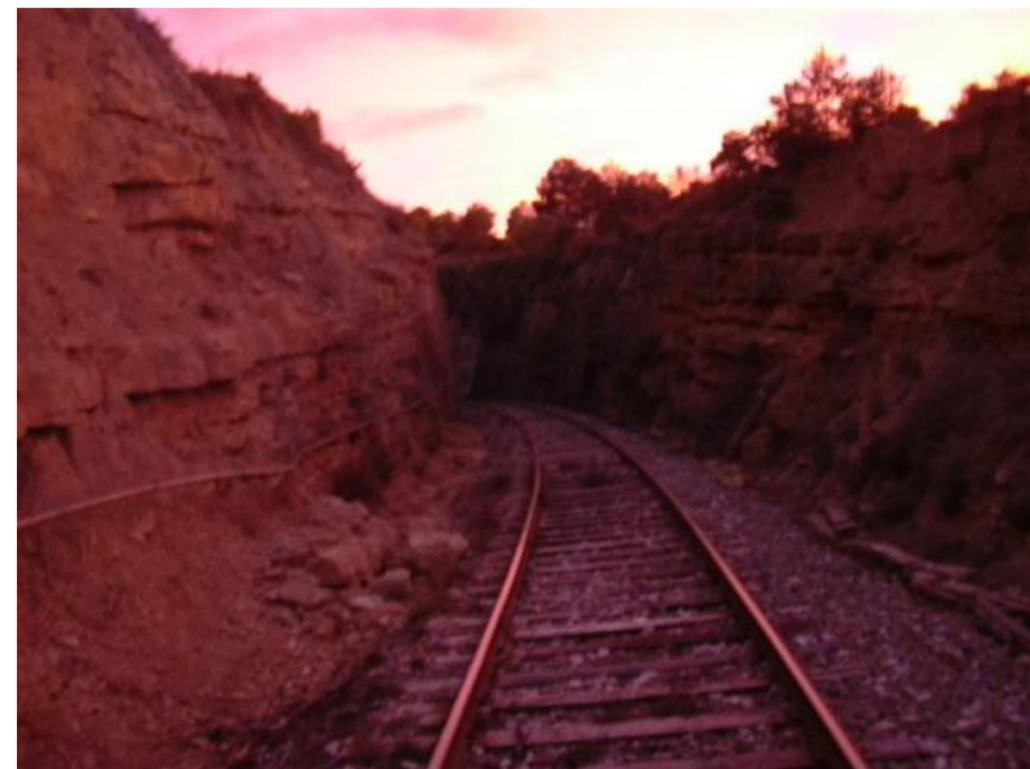


Figura 11 - Materiales de la unidad T23 atravesada por el túnel de Peña Meseguera y observada en el talud T58 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

10.3.1.3. Túnel nº4. Lecinar

Con una longitud de 517,1 m, este túnel se encuentra comprendido entre los PP.KK. 211+632,9 y 212+150.

El emboquille se dispone sobre materiales de la unidad T15, y el túnel discurre por esta unidad los primeros 150 m aproximadamente. Se trata de margas en alternancia con areniscas y areniscas calcáreas, calizas, calizas arenosas y arenas.

Se cuenta con ensayos de resistencia a compresión simple, en los que se ha obtenido un valor medio de 293 kg/cm^2 . Se corresponde con un valor de resistencia media – alta. Se trata, por tanto, de una roca moderadamente dura.

Estos materiales podrán requerir voladura para su excavación.

En vista de las fotos tomadas en los sondeos, los valores de RQD oscilan entre 80 y 100% lo que, junto a la observación del estado de las discontinuidades, resistencia de la roca, meteorización y ausencia de agua permite asignar a la unidad, de manera estimada, un RMR de 40-50. A continuación se incluye una imagen en la que se pueden observar testigos de T15 procedente del sondeo S-1 realizado para el PN 52+161.



Figura 12 - Materiales de la unidad T15 atravesada por el túnel Lecinar (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

A continuación, en el sentido creciente de la kilometración, discurre por calizas grises, localmente dolomíticas, de la unidad T12 a lo largo de unos 170 m. Estos materiales se consideran impermeables. Su permeabilidad es secundaria, asociada a la fracturación del macizo.

No se cuenta con ensayos de laboratorio en esta unidad. A continuación, se incluye una imagen de su aspecto observado en la ficha del talud T39 disponible en el inventario de taludes existente en la información disponible.



Figura 13 - Materiales de la unidad T12 atravesada por el túnel Lecinar, observada en el talud T-39 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

El macizo se encuentra bastante fracturado.

Se asigna, en base a la bibliografía existente, un rango de resistencia a compresión simple del orden de 250-500 kg/cm², correspondiente a una roca moderadamente dura.

Se estima, a partir de la resistencia a la compresión simple (en adelante RCS) y las características del macizo observadas en las fichas de taludes existentes, un valor de RMR estimado de entre 40 – 50.

Estos materiales podrán requerir voladura.

Los siguientes 100 m de túnel discurren por la unidad CT, compuesta por margas y areniscas con niveles de calizas lacustres. A continuación, se incluye una imagen de su aspecto observado en la ficha del talud T-42 y T-43:



Figura 14 - Materiales de la unidad CT atravesada por el túnel Lecinar, observada en el talud T-42 y T-43 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

Del lado de la seguridad se le asignan unos parámetros similares a los de la unidad T23 de los túneles nº 1 y 2.

Los últimos metros y el emboquille de salida se localizan sobre las calizas de pátina gris claro, C1. No se cuenta con ensayos de laboratorio en esta unidad ni se ha observado en ninguno de los taludes inventariados.

Estos materiales se consideran impermeables. Su permeabilidad es secundaria, asociada a la fracturación del macizo.

De lado de la seguridad, se ha estimado una resistencia a compresión simple de entre 250-500 kg/cm² correspondiente a una roca moderadamente dura.

Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos potentes. Podrán requerir de voladura.

10.3.1.4. Túnel nº5. La Gargocha

Comprendido entre los PP.KK. 214+596,3 y 214+909,5, presenta una longitud de 313,2 m. Este túnel se encuentra excavado íntegramente sobre las calizas de pátina gris claro, C1. Se recomienda adoptar los mismos parámetros que en el emboquille de salida del túnel nº4, Lecinar.

10.3.1.5. Túnel nº7. Las Lanás

Comprendido entre los PP.KK. 221+878,3 y 222+297,4, presenta una longitud de 419,1 m.

Este túnel se encuentra excavado íntegramente sobre las margas, areniscas y calizas con yesos de la unidad T20.

Puede presentar condiciones de drenaje deficientes en función de la morfología.

Se cuenta con dos ensayos de laboratorio de esta unidad, en los que se ha obtenido una resistencia a compresión simple de 109 y 420 kg/cm², clasificándose como una roca blanda a moderadamente dura. Además, se ha observado en numerosos taludes, tales como T-21, T23, T-27, T-28, T-29 y T-30. A continuación, se incluye una imagen del aspecto que muestra en el T-27:



Figura 15- Materiales de la unidad T20 atravesada por el túnel Las Lanás, observada en el talud T-27 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Ayerbe – Caldearenas. Plataforma y vía)

Se estima, a partir de la RCS y las características del macizo observadas en las fichas de taludes existentes, un valor de RMR estimado de entre 40 – 50.

Las condiciones de drenaje varían de deficientes a favorables, en función de la morfología. En base a datos bibliográficos, se estima un coeficiente de permeabilidad “k” entre 10⁻⁵ y 10⁻¹⁰ m/s.

Si aparecieran yesos, puede presentar asientos bruscos por disolución y agresividad al hormigón.

Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos potentes. Podrán requerir de voladura.

10.3.1.6. Túnel nº10. La Salve

Comprendido entre los PP.KK. 320+139,7 y 320+300,6, presenta una longitud de 160,9 m. Este túnel se encuentra excavado íntegramente en la unidad T14, areniscas de Sabiñánigo, compuesta por areniscas y limolitas con glauconita.

A continuación, se incluye una imagen con el aspecto de esta unidad en el sondeo SPS-89.7 (1).



Figura 16 - Testigos de la unidad T14 atravesada por el túnel Las Lanás, procedente del SPS-89.7 (1) (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo: Caldearenas – Jaca. Supresión de pasos a nivel, 2006)

El valor medio de RCS de 127 kg/cm² se corresponde con un valor de resistencia media. No obstante, dada la heterogeneidad del material, se encuentran datos

dispersos. Se cuenta además con ensayos de resistencia a tracción de la roca intacta, con un resultado medio de 10,5 kg/cm².

Será excavable con medios mecánicos potentes y podrá requerir el uso de voladura de manera puntual.

Según los datos disponibles, los valores de RQD en los sondeos oscilaban entre 10 y 50%, lo que, junto a la observación del estado de las discontinuidades, resistencia de la roca, meteorización y ausencia de agua permite asignar a la unidad un RMR de entre 30 - 40.

10.3.1.7. Túnel nº12. Jaca 2

Comprendido entre los PP.KK. 403+740,9 y 403+864,6, presenta una longitud de 123,7 m.

Este túnel se encuentra excavado íntegramente en la unidad T8. Esta unidad está compuesta por areniscas en capas gruesas y lutitas en facies turbidíticas.

A continuación, se muestra una imagen del aspecto que presenta esta unidad en la zona del túnel:



Figura 17 - Materiales de la unidad T8 atravesada por el túnel Jaca 2 (fuente: Google earth)

Se espera, por tanto, una alternancia de areniscas y lutitas. La resistencia a compresión simple esperable para este tipo de rocas es de 10-50 kg/cm² en el

caso de las lutitas, y 50-250 kg/cm² en el de las areniscas, según la bibliografía existente y la experiencia sobre este tipo de material.

Del lado de la seguridad, el RMR en conjunto podría estimarse entre 40 y 45.

Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos potentes. Los bancos de arenisca más potentes podrán requerir de voladura.

A continuación, se incluye una imagen del túnel desde los dos emboquilles:



Figura 18 - Talud derecho del emboquille de entrada del túnel 12 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo Jaca-Canfranc. Plataforma y vía. Inventario de infraestructura)

10.3.1.8. Túnel nº13. Jaca 3

Comprendido entre los PP.KK. 404+736,3 y 404+850,9, presenta una longitud de 114,6 m.

Este túnel se desarrolla íntegramente en la unidad T7, compuesta por lutitas y areniscas en facies turbidíticas.

A continuación, se incluye una imagen del aspecto de esta unidad en un afloramiento cercano.



Figura 19 - Materiales de la unidad T7 atravesada por el túnel Jaca 3 (fuente: Google earth)



Figura 20 - Aspecto de la unidad T7 (fuente: PC línea Huesca – Canfranc. Tramo Jaca-Canfranc. Plataforma y vía)

Las capas alternantes son de menor espesor, por lo que se le asigna un RMR estimado de entre 35 y 40.

Estos materiales se consideran excavables por medios mecánicos potentes. Los bancos de arenisca más potentes podrán requerir de voladura.

10.3.1.9. Túnel nº15. Castiello 1

Comprendido entre los PP.KK. 408+464,2 y 408+893,4, presenta una longitud de 429,2 m.

Este túnel se encuentra excavado íntegramente en la unidad T6, unidad compuesta por lutitas y areniscas en facies turbidíticas. En esta zona se encuentra recubierto por las morrenas glaciares.

Se espera que presente propiedades similares a las descritas para la unidad T7 en el túnel nº13, Jaca 3.

10.3.1.10. Túnel nº29. Canfranc 3

Entre el PP.KK. 424+182 y 424+422,1, este túnel presenta una longitud de 241,1 m.

Según observaciones de la hoja MAGNA 145, Sallent, está excavado en la unidad PZ2, que está compuesta por una sucesión de calizas de gris claro a negro, tableadas a muro y a techo y masivas en la parte central. A muro pueden tener pasadas centimétricas de liditas. Esta unidad puede albergar manantiales.

A continuación, se incluye una imagen del aspecto de esta unidad en el Túnel ferroviario internacional de Canfranc.



Figura 21 - Aspecto de la unidad PZ2 atravesada por el túnel Canfranc 3 (fuente: Estudio de las actuaciones para garantizar la seguridad en el túnel ferroviario de Canfranc, Ineco, Gobierno de Aragón)



Figura 22 - Materiales de la unidad PZ2 atravesada por el túnel Canfranc 3 (fuente: PC Línea Huesca – Canfranc. Tramo Jaca-Canfranc. Plataforma y vía. Inventario de infraestructura)

Para su excavación será necesario el uso de voladura.

No se cuenta con ensayos realizados en estas unidades, pero se espera que presenten unas buenas propiedades geotécnicas. Se observan signos de karstificación.

El RMR se estima que será superior a 50, y la resistencia a compresión simple de este tipo de roca es de entre 250-500 kg/cm², correspondiente a una roca moderadamente dura.

10.3.2. Predimensionamiento del sostenimiento

Una vez conocidas las características geológicas y geotécnicas de los túneles y en función del tipo de terreno existente en el trasdós de los mismos, se ha realizado un predimensionamiento del sostenimiento requerido para los túneles en los que es necesaria una ampliación de la sección con retirada de revestimiento de sillares. Para ello se han utilizado el índice RMR de Bieniawski y el índice Q de Barton, los cuales se han correlacionado mediante la expresión:

$$Q = \exp[(RMR-44) / 9]$$

El sostenimiento a utilizar se estimará mediante el ábaco de Barton, que exige el conocimiento del cociente entre la anchura de la excavación y el ESR. El parámetro ESR (Excavation Support Ratio) es un factor que pondera la importancia de la obra de acuerdo con la siguiente tabla:

| VALORES DE ESR PARA DIFERENTES NIVELES DE SEGURIDAD | | |
|---|---|-----|
| Clase | Tipo de excavación | ESR |
| A | Excavaciones mineras temporales | 3-5 |
| B | Pozos verticales de sección circular | 3,5 |
| C | Excavaciones mineras permanentes, túneles hidráulicos, túneles piloto, excavaciones iniciales en las excavaciones de gran sección | 1,6 |
| D | Cavernas de almacenamiento, plantas de tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferroviarios de sección media | 1,3 |
| E | Cavernas hidroeléctricas, túneles de gran sección, excavaciones militares, emboquilles túneles | 1 |
| F | Instalaciones nucleares, estaciones de ferrocarril e instalaciones industriales | 0,8 |

Tabla 34 - Valores ESR para diferentes niveles de seguridad

La dimensión equivalente de las galerías (DE) se define como “diámetro o anchura de excavación / ESR”, siendo ESR el parámetro definido en la tabla anterior. Según Barton, para el tipo de galería que se proyecta, ESR = 1,3 (tipo de excavación D, túneles de sección media). De acuerdo con esto, los sostenimientos requeridos en función de las características del terreno se pueden definir mediante el ábaco de Barton, que se incluye en la siguiente figura:

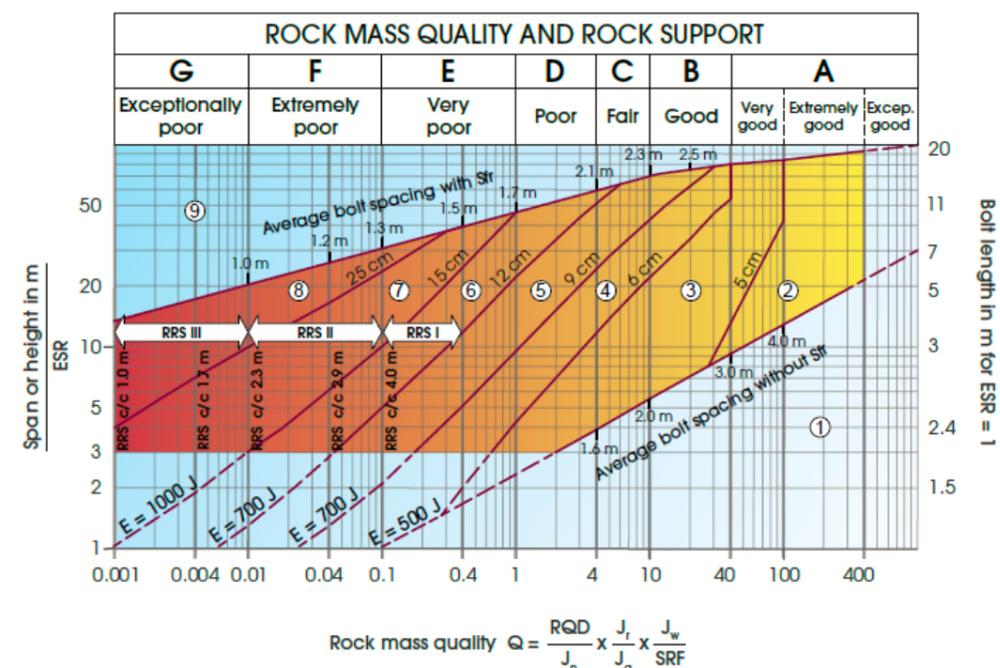


Figura 23 - Ábaco de Barton (Fuente: Using the Q-system, NGI, 2015)

| CATEGORÍAS DE SOSTENIMIENTO | |
|-----------------------------|--|
| Clase | Características |
| 1 | Sin sostenimiento |
| 2 | Bulonaje puntual, sb |
| 3 | Bulonaje sistemático, B |
| 4 | Bulonaje sistemático y hormigón proyectado sin fibras, 4-10 cm (B+S) |
| 5 | Hormigón proyectado reforzado con fibras y bulonaje, 5-9 cm (Sfr+B) |
| 6 | Hormigón proyectado reforzado con fibras y bulonaje, 9-12 cm (Sfr+B) |
| 7 | Hormigón proyectado reforzado con fibras y bulonaje, 12-15 cm (Sfr+B) |
| 8 | Hormigón reforzado con fibras (>15cm) con bulonaje y costillas de hormigón |
| 9 | Revestimiento de hormigón encofrado, CCA |

Tabla 35 - Categorías de sostenimiento

En los siguientes apartados se describirán las actuaciones necesarias en cada uno de los túneles objeto de este proyecto.

10.3.3. Actuaciones en los túneles

10.3.3.1. Túnel nº1. El Conejo

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº1 - El Conejo para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.2. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº1 El Conejo se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería y el saneo de la sección para la posterior colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían 20 cm en cada hastial y en bóveda.

En base al ábaco de Barton el nuevo sostenimiento consistirá en 15 cm de gunita y cerchas TH-21 espaciadas 1 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparamenta de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de entre 0,25 y 0,45 m en función de su ubicación.

10.3.3.3. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel estando sus valores comprendidos entre 0,62 y 0,70 m.

10.3.3.4. Túnel nº2. Peña Meseguera

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº2 - Peña Meseguera para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.5. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº2 Peña Meseguera se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería, excavación de la roca circundante entre 0.04 y 0.20 m y posterior saneo de la sección para la colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en cada hastial y 0,40 m en clave.

En base al ábaco de Barton el nuevo sostenimiento consistirá en 15 cm de gunita y cerchas TH-21 espaciadas 1 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparamenta de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de entre 0,50 y 0,90 m en función de su ubicación.

10.3.3.6. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores mínimos de 30 cm al inicio del túnel hasta llegara al 1,00 m.

El rebaje de mayor espesor se localiza en el p.k. 208+245 y alcanza un valor de 1,00 m; el de menor espesor está en la zona del p.k. 208+085, y es de 30 cm.

10.3.3.7. Túnel nº4. Lecinar

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº4 - Lecinar para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

En este túnel es necesaria la ampliación de sección y su longitud es mayor de 500m. Según la normativa ETI en vigor (Reglamento de ejecución (UE) 2019/776 de la comisión de 16 de mayo de 2019) debido a que el túnel será acondicionado a renovado no es necesaria la ejecución de un pasillo de evacuación. Sin embargo debido a que en este caso el aumento de sección de un túnel con pasillo a uno sin pasillo es muy reducida, se opta por realizar la ampliación que permite la existencia de un pasillo lateral de evacuación a lo largo de todo el túnel y de esta forma mejorar la seguridad del túnel.

10.3.3.8. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº4 Lecinar se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería, excavación de la roca circundante hasta 0.25 m y posterior saneo de la sección para la colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en cada hastial y 0,45 m en clave.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 1,5 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparamenta de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de entre 0,60 y 0,80 m en función de su ubicación.

10.3.3.9. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores máximos de 0,80 m en el entorno del p.k. 211+885 y mínimos de 0,15 m en el entorno del p.k. 211+635.

10.3.3.10. Túnel nº5. La Gargocha

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº5 - La Gargocha para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.11. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº5 La Gargocha se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería, excavación de la roca circundante hasta 0.25 m y posterior saneo de la sección para la colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían al menos 0,20 m en cada hastial y en algunos tramos se podría llegar a los 0,45 m en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 1,5 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparamenta de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de hasta 0,50 m en función de su ubicación.

10.3.3.12. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, habiéndose limitado a un máximo de 1,0 m, situado en la zona del entorno del p.k. 214+600. El rebaje mínimo de plataforma proyectado se corresponde con 0,09 m en el entorno del p.k. 214+910.

10.3.3.13. Túnel nº 7. Las Lanás

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 7 - Las Lanás para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.14. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº7 Las Lanás se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería y el saneo de la sección para la posterior colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en hastiales y en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 1,5 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparamenta de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de hasta 0,40 m en función de su ubicación.

10.3.3.15. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel estando sus valores comprendidos entre 1,35 y 1,70 m.

10.3.3.16. Túnel nº10. La Salve

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 10 - La Salve para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.17. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº10 La Salve se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería, la excavación de la roca circundante hasta 0.66 m y posterior saneo de la sección para la colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en hastiales y 0,86 m en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 2 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparatada de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de hasta 0,40 m en función de su ubicación.

10.3.3.18. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores entre 0,30 y 0,90 m a lo largo de toda la traza del túnel.

10.3.3.19. Túnel nº12. Jaca 2

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 12 – Jaca 2 para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.19.1. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº12 Jaca 2 se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería y el saneo de la sección para la posterior colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en hastiales y en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 2 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparatada de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de hasta 0,50 m en función de su ubicación.

10.3.3.20. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel, adoptando valores entre 0,20 m en el emboquille de entrada, hasta los 0,68 m en el emboquille de salida.

10.3.3.21. Túnel nº13. Jaca 3 en bóveda y hastiales

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº 13 – Jaca 3 para la implantación de gálibo GB uniforme con electrificación.

10.3.3.22. Ampliación de la sección

En el túnel nº13 Jaca 3 se ha considerado un aumento de la sección en bóveda mediante la retirada de la mampostería, la excavación de la roca circundante hasta 0,60 m y posterior saneo de la sección para la colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en hastiales y 0,80 m en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 2 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparatada de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de entre 0,35 y 0,55 m en función de su ubicación.

10.3.3.23. Rebaje de la plataforma

No se considera el rebaje de plataforma debido a la pendiente actual de la traza.

10.3.3.24. Túnel nº15. Castiello 1

A continuación, se describen las actuaciones a realizar en el túnel nº15 – Castiello 1 para la implantación de gálibo *GB uniforme*.

10.3.3.25. Ampliación de la sección en bóveda y hastiales

En el túnel nº15 Castiello 1 se ha considerado un aumento de la sección en bóveda y hastiales mediante la retirada de la mampostería y el saneo de la sección para la posterior colocación de un nuevo sostenimiento. De esta manera se ganarían hasta 0,20 m en hastiales y en bóveda.

En base al ábaco de Barton, el nuevo sostenimiento consistirá en 10 cm de gunita y bulones de 3,0 m de longitud colocados a tresbolillo en una malla de 1 m x 2 m.

Además, cada 35 m se ejecutará un nicho para la colocación de toda la aparatada de electrificación asociada. Para ello, además de la retirada de la mampostería se excavará la roca hasta conseguir una elevación extra de la clave de entre 0,20 y 0,55 m en función de su ubicación.

10.3.3.26. Rebaje de la plataforma

La excavación necesaria para el rebaje de la plataforma es variable a lo largo del trazado del túnel con valores entre 0,30 y 0,68 m.

APÉNDICE 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TÚNELES

De los documentos disponibles para la redacción del presente Estudio Informativo detallados en el *Capítulo 2. Antecedentes*, se extrae la información acerca del estado actual de los túneles, así como la interpretación de las patologías existentes en los mismos.

De forma general, en todos los túneles se observan grietas y fisuras que recorren total o parcialmente el contorno de la sección. Existen zonas en las que el revestimiento/sostenimiento se encuentra en mal estado e, incluso, es inexistente.

Adicionalmente y con carácter general, se observan filtraciones en los hastiales de la mayoría de los túneles. En cuanto al drenaje, las losetas de las canaletas se encuentran rotas o en mal estado, lo que dificulta su correcto funcionamiento al obstruir parcialmente la canaleta.

1. Túnel 1. Del Conejo

En la entrada del túnel, se observan grietas y fisuras que recorren todo el contorno de la sección, siguiendo tanto las juntas entre los bloques de sillares como agrietando los bloques.



Figura 24 - Grietas y fisuras en la entrada del túnel

De forma similar, en la salida del túnel, se observan también fisuras y grietas que recorren casi al completo la sección transversal del túnel. También se aprecian algunos sillares rotos y desprendidos en el lado izquierdo.



Figura 25 - Grietas y fisuras en la salida del túnel

Por otro lado, se observan también la existencia de antiguas filtraciones con arrastre de finos en la zona de la bóveda y que discurren a lo largo de los hastiales prácticamente en toda la longitud del túnel.

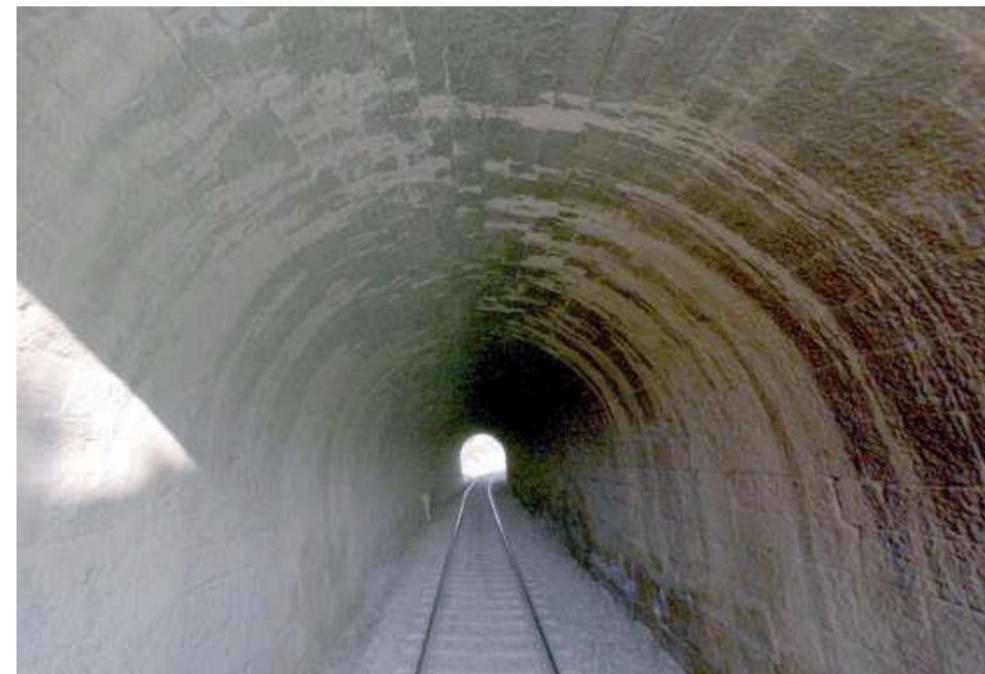


Figura 26 - Marcas de humedad a lo largo del túnel

También se han podido observar humedades y eflorescencias en los pies de los hastiales y en el balasto próximo, transfiriéndose por capilaridad hasta una altura de unos 50 cm, lo que parece indicar que el drenaje longitudinal no funciona correctamente.

2. Túnel 2. Peña Meseguera

En el área del emboquille de entrada se ha detectado una grieta transversal con algunos sillares rotos en la zona de la bóveda.



Figura 27 - Grieta cerca del emboquille de entrada

En otras zonas a lo largo del túnel se observan pequeñas fisuras localizadas en la bóveda, llegando en algunos casos a extenderse hasta los hastiales. Estas son de menor entidad que la mencionada en el emboquille de entrada.

A lo largo de todo el túnel se observan restos de filtraciones con arrastre de finos. En algunos casos estas filtraciones siguen activas, creando áreas mojadas que producen goteos, principalmente en la zona del falso túnel de hormigón. Por otra parte, también se observan marcas de humedad en los pies de los hastiales que llegan hasta una altura aproximada de 50 cm.

En la base de los hastiales hay una franja en cada lado donde se observa el deterioro y erosión de los sillares e incluso falta de rejuntado.

3. Túnel 3. Sanchillerín

En el área del emboquille de salida se detectan algunas fisuras transversales que siguen las juntas entre los bloques de piedra desde los hastiales cruzando por la bóveda. Además, aunque de menor entidad, en el hastial izquierdo se detectan algunas pequeñas fisuras de forma puntual.



Figura 28- Fisura cerca de la boquilla de salida

Se observan antiguas filtraciones a lo largo de todo el túnel que discurren desde la bóveda hacia los hastiales. En algunos casos estas filtraciones siguen activas creando zonas mojadas y llegando también a gotear.

A 65 m del emboquille de entrada, con una longitud de 18 m, se ha detectado una zona en el hastial izquierdo con un ligero abombamiento.

Por último, algunas de las losetas de la canaleta de drenaje se encuentran rotas o en mal estado, dificultando el correcto funcionamiento al obstruir parcialmente la canaleta.

4. Túnel 4. Lecinar

En la zona del emboquille de entrada se ha detectado una fisura transversal que baja desde la bóveda hasta el hastial derecho.



Figura 29 - Fisura en el emboquille de entrada

También se observan fisuras en las zonas de hormigón proyectado, tanto en la zona del hastial derecho como en el tramo de sección continua, que parecen ser producidas por la humedad.

Se han detectado antiguas filtraciones y humedades, sobre todo en la segunda mitad del túnel. En algunos casos estas filtraciones siguen activas, por lo que se observan áreas mojadas que llegan a producir goteos.

En el tramo de sillares, se observa falta de rejuntado entre los sillares en varias zonas de la bóveda, así como en áreas de filtraciones donde el mortero de unión parece disuelto.

En el tramo de hormigón proyectado en toda la sección hay zonas en la bóveda donde ha sido posible ver las armaduras, por lo que hay una falta de recubrimiento además de un desconchón de gunitado en la clave.

5. Túnel 5. La Gargocha

A lo largo del túnel se observan puntos en los cuales, debido a las filtraciones, se ha perdido el mortero de unión entre los sillares.



Figura 30 - Huecos en sillería en hombro izquierdo

En general se observan humedades a lo largo de todo el túnel. En muchos casos se trata de antiguas filtraciones que llegan a tener presencia de finos. También se observan casos de humedades activas con eflorescencias y áreas mojadas que llegan a gotear.



Figura 31 - Humedades en toda la sección

6. Túnel 6. La Peña

El túnel presenta muchísimas marcas de humedad que discurren desde la bóveda hacia los hastiales, en algunos casos llegando a cubrir la sección completa del túnel. Algunas marcas de humedad pertenecen a antiguas filtraciones con arrastre de finos, pero también se observan algunas filtraciones activas que crean áreas mojadas y zonas con goteos.



Figura 32 - Marcas de humedad

Estas filtraciones se destacan sobre todo en el tramo que tiene hormigón in situ en la clave de la bóveda, donde se han producido además desconchones.



Figura 33 - Desconchones en la bóveda

Debido a las numerosas filtraciones, se han podido observar al menos 8 zonas en las que el mortero entre los sillares se ha disuelto y hay ausencia de rejuntado.

A 65 m del emboquille de entrada se ha localizado un desprendimiento de varios bloques en el hastial derecho.



Figura 34- Desprendimiento en el hastial derecho a 65 m del emboquille de entrada

Además, también se han detectado diversas oquedades en los hastiales, en zonas donde faltan algunos bloques del sostenimiento o partes de estos.

En el tramo de bóveda hormigonada, se observan numerosas zonas con microfisuración superficial a lo largo de 15 m. En algunos casos, éstas están acompañadas de filtraciones. También se han localizado fisuras longitudinales en algunas zonas.

Por último, se ha detectado una contaminación del balasto en el lado derecho de la plataforma al lado de la boquilla de entrada. Parece que las arcillas han ascendido desde capas inferiores.

7. Túnel 7. Las Lanás

En la entrada del túnel se detecta una grieta transversal que sigue la línea de las juntas entre los bloques en la zona de la bóveda y que conforme descende por los hastiales atraviesa los sillares.



Figura 35 - Grieta cerca del emboquille de entrada

En general, se observan humedades a lo largo de todo el túnel. En muchos casos se trata de antiguas filtraciones, que llegan a tener presencia de arcillas. También se observan casos de humedades activas, eflorescencias y áreas mojadas que llegan a gotear.



Figura 36 - Surgencia de agua

Debido a las filtraciones, se ha podido observar como el agua ha disuelto el rejuntable entre los bloques de piedra, especialmente en la zona de la bóveda.

8. Túnel 8. Santa Quiteria

A 84 m del emboquille de entrada, se localiza un área de 8 m de longitud que ha sufrido reparaciones. Se recubrió el hastial derecho con hormigón de reparación y se ejecutaron unos mechinales transversales. Posteriormente, se ha debido ejecutar una segunda reparación de forma contigua y parcialmente superpuesta. Este segundo tratamiento incluye un revestimiento de hormigón y otros mechinales de un diámetro superior a los anteriores y con un ángulo diferente. Cerca de esta misma zona, se observa una grieta reparada en la zona de la bóveda.



Figura 37 - Reparaciones en el rejuntado cerca de la boquilla de salida

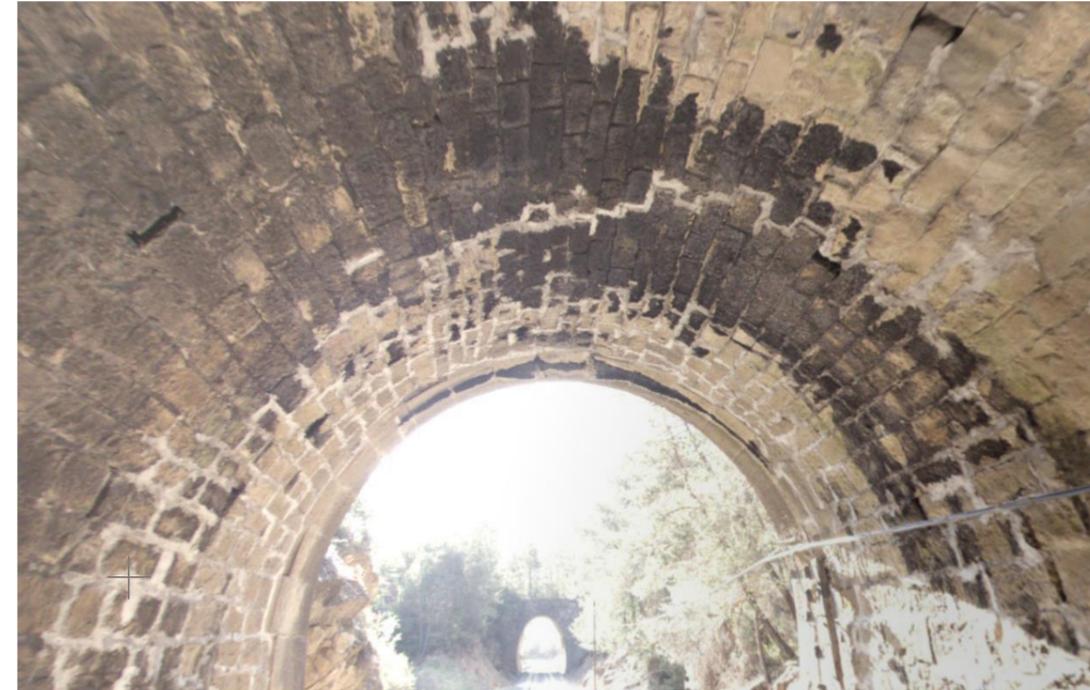


Figura 38 - Grieta en bóveda reparada cerca de la boquilla de salida

En el emboquille de entrada se observa la falta de rejuntado entre los bloques de piedra y el crecimiento de vegetación en esos huecos.

A lo largo de todo el túnel se observan numerosas filtraciones, algunas de ellas de carácter antiguo, donde se ven arrastres de finos, y otras que aún siguen activas, generando zonas de gran humedad. En algunos casos esas filtraciones son de mayor entidad llegando a gotear.



Figura 39 - Humedades en bóveda y hastiales

Se observa también la ausencia de rejuntado entre los sillares en varias de las áreas con filtraciones tanto en la bóveda como en los hastiales. Estas patologías parece que son recurrentes en este túnel ya que se han observado zonas que han sido reparadas añadiendo mortero entre los bloques.

En la zona donde se localizan las reparaciones con hormigón, a lo largo de 9 m a 83 m del emboquille de entrada, se ha podido observar un ligero abombamiento.

Por otro lado, aproximadamente a 147 m del emboquille de entrada, se ha detectado la ausencia de uno de los bloques de piedra.

Con respecto al drenaje, algunas de las tapas de la cuneta están rotas o en mal estado, provocando la obstrucción de la canaleta y evitando que el agua circule correctamente. En algunos casos, las tapas han sido levantadas dejando la cuneta abierta.

9. Túnel 9. Oval

A lo largo del túnel en las zonas de la bóveda y los hastiales se detectan las siguientes filtraciones antiguas.



Figura 40 - Rastros de filtraciones antiguas

También se han localizado fisuras transversales en el hastial izquierdo que siguen las juntas entre los bloques de piedra.



Figura 41- Fisuras en el hastial izquierda

Se observa falta de rejuntado entre los bloques en el hastial derecho.



Figura 42- Falta de rejuntado en hastial derecho

10. Túnel 10. La Salve

En ambos emboquilles del túnel y en algunas zonas de su interior se han detectado filtraciones. Por ello se ha gunitado y se han colocado mechinales de cara a facilitar el drenaje tanto en los emboquilles como en algunas zonas del interior del túnel.



Figura 43 – Filtraciones en la boquilla de entrada



Figura 44 – Gunitado y mechinales en boquilla de entrada



Figura 45 - Gunitado y mechinales a 40 m de la boquilla de entrada

Este túnel cuenta con una cuneta el lateral izquierdo para el drenaje de las aguas de infiltración. Se observa en dicha cuneta un tubo de hormigón de Ø300 mm que se encuentra roto en varios tramos a lo largo de todo el túnel. Además, dicha cuneta cuenta con una tapa a excepción de los primeros y últimos 30 m del túnel.



Figura 46 – Tubo de drenaje situado en el margen izquierdo.

También es destacable que los sillares de ambas boquillas se encuentran sensiblemente meteorizados, que el balasto es escaso y las traviesas se encuentran en mal estado.

11. Túnel 11. Jaca 1

Se observan problemas de filtraciones a lo largo de todo el túnel, algunas de ellas de carácter antiguo. En la zona de entrada al túnel se observan bastantes marcas de humedad, aunque menos goteos que en el tramo final, donde, en los últimos 20 metros de túnel, se observan goteos importantes en el hastial derecho. En el tramo central se observan también varios puntos de goteo.

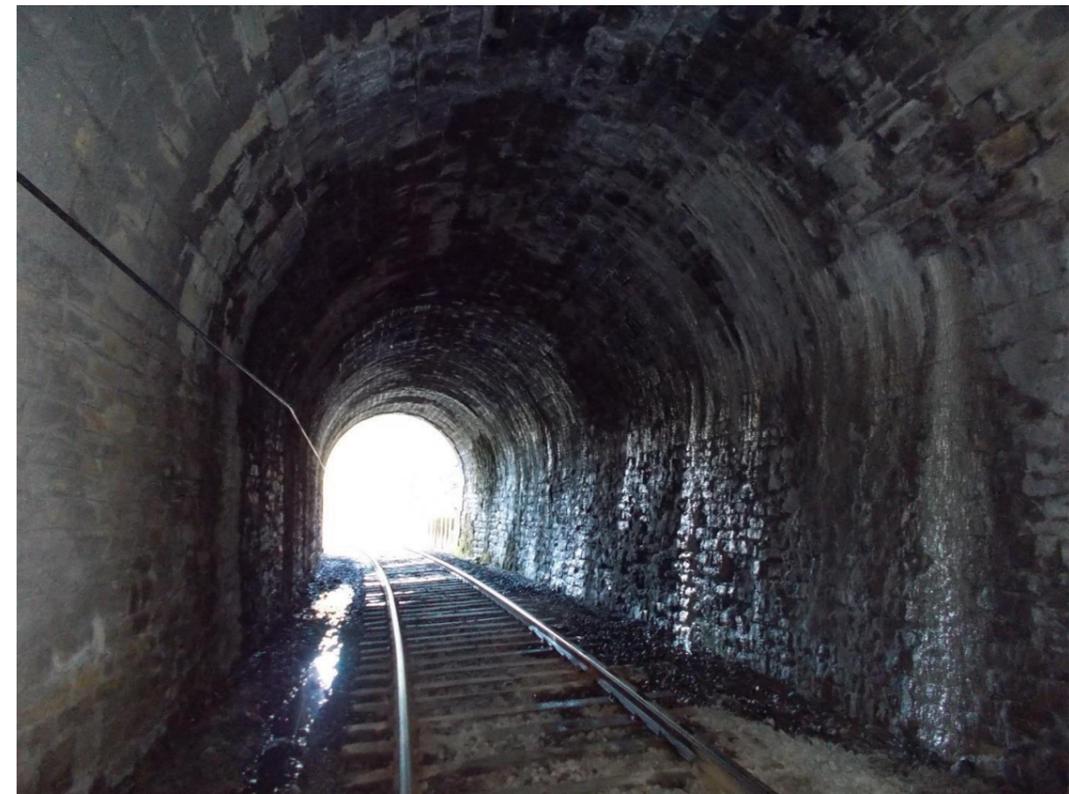


Figura 47– Vista de humedades en tramo final



Figura 48- Concreciones en hastial derecho a la salida del túnel

En el emboquille de entrada se localizan dos grietas muy próximas que se extienden a lo largo de toda la bóveda hasta llegar a los hastiales. También encontramos una grieta en la clave de la bóveda a unos 30 m del emboquille de entrada aproximadamente.



Figura 49- Grietas en emboquille de entrada



Figura 50- Grieta en hastial izquierdo en emboquille de entrada

Se ha podido observar la ausencia de rejuntado entre los sillares de forma generalizada a lo largo de todo el túnel, aunque de manera más frecuente en las zonas donde se producen filtraciones. También hay que destacar la falta de elementos de sillería de forma puntual en diversas zonas del túnel.



Figura 51–Humedades y huecos en sillería en hastial derecho

La canaleta de drenaje situada en el lado derecho se encuentra obstruida por balasto en toda su longitud. Se observa agua encharcada en el margen izquierdo tanto en las embocaduras como en el interior del túnel. También se acumula agua en el margen derecho del emboquille de salida.



Figura 52– Agua encharcada a la salida del túnel

12. Túnel 12. Jaca 2

En el tramo inicial de túnel se encuentra colocada la lámina impermeabilizante y se observan en ambos hastiales varias zonas con humedades.

En el tramo de hormigón encofrado se aprecian varias zonas con restos de humedades, eflorescencias y coqueras. Algunas de estas zonas ya han sido reparadas. Por otra parte, las filtraciones en clave derivan en flujos de agua hacia los hastiales provocando erosiones transversales en el hormigón que se extienden a lo largo de toda la sección de bóveda.



Figura 53 - Zona con reparaciones en hastial derecho y junta abierta entre puestas

En el tramo de hormigón proyectado proliferan las manchas de humedad que discurren desde la bóveda hacia los hastiales y que en algunos casos llegan a gotear. Uno de los puntos con humedades y filtraciones más importantes es la zona de cambio de sección de hormigón encofrado a hormigón proyectado. También se acentúa este fenómeno en zonas donde todavía quedan pequeñas superficies de sillería en los hastiales, tal y como se puede observar en la siguiente imagen.



Figura 54 - Humedades en hastial derecho con goteo sobre carril

Por último, también en el tramo de túnel gunitado se observan algunas zonas donde queda visto el mallazo, tanto en clave como en ambos hastiales.

En algunos puntos esta armadura presenta signos de oxidación.



Figura 55 - Mallazo visto en hastial izquierdo

13. Túnel 13. Jaca 3

Se observan humedades generalizadas a lo largo de todo el túnel con goteos y flujos poco importantes asociados al bulonado. En el hastial derecho se observan procesos puntuales de concreción en algunos bulones y en tubos drenantes. Algunos de estos tubos están obstruidos y no funcionan correctamente.



Figura 56 - Filtración en hastial derecho asociada a un bulón

En el tramo intermedio el flujo de agua existente ha alterado y/o disuelto el hormigón de manera que en algunas zonas se queda visto el mallazo colocado bajo la gunita.

En el tramo final, en el hastial izquierdo, se aprecia cómo en varios puntos se ha abierto la junta de contacto entre el hormigón encofrado del hastial y la gunita de la bóveda, por efecto de las filtraciones.



Figura 57 - Vista del tramo final del túnel con humedades y filtraciones en toda la sección

14. Túnel 14. Jaca 4

Se observa de forma generalizada falta de rejuntado tanto en los muros de los emboquilles como en el interior del túnel en toda su longitud.



Figura 58–Ausencia de rejuntado en hastial izquierdo

También se detecta la ausencia de elementos de sillería, principalmente en los muros de los emboquilles.

Por otra parte, existen humedades y filtraciones a lo largo de todo el túnel tanto en bóveda como en hastiales, lo que deriva en numerosos goteos sobre la vía que provocan la oxidación de los carriles tal y como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 59–Goteos sobre la vía con manchas oxido

Aproximadamente, a unos 45 m del emboquille de entrada, encontramos una chapa metálica que tapa el hueco generado por el desprendimiento de sillares. Junto a esta chapa se localiza una zona bastante húmeda y una grieta que se extiende a lo largo de todo el hombro izquierdo de la bóveda.



Figura 60–Humedad y grieta junto a chapa metálica

Con respecto al drenaje, algunas de las tapas de la cuneta están rotas o en mal estado provocando la obstrucción de la misma y evitando que el agua circule correctamente.



Figura 61–Cuneta obstruida en hastial derecho a la salida del túnel

Por último, hay que hacer referencia a la problemática generada en la cubierta exterior del túnel por el arrastre de materiales en el barranco de Bergosa.

El lecho del barranco, a su paso sobre el túnel, se encuentra revestido mediante hormigón y obra de fábrica (sillería con rejuntado). En algunas zonas esta sillería se ha levantado causando problemas de filtraciones y humedades en el interior del túnel.



Figura 62–Barranco de Bergosa



Figura 63–Zona de sillares levantados sobre el túnel

15. Túnel 15. Castiello 1

De forma generalizada en todo el túnel se observan humedades, goteos y flujos de agua en hombros y hastiales, tanto en mechinales como en la lámina impermeabilizante.

En el tramo inicial de túnel, aparecen concreciones importantes en el hastial izquierdo que van desde los mechinales hasta la base del hastial.



Figura 64 - Concreciones en hastial izquierdo

Pasados los primeros metros de túnel, en todos los puntos con filtraciones y flujos importantes de agua se producen precipitaciones de óxidos y materiales blanquecinos que llegan hasta la plataforma.



Figura 65 - Humedades y filtraciones en hastial izquierdo

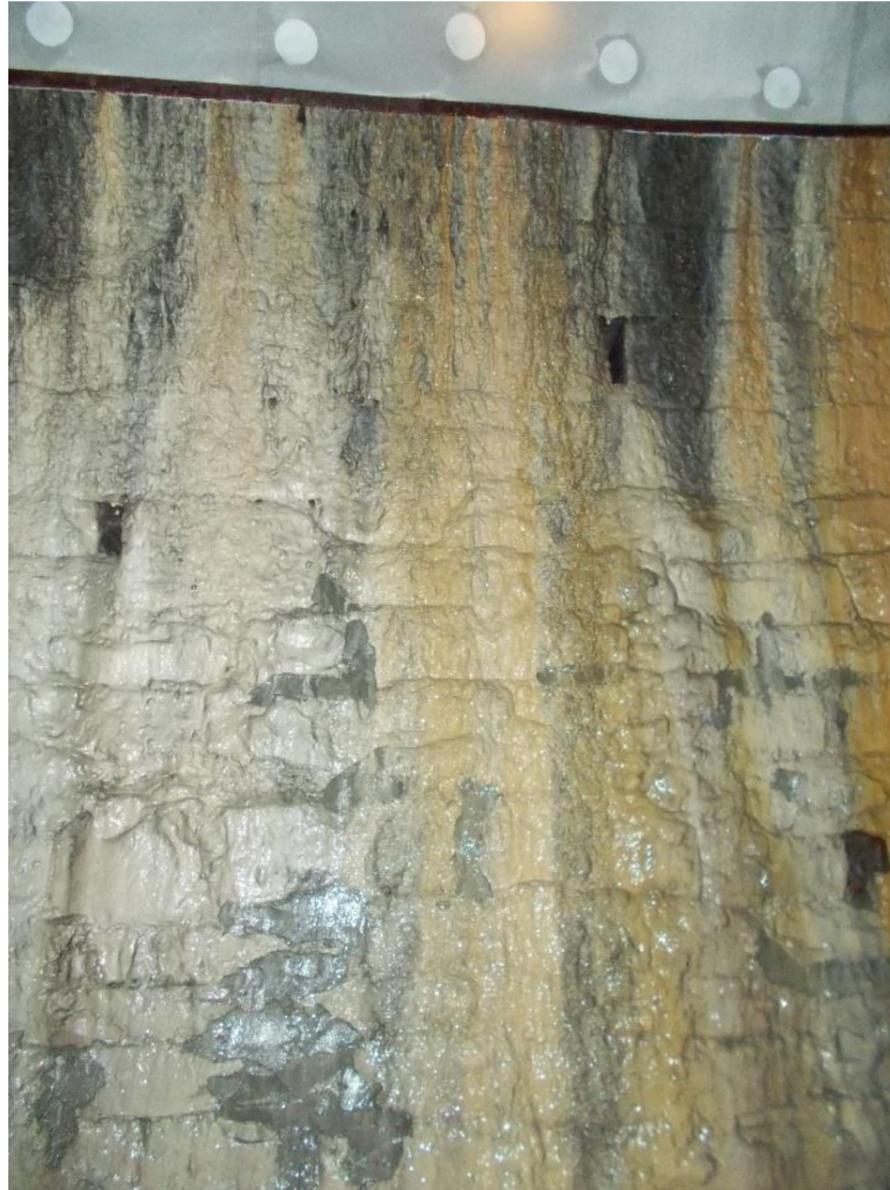


Figura 66 - Detalle de precipitaciones en hastial

16. Túnel 16. Castiello (Caracol)

En el inicio del túnel, hasta donde acaba el primer tramo de lámina de impermeabilización, se localizan flujos continuos de agua en ambos hastiales. En el hastial izquierdo estos flujos dan lugar a concreciones muy importantes, con todo el revestimiento de sillería cubierto por una capa de material precipitado de color rojizo.



Figura 67- Concreciones de óxido de hierro en hastial izquierdo

Justo donde empieza el tramo de lámina impermeabilizante se observa un goteo en clave sobre la vía.

A partir de donde acaba el primer tramo de lámina y hasta el segundo tramo de lámina, en los metros finales, el túnel está seco o prácticamente seco en toda la sección. No obstante, se observan signos de deterioro del hormigón por efecto de la humedad con la presencia de coqueas y/o nidos de gravas en clave y hombros. En algunos casos aparecen de forma puntual, pero en otros, la degradación en el hormigón se extiende por toda la sección en tramos de cierta longitud. Los más

importantes se encuentran a 335, 370, 400, 555 y 635 m del emboquille de entrada y cuentan con una longitud de 25, 6, 20, 40 y 132 m respectivamente.



Figura 68– Nido de gravas en hombro derecho



Figura 69– Coquera en clave de bóveda



Figura 70– Zona con hormigón de bóveda muy degradado



Figura 71– Degradación en hormigón de clave

En el segundo tramo donde hay colocada lámina de impermeabilización, a lo largo de 30 m, también se producen flujos continuos de agua en los hastiales que en este caso dejan rastro de precipitados blancuecinos.



Figura 72– Flujos de agua en hastial izquierdo

El tramo final presenta bastantes marcas de humedad que discurren desde la bóveda hacia los hastiales, en algunos casos llegando a cubrir la sección completa del túnel.



Figura 73– Marcas de humedad en tramo final de túnel

En cuanto a los emboquilles, el de entrada muestra bastantes signos de humedad con vegetación herbácea y musgos en la esquina inferior izquierda, en la sillería en arco y en la imposta de coronación. En la parte superior izquierda también se observa una zona de sillares con falta de rejuntado. En la boquilla de salida también se detecta algún punto de humedad y algo de vegetación, pero a menor escala.

17. Túnel 17. Castiello 3

En los primeros metros de túnel se tienen goteos y flujos de agua a través de los mechinales existentes en los hastiales que dejan pátinas de material precipitado de color blanquecino, principalmente en el hastial izquierdo. También se producen filtraciones en los hombros de la bóveda que generan manchas y eflorescencias.

Se producen filtraciones en línea de clave de forma generalizada en todo el túnel. Estas filtraciones generan goteos sobre la vía y flujos de agua hacia los hastiales dejando manchas de humedad que cubren toda la sección. Se detectan también varios goteos en bóveda a lo largo del túnel.



Figura 74– Flujo de agua a través de mechinal con precipitados blanquecinos



Figura 75– Filtraciones en hombro y hastial derecho

A 45 y 70 m del emboquille de entrada se localizan dos tramos de túnel, de 25 y 40 m respectivamente, con mantas de impermeabilización en muy mal estado, muy deterioradas por los efectos de las filtraciones. Se observan algunos paños de lámina rotos y los puntos de anclaje oxidados.



Figura 76- Manta de impermeabilización en mal estado

En algunas zonas se han hecho reparaciones colocando parches de lámina más nueva.

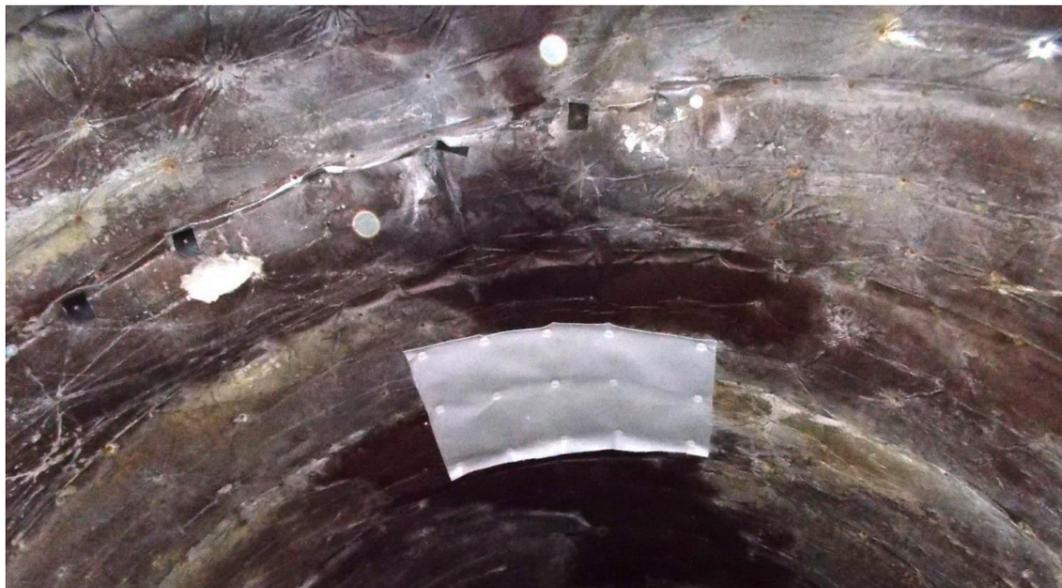


Figura 77- Reparación en lámina de impermeabilización "antigua"

En el tramo final donde la bóveda se encuentra revestida de hormigón encofrado también se pueden apreciar los efectos de las filtraciones en el hormigón con

bastantes manchas y desperfectos. A 231 m del emboquille de entrada se observa erosión transversal a lo largo de toda la sección de bóveda, producto del flujo de agua que va desde la clave hacia los hastiales.



Figura 78- Erosión transversal en bóveda

Por último, la problemática más destacable en los emboquilles se centra en los pequeños desprendimientos que se producen en los taludes laterales. También se detectan algunas zonas con algo de humedad y de vegetación.



Figura 79- Desprendimientos en talud izquierdo del emboquille de entrada

18. Túnel 18. Villanúa 1

En los primeros metros de túnel se tienen goteos y flujos de agua a través de los mechinales existentes en los hastiales, que dan lugar a concreciones importantes y encharcamientos, principalmente en el hastial izquierdo. También se producen filtraciones en los hombros de la bóveda que generan manchas y eflorescencias.



Figura 80- Concreciones en hastial izquierdo a la entrada del túnel

En los tramos con la bóveda cubierta con lámina de impermeabilización se observan importantes humedades en los hastiales con flujo continuo de agua por debajo de la lámina que dejan manchas de precipitados rojizos y blanquecinos.



Figura 81– Flujos de agua por debajo de lámina con precipitados rojizos

También se aprecian bastantes puntos en la lámina impermeable, que coinciden con los puntos de anclaje de la misma al revestimiento, por donde se filtra el agua y deja manchas de óxido.



Figura 82– Lámina de impermeabilización con manchas de óxido por goteos

En el tramo de bóveda revestida con hormigón encofrado, encontramos numerosas zonas con filtraciones que provocan una considerable degradación en el hormigón con presencia de eflorescencias, coqueras y/o nidos de grava.



Figura 83– Manchas y eflorescencias en revestimiento de hormigón

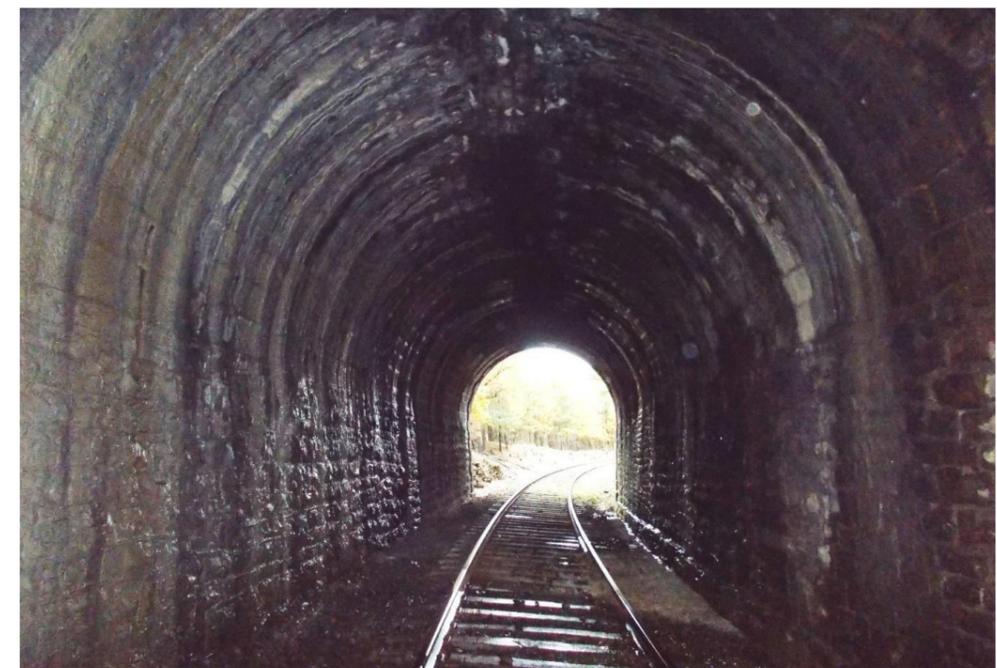


Figura 84– Filtraciones y goteos en tramo final de túnel

Como se puede ver en la imagen anterior, en el tramo final de túnel, se observan importantes filtraciones en línea de clave que derivan en goteos sobre la vía y en flujos de agua hacia los hastiales dejando manchas de humedad y eflorescencias que cubren toda la sección. También se localizan algunas concreciones en mechinales del hastial derecho.

En el emboquille de entrada se detectan zonas con bastante humedad. Así, en el muro lateral izquierdo observamos vegetación herbácea, musgos y líquenes en las juntas entre los elementos de sillería que están provocando el deterioro de los mismos, sobre todo en las proximidades del muro frontal. En margen derecha, el talud lateral revestido presenta, además, algo de vegetación arbórea; mientras que el muro de pie de talud no se encuentra en muy buen estado.

En el emboquille de salida se tienen las mismas condiciones de humedad que en la entrada, con presencia de vegetación herbácea, musgos y líquenes en los elementos de mampostería de los taludes laterales.

El muro lateral derecho, en las proximidades de la boca, se encuentra afectado en coronación por el desprendimiento de parte del talud que ha derruido la parte superior del muro.



Figura 85- Muros del margen izquierdo de boca de entrada y en MD de boca de salida

19. Túnel 19. Villanúa 2

En general se observan bastantes humedades a lo largo de todo el túnel.



Figura 86- Sección de entrada con filtraciones antiguas en clave

En algunos casos se trata de antiguas filtraciones, principalmente en clave, que han dejado manchas y desperfectos en el revestimiento de mampostería. En otros, las filtraciones se encuentran activas dando lugar a goteos importantes que producen eflorescencias, concreciones y precipitaciones, y que provocan el deterioro de la sillería.



Figura 87– Filtraciones en hombro derecho junto al refugio nº 1



Figura 88– Filtraciones en bóveda

Las zonas con humedades y filtraciones de mayor entidad se encuentran a 50, 115, 170 y 195 m del emboquille de entrada, con unas longitudes de 40, 1, 5 y 15 m respectivamente. En estas y otras zonas, para dar salida al agua, se han colocado mechinales que en la mayoría de los casos funcionan correctamente. No obstante, el agua escurre por los hastiales generando pátinas de material precipitado y humedades en el balasto.



Figura 89– Filtraciones y goteos en clave y en hombro derecho



Figura 90– Filtraciones y goteos a través de mechinales en H.D. en salida del túnel

En los últimos 40 metros de túnel se puede apreciar perfectamente la salida de agua a chorro por los mechinales dispuestos en la parte superior del hastial derecho (ver imagen anterior).

Por último, en la zona de los emboquilles, encontramos agua embalsada en la boca de entrada por obstrucción de la cuneta longitudinal en margen derecha. También en esta embocadura se observa falta de rejuntado entre sillares del muro frontal y abundante vegetación, sobre todo en el talud lateral derecho.



Figura 91– Cuneta obstruida en boca de entrada

En el emboquille de salida únicamente hay que destacar el deslizamiento de una parte del talud lateral izquierdo que ha dejado la esquina superior izquierda del muro frontal en voladizo. En la esquina superior derecha también falta algún bloque en el contacto con el terreno.

20. Túnel 20. Villanúa 3

Se observan humedades, goteos y flujos en bóveda y hastiales de forma generalizada a lo largo de todo el túnel. En los paramentos con revestimiento de sillería también predominan las zonas con ausencia de mortero de rejuntado.



Figura 92- Sección de entrada en el túnel

La problemática de las filtraciones se pone de manifiesto con numerosas manchas y eflorescencias; en algún caso también aparecen concreciones. Por otra parte, cuando se producen filtraciones importantes en línea de clave, éstas derivan en flujos de agua que caen hacia los hastiales.

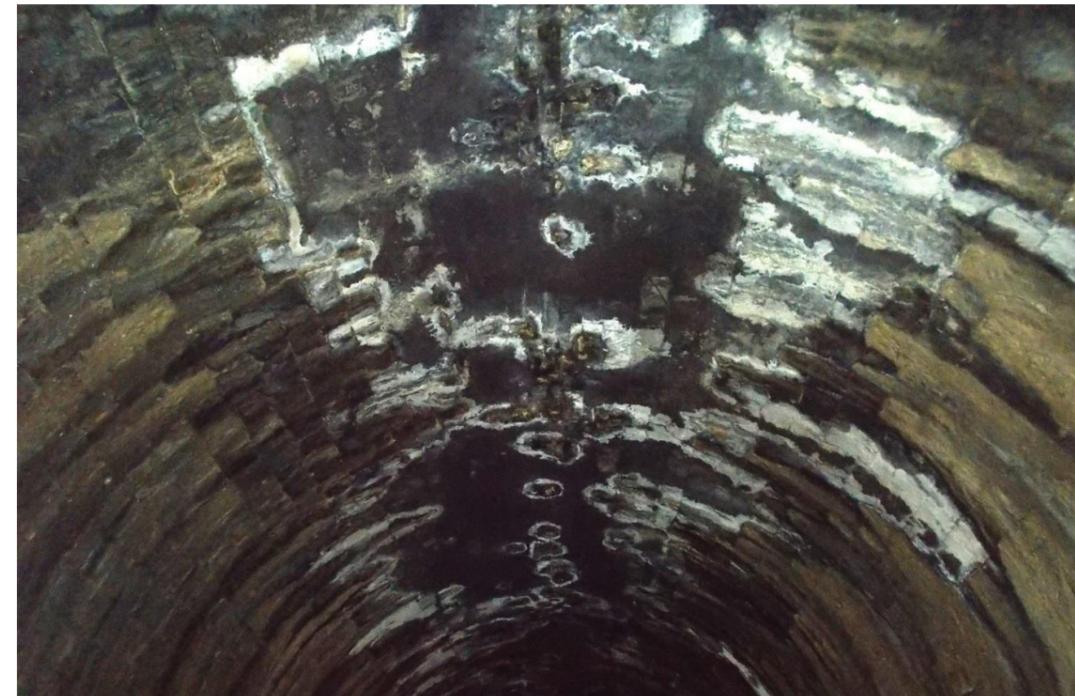


Figura 93 - Manchas, eflorescencias y flujos en bóveda



Figura 94- Flujos con precipitaciones de óxido en hombros

El tramo de falso túnel presenta, en general, buen estado. Únicamente se detectan algunas zonas puntuales con signos de humedad y degradación del hormigón proyectado.



Figura 95 - Humedad en clave de falso túnel

En la zona de contacto entre el emboquille antiguo y el falso túnel se localiza bastante humedad, tal y como se puede observar en el refugio existente en el hastial izquierdo del falso túnel, con goteos importantes. También hay que destacar en este punto la falta de recubrimiento en una de las cerchas que limitan el acceso al refugio.



Figura 96- Refugio en falso túnel

Por último, en cuanto a los emboquilles, se aprecian humedades y encharcamiento en el lado derecho del emboquille de entrada. También en esta misma embocadura, se observa la falta de algunos bloques de sillería en el contacto de la esquina superior izquierda con el terreno.

21. Túnel 21. Villanúa 4

El túnel presenta humedades y goteos en clave, hombros y hastiales a lo largo de todo el túnel. Lo que se traduce en numerosas manchas y eflorescencias. Especialmente importante es el goteo detectado sobre el carril derecho a aproximadamente 90 m del emboquille de entrada.



Figura 97- Manchas de humedad en clave de bóveda en tramo de sillería



Figura 98- Vista del tramo final del túnel

En el tramo de bóveda revestida con hormigón encofrado, además de manchas de humedad y eflorescencias, se observa como las filtraciones en línea de clave derivan en flujos de agua hacia los hastiales provocando erosiones transversales en el hormigón que se extienden a lo largo de toda la sección de bóveda. También se pueden ver zonas con alteración del hormigón y algunos desprendimientos puntuales en la clave.



Figura 99- Detalle de junta de hormigonado

En la siguiente imagen se pueden apreciar tanto las manchas en el hormigón de la bóveda como algunos puntos de goteo sobre la vía que producen manchas de oxidación.



Figura 100– Manchas de humedad en bóveda y en vía (sentido Jaca)

22. Túnel 22. Villanúa 5

De forma general en todo el túnel se aprecian humedades, goteos y flujos puntuales en hastiales y clave. Lo que se traduce en numerosas manchas de humedad y eflorescencias.



Figura 101– Goteos y filtraciones en bóveda

Se observan filtraciones importantes en línea de clave que derivan en flujos de agua hacia los hastiales provocando erosiones transversales en el hormigón que se extienden a lo largo de toda la sección de bóveda.



Figura 102- Humedad y detalle de erosión transversal en el hormigón

Estas filtraciones en clave también quedan de manifiesto por la elevada degradación que presenta el hormigón, con numerosos desconchones y coqueas.



Figura 104- Pátinas arcillosas en hastial izquierdo a la salida del túnel

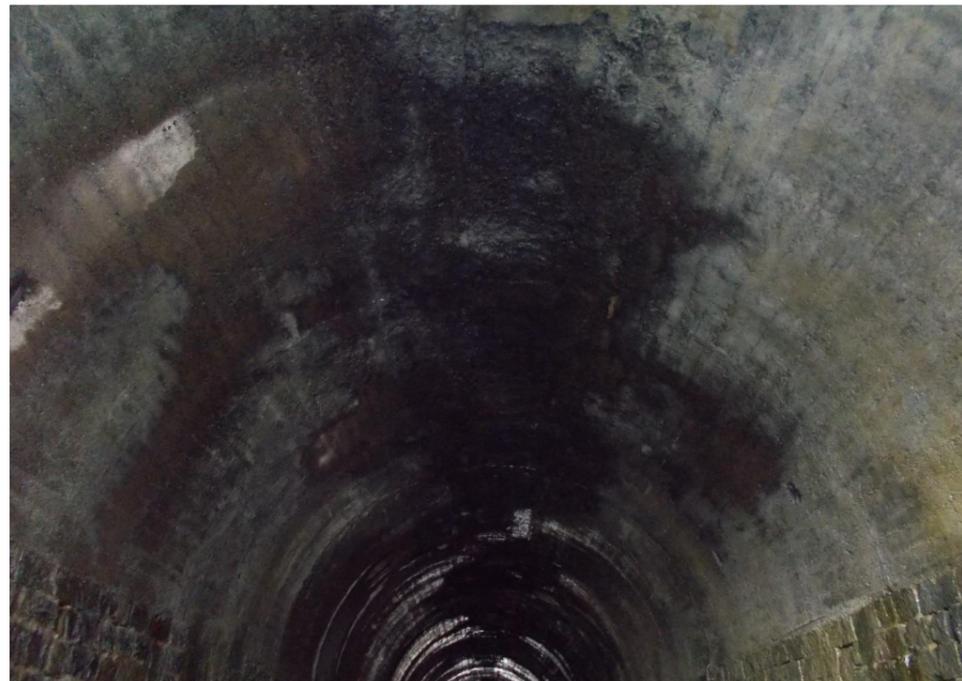


Figura 103- Desconchones y manchas de humedad en bóveda

23. Túnel 23. Villanúa 6

La problemática que presenta este túnel es muy similar a la del túnel anterior. Se detectan humedades, goteos y flujos puntuales en hastiales y clave a lo largo de todo el túnel; dando lugar a numerosas manchas de humedad y eflorescencias.

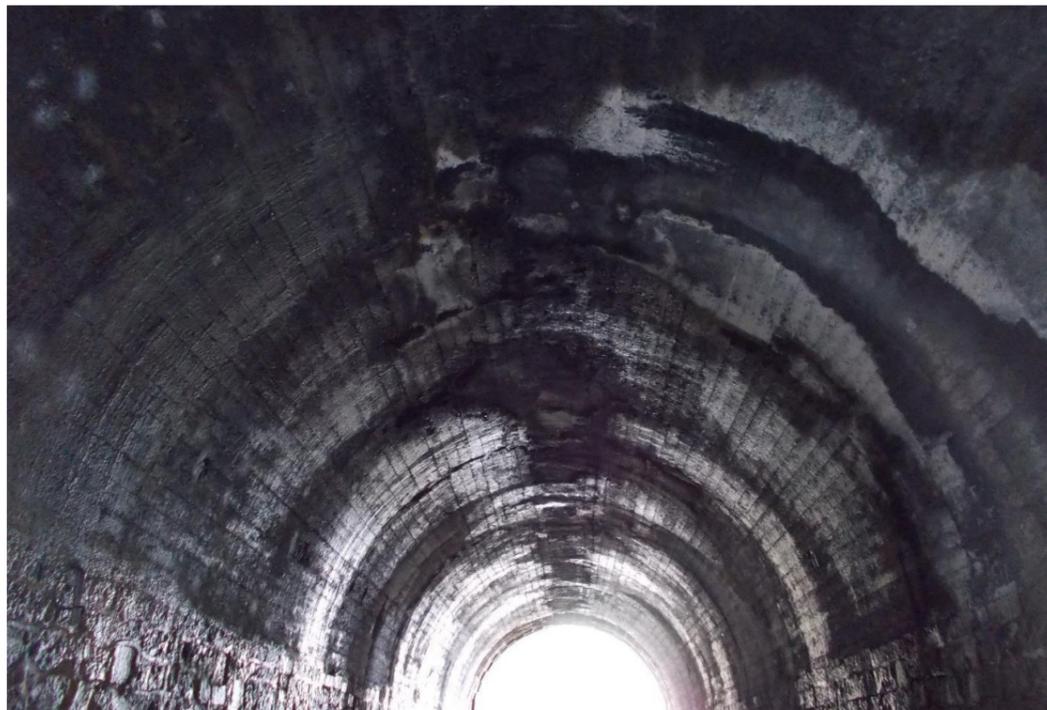


Figura 105- Humedades y manchas en bóveda en tramo inicial de túnel

Se observan filtraciones importantes en la línea de clave que derivan en flujos de agua hacia los hastiales, provocando erosiones transversales en el hormigón que se extienden a lo largo de toda la sección de bóveda.

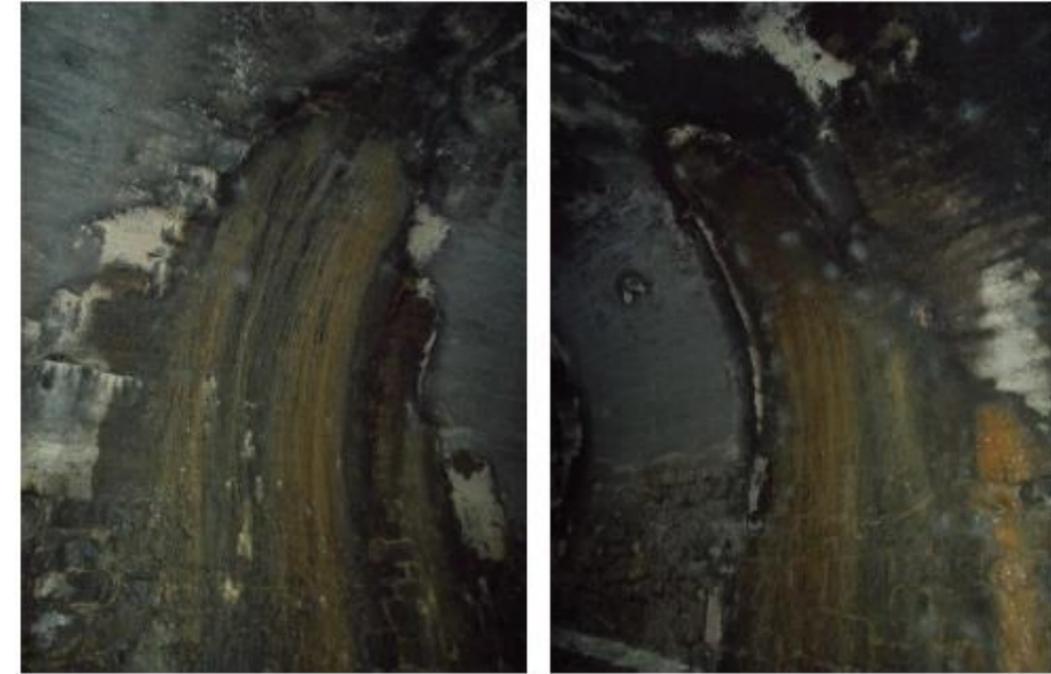


Figura 106- Goteos y filtraciones en hastial izquierdo y derecho

Estas filtraciones en clave provocan la degradación del hormigón que presenta numerosos desconchones y coqueras. También encontramos precipitaciones, llegando a generar estalactitas.



Figura 107- Manchas, coqueras y precipitaciones en bóveda

Por otra parte, en todo el túnel se aprecia alteración y pérdida de mortero en los hastiales.



Figura 108- Falsa de rejuntado entre sillares en hastial derecho

Por último, en el tramo final del túnel localizamos zonas de sillería con agrietamientos, inestabilidades y pérdida de elementos de revestimiento en ambos hastiales, aunque de forma más acusada en el hastial izquierdo.



Figura 109- Pérdida de elementos de sillería en hastial izquierdo

24. Túnel 24. Villanúa 7

En este túnel continúa la misma problemática descrita en los dos túneles anteriores, con goteos y humedades generalizadas en todo el túnel, así como presencia de filtraciones importantes en la línea de clave que provocan la degradación del hormigón, presentando numerosos desconchones, coqueras y/o nidos de grava. Como ya se ha comentado en otros casos, estas filtraciones generan flujos de agua hacia los hastiales, originando erosiones transversales en el hormigón a lo largo de toda la sección de bóveda.

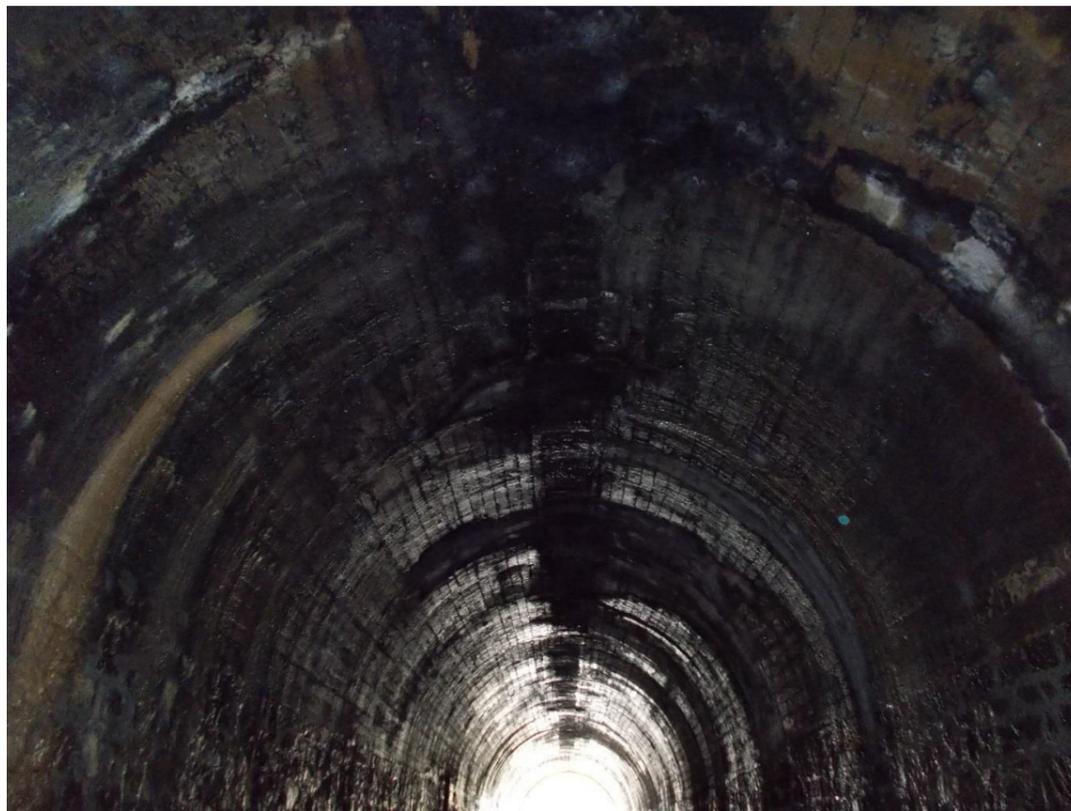


Figura 110– Manchas de humedad y filtraciones en bóveda

También se observan bastantes flujos de agua a través de los mechinales existentes en los hombros de la bóveda que escurren hacia los hastiales, principalmente en el lado derecho. Esto genera un evidente deterioro del revestimiento con presencia de eflorescencias, costras y precipitados.



Figura 111– Manchas de humedad y filtraciones en hastial derecho



Figura 112– Manchas y degradación del hormigón en sección de salida

25. Túnel 25. Villanúa 8

De forma general en todo el túnel destaca la presencia de goteos y humedades en toda la sección. Se observan filtraciones importantes en línea de clave que derivan en flujos de agua hacia los hastiales. A pesar de las reparaciones realizadas, siguen existiendo zonas que presentan una importante degradación del hormigón.



Figura 113– Filtraciones en clave de bóveda

También se producen filtraciones con flujos de agua en los mechinales y en la zona de la lámina de impermeabilización, que provocan manchas en el revestimiento.



Figura 114– Flujo de agua en mechinal y filtraciones en hastial derecho

En la zona donde todavía se conservan bloques de sillería en la bóveda (hombro izquierdo), además de filtraciones, se localiza la ausencia de algún bloque.



Figura 115– Filtraciones y hueco en hombro izquierdo

Se detectan dos zonas de abombamiento en el hastial derecho, a unos 30 y 70 m del emboquille de entrada, justo en el ámbito del flujo de agua que sale a través de un mechinal existente.

26. Túnel 26. Villanúa 9

Se detectan dos grietas en el túnel; una en el emboquille de entrada y otra en el de salida. Ambas grietas se propagan transversalmente a lo largo de toda la sección.



Figura 116- Grieta en emboquille de entrada



Figura 117- Grieta en emboquille de salida

Prácticamente todo el túnel presenta humedades y filtraciones, en ocasiones con goteos y flujos de agua importantes que han provocado un deterioro considerable de los paramentos, principalmente de mampostería.



Figura 118- Goteo a chorro en hombro derecho de bóveda



Figura 119- Hastial derecho con filtraciones procedentes de la bóveda

Como consecuencia de estos fenómenos, se observan numerosos huecos entre los elementos de sillería producto de desprendimientos o por disolución del mortero existente entre las juntas.



Figura 120– Hueco en hombro izquierdo de bóveda en zona de filtraciones



Figura 121– Hueco en hastial derecho en zona de filtraciones

Especialmente grave parece el deterioro del hastial derecho que se observa a 447 m del emboquille de entrada.



Figura 122– Degradación y desprendimiento de hastial derecho

En las zonas con la bóveda hormigonada, los efectos de las filtraciones son mucho menores, pero también se aprecian manchas de humedades y zonas con degradación del hormigón.

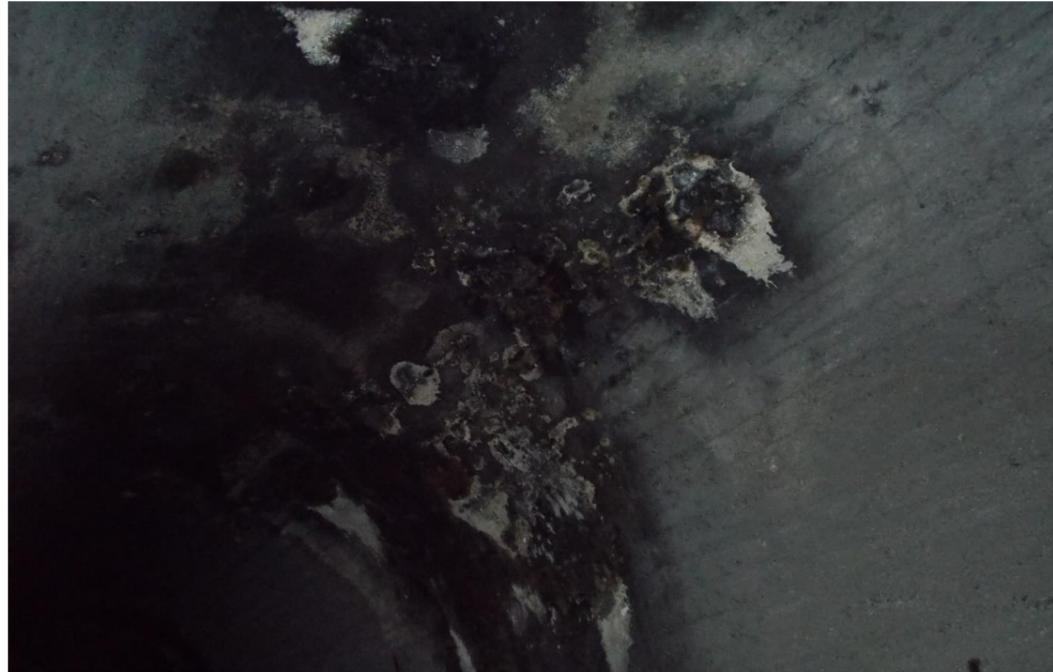


Figura 123– Manchas de humedad y degradación en el hormigón de bóveda

En el tramo final del túnel encontramos varios puntos con la cuneta obstruida y agua encharcada en el emboquille de salida.



Figura 124– Agua encharcada en la cuneta en boca de salida

27. Túnel 27. Canfranc 1

El emboquille de entrada presenta sillería con juntas abiertas, humedades y goteos en ambos lados. Se observan concreciones en el lado derecho del muro y bastante vegetación que está creciendo desde la parte superior izquierda. El talud lateral derecho tiene filtraciones (flujos continuos) importantes. La ausencia de cuneta provoca el encharcamiento del terreno.

El emboquille de salida presenta sillería con juntas abiertas, sobre todo en la parte superior. En el lado derecho del frontal aparecen puntos de flujo continuo y concreciones. En ambas bocas la imposta de coronación se encuentra bastante deteriorada.

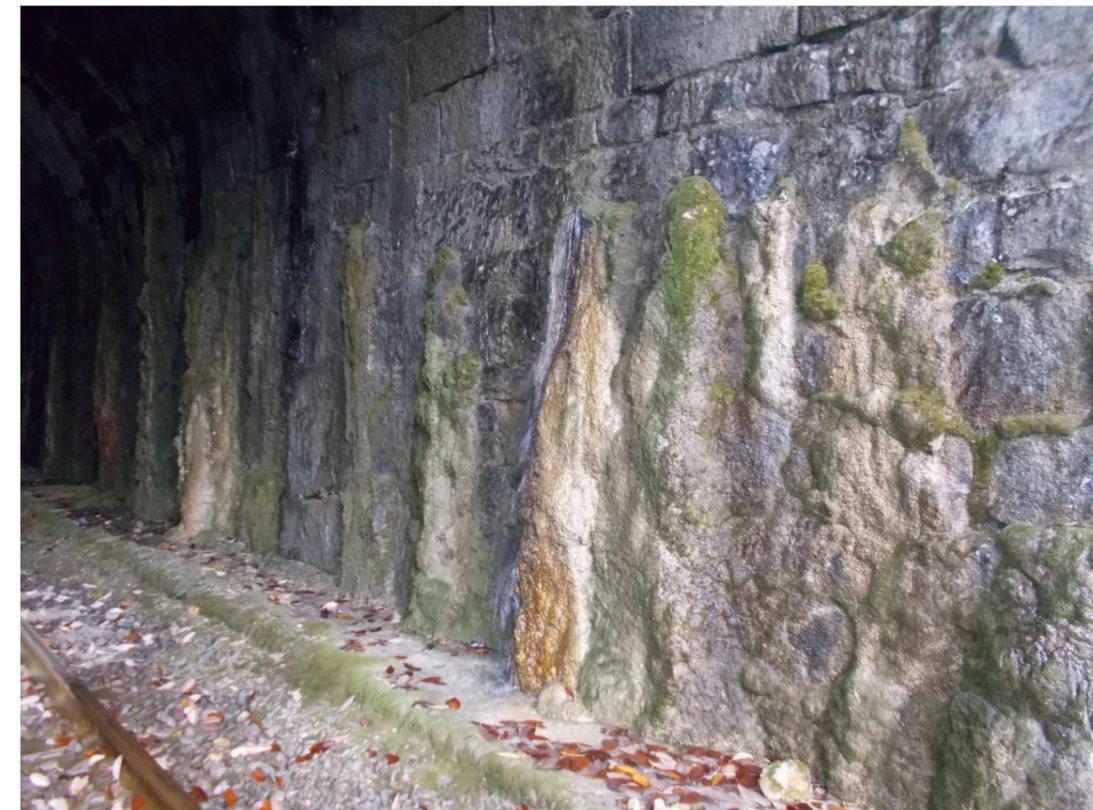


Figura 125– Concreciones y flujos de agua en hastial derecho

El tramo inicial del túnel, aproximadamente 120 m, se encuentra muy afectado por fenómenos de filtraciones, goteos y humedades en toda la sección. En los primeros 30 m encontramos flujos continuos de agua en ambos hastiales a través

de mechinales existentes y concreciones muy importantes en el hastial derecho. Después de los primeros 60 m se localizan concreciones rojizas y blanquecinas y algún flujo puntual. En la zona situada en torno a 120 m del emboquille de entrada se producen goteos considerables en clave y hastiales, además de pátinas arcillosas.

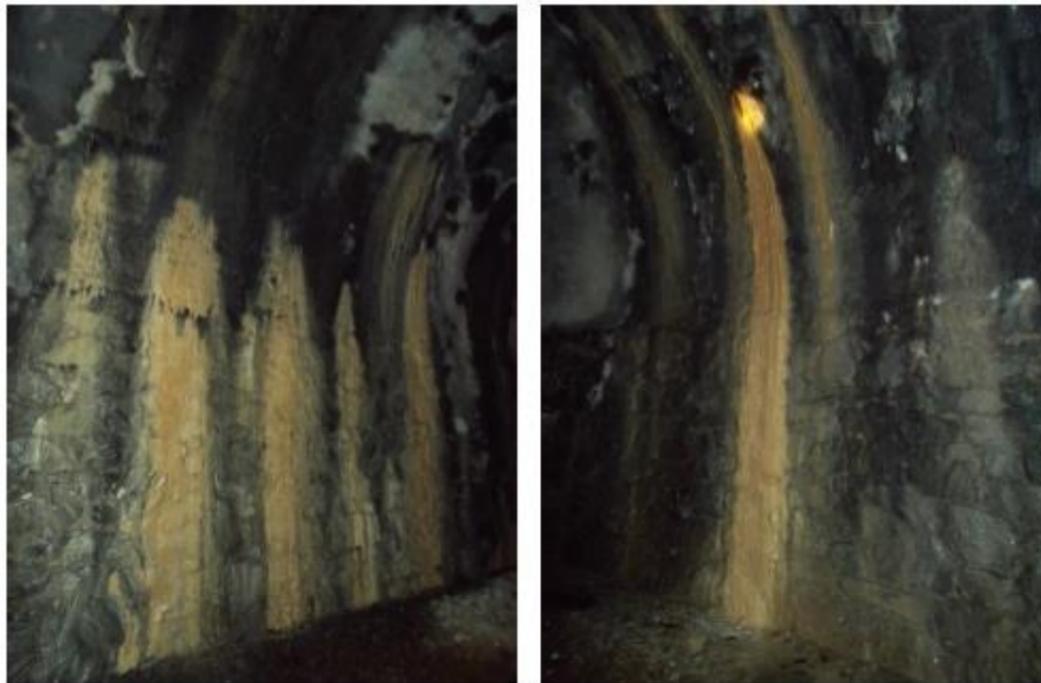


Figura 126– Flujos de agua en hastial izquierdo y en hastial derecho

También en este primer tramo se observan zonas con pérdida y/o alteración del mortero entre sillares lo que provoca el desprendimiento de bloques en los hastiales.

El siguiente tramo de túnel hasta la zona de cerchas, revestido con hormigón encofrado en bóveda y sillares de piedra en los hastiales, se halla en general en buen estado con algunas zonas de humedades y goteos puntuales. Estos fenómenos con presencia de agua provocan una importante degradación del revestimiento de hormigón. En este sentido, hay que destacar la gran oquedad generada en el hastial izquierdo a unos 505 m del emboquille de entrada, seguramente debido a procesos de disolución o de arrastre de finos del material existente en su trasdós.



Figura 127– Oquedad

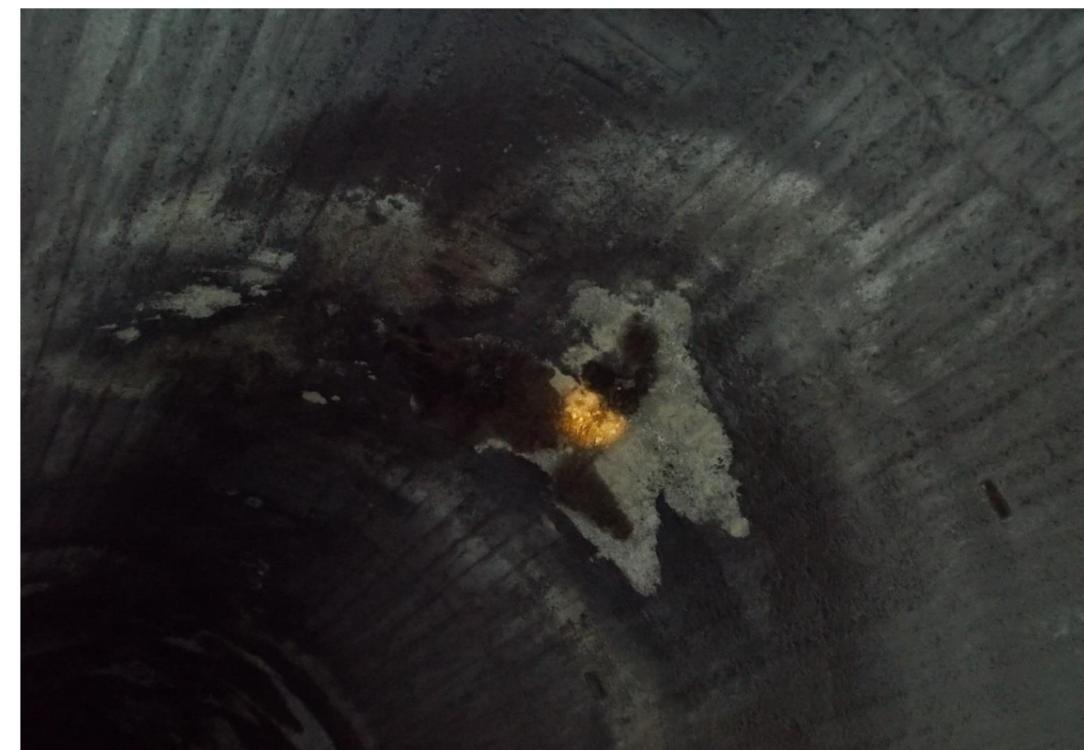


Figura 128– Coquera en hombro derecho de bóveda

El tramo final del túnel también presenta importantes problemas de filtraciones. En varios puntos de los tramos reforzados, en el hastial derecho, se pueden ver flujos continuos de agua que surgen por debajo de la gunita de bóveda.



Figura 129– Flujo de agua en tramo de túnel gunitado



Figura 130– Encharcamiento de cuneta en hastial derecho

Como se puede comprobar en la imagen anterior, estos flujos, junto con el taponamiento de la cuneta, dan lugar a encharcamientos en la base del hastial.

El revestimiento de hormigón encofrado también se ve afectado con presencia de coqueras y/o nidos de grava.

En las zonas gunitadas aparecen fisuras con precipitados blanquecinos. También se producen numerosos desprendimientos de la gunita que cubre la sillería en ambos hastiales.



Figura 131– Desprendimientos de gunita en hastiales

Por último, los hastiales del tramo donde hay lámina de impermeabilización en bóveda presentan mucha humedad y concreciones de poca entidad.

28. Túnel 28. Canfranc 2

En el tramo inicial predominan las patologías asociadas a fenómenos de humedad, goteos y filtraciones.



Figura 132– Hastial derecho con flujos de agua en tramo inicial de túnel

En el tramo de bóveda cubierta con lámina de impermeabilización, los hastiales están muy húmedos y, principalmente en el hastial derecho, se observan zonas donde el agua fluye por debajo de la lámina. También se observan bastantes manchas de humedad en los tramos de hastial reforzados con cerchas o revestidos con gunita.



Figura 133– Hastial izquierdo reforzado con manchas de humedad



Figura 134– Vista de la bóveda con zonas de hormigón degradado

A lo largo de 60 m, empezando a 100 m del emboquille de entrada, con bóveda vista revestida de hormigón encofrado, encontramos varias zonas con filtraciones y degradación del hormigón, con presencia de manchas, eflorescencias y

coqueras. Estas filtraciones suelen producirse en la línea de clave y se van propagando hacia los hastiales.



Figura 135– Filtraciones en bóveda y desconchón en gunita de hastial derecho

A unos 150 m del emboquille de entrada se localizan reparaciones puntuales en zona de bóveda donde se quedan partes de mallazo visto.



Figura 136– Zona de bóveda reparada con mallazo visto

En el tramo de roca únicamente se observan humedades de pequeña entidad y algún goteo asociado a zonas de fractura.

En el tramo final simplemente cabe mencionar algunas manchas de humedad, principalmente en los hastiales.

Por lo que respecta a los emboquilles, en ambos la sillería presenta juntas abiertas. Además, en el emboquille de salida, la roca está algo fracturada y existen cuñas con riesgo de caída a la vía.

29. Túnel 29. Canfranc 3

Tanto en el inicio como en el final del túnel, el revestimiento de sillería se encuentra bastante deteriorado con ausencia de mortero en las juntas y desprendimientos de bloques. En la boca de salida se detecta un hueco relleno con ladrillos y una grieta en el lado izquierdo.



Figura 137 - Sección de entrada con revestimiento de sillería



Figura 138 - Grieta en emboquille de salida

En estos tramos inicial y final también se observan goteos y humedades en toda la sección.



Figura 139 - Juntas abiertas y humedades en hombro derecho en inicio de túnel

Como se ha comentado anteriormente, la parte de túnel con revestimiento de hormigón encofrado en bóveda se caracteriza por los refuerzos de sostenimiento ejecutados en varios tramos a base de cerchas metálicas y hormigón proyectado. Entre estos tramos cerchados, el hormigón se encuentra bastante deteriorado con presencia de coqueras y desprendimientos en hombros y clave, producto de las humedades y filtraciones existentes.



Figura 140 - Filtraciones y desprendimientos en hombro derecho