
TÚNELES

ANEJO
11

INDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO.....1

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN1

2.1. ÁMBITO BURGOS – PANCORBO. ALTERNATIVA CENTRO2

2.1.1. ESTRUCTURA DE LA TRAZA.....2

2.1.2. RECORRIDO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO3

2.2. ÁMBITO BURGOS – PANCORBO. ALTERNATIVA OESTE9

2.2.1. ESTRUCTURA DE LA TRAZA.....9

2.2.2. RECORRIDO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO9

2.3. ÁMBITO PANCORBO - VITORIA.14

3. SECCIÓN TIPO33

3.1. SECCIÓN LIBRE33

3.2. SECCIÓN GEOMÉTRICA TÚNEL DE VÍA ÚNICA33

3.3. SECCIÓN GEOMÉTRICA TÚNEL DE VÍA DOBLE34

3.4. GALERÍAS DE EVACUACIÓN O EMERGENCIA35

4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO38

4.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO38

4.2. FASES DE EXCAVACIÓN38

4.3. CICLOS DE TRABAJO39

5. SECCIONES TIPO DE SOSTENIMIENTO40

5.1. PREDIMENSIONAMIENTO SEGÚN EL ÍNDICE Q DE BARTON.....41

5.2. PREDIMENSIONAMIENTO SEGÚN EL ÍNDICE RMR DE BIENIAWSKI.....43

5.3. SOSTENIMIENTOS PROPUESTOS.....44

6. REVESTIMIENTO45

7. TRATAMIENTOS ESPECIALES45

7.1. TRATAMIENTOS DE ESTABILIDAD DE LA BÓVEDA Y DE FRENTE DE EXCAVACIÓN45

8. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE46

9. RIESGOS GEOLOGICO-GEOTECNICOS47

9.1. RIESGOS ASOCIADOS A FENÓMENOS KÁRSTICOS47

9.2. AFECCIÓN A ZONAS DE FALLA.....47

9.3. PRESENCIA DE TECHOS PLANOS Y FORMACIÓN DE CUÑAS INESTABLES47

9.4. APORTES DE AGUA.....48

9.5. AGRESIVIDAD DE LAS AGUAS..... 48

10. TÚNEL ESTANCO 50

11. AUSCULTACIÓN 51

11.1.MAGNITUDES A CONTROLAR E INSTRUMENTOS..... 51

11.2.SECCIONES DE INSTRUMENTACIÓN 52

11.2.1. TÚNEL CONVENCIONAL..... 52

11.2.2. EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS EXISTENTES..... 52

11.3.DEFINICIÓN DE UMBRALES Y FRECUENCIAS 52

11.4.MEDIDAS DE ACTUACIÓN 53

11.5.TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y ELABORACIÓN DE INFORMES 53

12. SEGURIDAD EN TÚNELES..... 53

13. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS 56

13.1.COSTES DE SOSTENIMIENTOS 56

13.2.COSTES DE EMBOQUILLES Y GALERÍAS DE EVACUACIÓN 65

13.3.RESUMEN DE COSTES TOTALES..... 69

APÉNDICES

**APÉNDICE 1. TABLA RESUMEN DE DATOS HIDROGEOLÓGICOS PARA CADA TÚNEL
PROYECTADO**

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETO

El presente Anejo, incluido dentro del ESTUDIO INFORMATIVO DEL PROYECTO DE LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD BURGOS-VITORIA, tiene por objeto analizar los túneles definidos en las distintas alternativas que se describirán a continuación.

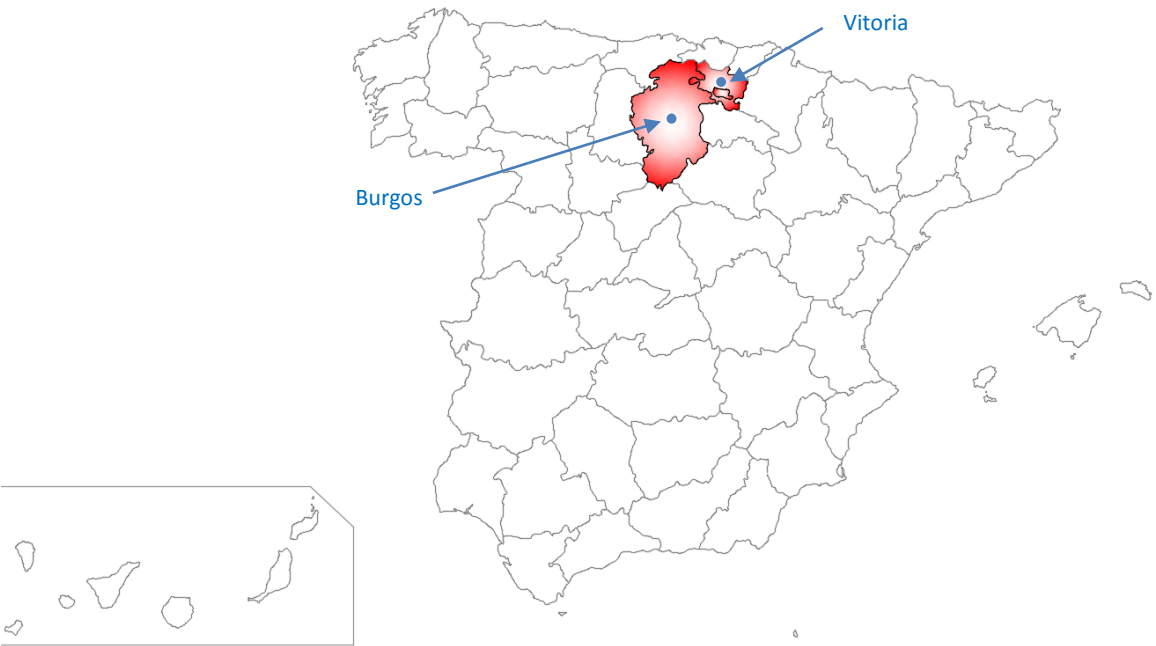


Figura 1. Situación. Fuente: INECO 2017.

La normativa específica de aplicación para la realización del presente anejo es la siguiente:

Norma ADIF Plataforma Túneles, NAP 2-3-1.0. Edición Julio 2015.

Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión del 18 de noviembre de 2014, Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa a la “Seguridad en los túneles ferroviarios” del sistema ferroviario de la Unión Europea.

Ficha UIC 779-11 en fase de prediseño.

Además de ello, se ha tenido en cuenta la geología de los túneles, cuyos perfiles se incluyen en el Apéndice 2 del Anejo 05.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ACTUACIÓN

El presente Estudio Informativo se desarrolla en dos ámbitos de actuación: por un lado, el tramo que discurre desde Burgos a Pancorbo, y por otro, el tramo desde Pancorbo a Vitoria. En cada uno de estos ámbitos, a su vez, se presentan varias alternativas, siendo los túneles presentes en cada una de ellas, los que a modo de resumen se muestran a continuación.

ÁMBITO BURGOS - PANCORBO

	Túnel	PK Inicio	PK Final	Longitud (m)
Alternativa Centro	Hoyas	14+380,000	16+332,000	1.952
	Carramonte	30+617,000	31+019,000	402

	Túnel	PK Inicio	PK Final	Longitud (m)
Alternativa Oeste	Carrasquilla	16+520,000	18+366,000	1.846
	Rublacedo	23+798,000	25+000,000	1.202

Tabla 1. Resumen de los túneles proyectados en cada alternativa del ámbito

ÁMBITO PANCORBO – VITORIA

En el ámbito de Pancorbo a Vitoria, la alternativa oeste de Miranda presenta a su vez pequeñas variaciones, confiriendo a los túneles diferentes longitudes en función de la rasante que se considere, pero el número de éstos permanece invariable.

	Túnel	PK Inicio	PK Final	Longitud (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 1	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo I	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla Via Izd	21+860,0	23+775,0	1915
	Quintanilla Via Drcha	21+870,0	23+745,0	1875
	Manzanos Via Izd	24+100,0	24+532,0	432
	Manzanos Via Drcha	24+113,0	24+545,0	432
	La Puebla	30+825,0	33+560,0	2735
Alternativa Variante Exterior de Miranda 2	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla Via Izd	21+730,0	23+605,0	1875
	Quintanilla Via Drcha	21+732,0	23+607,0	1875
	Manzanos Via Izd	23+968,0	24+400,0	432
	Manzanos Via Drcha	23+978,0	24+410,0	432
	La Puebla	30+945,0	33+425,0	2480
Alternativa Variante Exterior de Miranda 3	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo I	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla Via Izd	21+860,0	23+775,0	1915
	Quintanilla Via Drcha	21+870,0	23+745,0	1875
	Manzanos Via Izd	24+100,0	24+532,0	432
	Manzanos Via Drcha	24+113,0	24+545,0	432
	La Puebla	30+945,0	33+425,0	2480
Alternativa Variante Exterior de Miranda 4	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo I	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla Via Izd	21+730,0	23+605,0	1875
	Quintanilla Via Drcha	21+732,0	23+607,0	1875

	Túnel	PK Inicio	PK Final	Longitud (m)
	Manzanos Via Izd	23+968,0	24+400,0	432
	Manzanos Via Drcha	23+978,0	24+410,0	432
	La Puebla	30+825,0	33+560,0	2735
Alternativa Variante Exterior de Miranda 5	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo I	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla	21+870,0	23+745,0	1875
	Manzanos	24+113,0	24+545,0	432
	La Puebla	30+945,0	33+425,0	2480
Alternativa Variante Exterior de Miranda 6	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896
	Ameyugo I	5+635,0	6+200,0	565
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550
	Quintanilla	21+870,0	23+745,0	1875
	Manzanos	24+113,0	24+545,0	432
	La Puebla	30+825,0	33+560,0	2735

Tabla 2. Resumen de los túneles proyectados en cada alternativa del ámbito

Todas estas alternativas y sus variaciones se desarrollan en los siguientes apartados.

2.1. Ámbito Burgos – Pancorbo. Alternativa CENTRO

	Túnel	PK Inicio	PK Final	Longitud (m)
Alternativa Centro	Hoyas	14+380,000	16+332,000	1.952
	Carramonte	30+617,000	31+019,000	402

Tabla 3. Túneles proyectados en la Alternativa Centro

2.1.1. Estructura de la traza

El primer túnel que nos encontramos en esta alternativa es el denominado túnel de Hoyas. Está ubicado entre los pk 14+380 a 16+332, lo que le confiere una longitud de 1952 metros.

Está concebido para atravesar el paraje de “Las Pendientes” cuyo pico más elevado (1043 m) es precisamente el pico “Hoyas”, que da nombre al túnel. El municipio más cercano es Monasterio de Rodilla. Quizás el topónimo Hoyas ha ce referencia a las torcas de origen kárstico existentes en ese paraje,

Aproximadamente 14 km más adelante en la traza, encontramos el segundo túnel de esta alternativa. Denominado como túnel de Carramonte, por ser el nombre del paraje que atraviesa, se ubica entre los pk 30+617 y 31+019. En este punto, el túnel de 402 metros discurre paralelamente a la N-I, a la que deja en su margen izquierdo.

Ambos presentan una configuración de túnel monotubo de vía doble.

2.1.2. Recorrido geológico – geotécnico

Túnel de Hoyas (14+380 – 16+332) ⇒ 1952 m

La máxima cobertera que presenta el túnel está en torno a los 81 m sobre rasante. Desde el emboquille de entrada (p.k. 14+380) y hasta prácticamente el final del túnel, la excavación se realizará la unidades C2, C3 y C5, formadas por margocalizas, calizas nodulosas y calizas masivas cretácicas, con un buzamiento bajo, excepto en la parte central, del túnel, donde se atraviesa una estructura anticlinal.

Antes de alcanzar el p.k. 15+000, en un punto incierto en esta fase del proyecto, se atravesará un cabalgamiento que probablemente incluya una delgada lámina de Keuper arcilloso (K1), o de formación de Utrillas arenosa (C1).



Figura 2. Afloramientos de caliza C5 en el emboquille de entrada. Fuente: INECO 2017.

En torno al p.k. 15+600 el túnel discurre bajo el relleno kárstico de una torca. En esa zona está el anticlinal citado que eleva hasta cota de túnel las formaciones subyacentes margosas y de calizas bioclásticas C3 y C2, que son atravesadas por el túnel con un buzamiento elevado de 45° o más hacia el W, esto es, en sentido contrario al de avance. Posteriormente, el buzamiento se horizontaliza y se inclina hacia el E, de manera que el túnel se interna lentamente de nuevo en la unidad C5.

En el tramo final del túnel o bien en el emboquille de salida, se atraviesa una nueva zona de cabalgamiento con láminas de Keuper arcilloso-yesífero asociadas. Para un mayor detalle de la geología del túnel, remitirse al apartado 3.4 de “*Geología de Túneles*” en el Anejo 05 de “*Geología y Geotecnia*”.

En las zonas de falla y cabalgamientos se prevé la utilización de pases cortos y sostenimientos muy pesados, mientras que, en resto del túnel, debido a la naturaleza de la roca, se ha previsto emplear sostenimientos más ligeros. La excavabilidad podrá ser mediante medios mecánicos, aunque no se descarta el uso de voladura en aquellos tramos del macizo que sean más competentes.

Para prevenir estos riesgos, por un lado, se recomienda realizar taladros de exploración en el frente de excavación, y por otro, la ejecución de un túnel estanco.

La descripción de túnel estanco y las particularidades de su ejecución se describirán más adelante en un apartado específico para ello.

Desde el punto de vista de la seguridad, debido a la longitud del túnel (1952 m), se ha previsto la ejecución de una galería de evacuación vehicular paralela al túnel principal, de longitud en torno a los 975 m y que discurre desde el pk 16+330 hasta el emboquille final del túnel principal, compartiendo ambas bocas de salida el mismo talud frontal.



Figura 3. Afloramientos de caliza C5 en la vertical de la zona central del túnel. Obsérvese la cueva, formada por karstificación de la caliza. Fuente: INECO 2017.

Hidrogeológicamente el Túnel de Hoyas discurre atravesando materiales de permeabilidad media a alta. Como se comentaba anteriormente, la práctica totalidad de la estructura se emplaza en las dolomías y calizas cretácicas (C5) de permeabilidad media a alta por porosidad secundaria y terciaria. Cabe considerar un sector central entre los PPKK 15+605 y 15+810 (aprox.

200 m), en que atraviesa las formaciones margosas y de calizas bioclásticas C3 y C2, de permeabilidad media aunque, no obstante, de comportamiento similar al de la anterior.

No hallamos, pues, ante un acuífero de tipo fisural – kárstico, en el que la circulación de agua se efectúa fundamentalmente a través de vías de flujo preferente constituidas por zonas de falla, zonas más densamente fisuradas y/o zonas karstificadas. La base de este acuífero estaría constituida por los materiales de la Facies Utrillas (C1) y estaría limitado igualmente por las arcillas y yesos del Keuper (K1). Se han observado surgencias de agua en el contacto mecánico Utrillas-Keuper, junto al trazado del túnel y a menor cota, en el paraje *Las Hontanillas*.

Los niveles de base corresponderían al cauce del arroyo de la Viguilla (previo al emboquille de entrada) y al del río Cerrata (posteriormente, río Oca), que supone el nivel de base regional. En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel.

El seguimiento piezométrico realizado del sondeo ACS01 indica una cota piezométrica máxima en torno a los 952 m.s.n.m., lo que implica que, previsiblemente, la perforación del túnel se llevará a cabo bajo el nivel freático (en zona saturada), a excepción probablemente de ambos emboquilles.

Se estiman columnas máximas de agua sobre rasante de 10 – 20 m. Esto, unido a la karstificación de algunas zonas, producirá una entrada de agua al túnel importante. La creación de nuevas vías de circulación de agua durante la ejecución del túnel puede implicar riesgos durante la excavación, como golpes de agua por destaponamiento de conductos kársticos saturados, o la aceleración del fenómeno de disolución de la caliza.

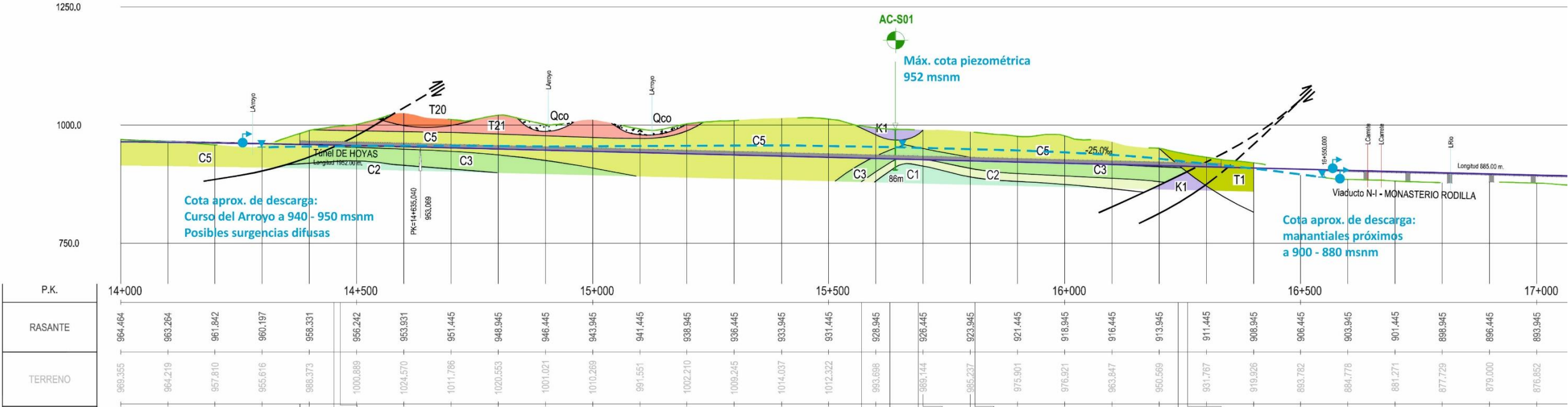
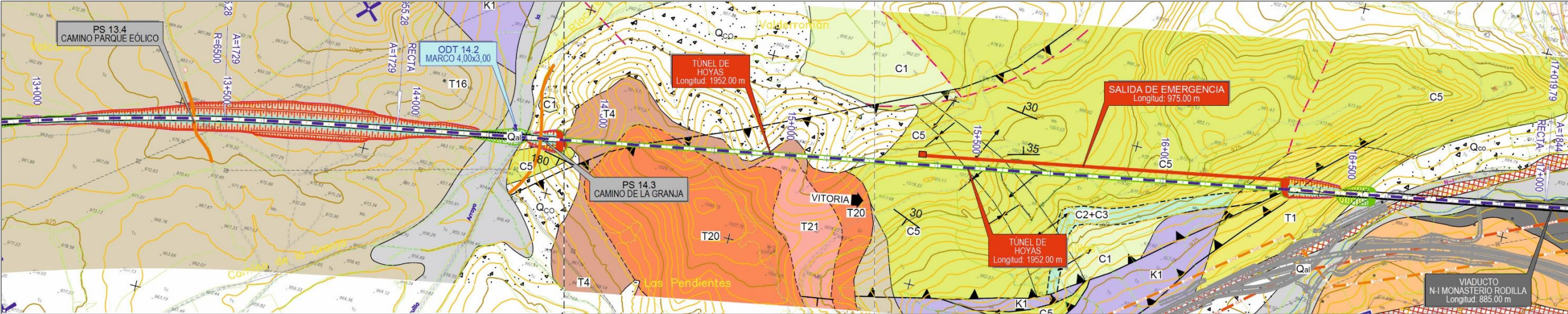
En definitiva, el túnel se constituirá como una nueva vía de drenaje del acuífero, deprimiendo el nivel piezométricos desde la vertical del trazado hacia los laterales. El drenaje a través de la estructura de la zona saturada, como se comentaba, será susceptible de producir los caudales y posibles golpes de agua ya referidos. En cuanto al medio acuífero, esta depresión de la cota piezométrica en el entorno del túnel se manifestará en una banda de afección que podría llegar a afectar a algunas surgencias en superficie, como a las fuentes de *Las Hontanillas*. Dada la elevada permeabilidad de los materiales la anchura de ésta se presume de consideración. En este sentido, se han identificado varios puntos de agua (especificados en la tabla anterior) que podrían sufrir dicha afección. Entre ellos cabe destacar los puntos S1-035 (IPA Estudio Hidrogeológico) e ITGE 10003 (IPA IGME), que corresponderían a abastecimientos a poblaciones.

No obstante, la proximidad del trazado a los niveles de base del acuífero (los cauces superficiales) por el oeste y por sur, supondría la limitación de la propagación de la afección por esos extremos. Lo mismo ocurriría por el este, puesto que las cotas topográficas de la depresión de la Hoya resultan más bajas que las piezométricas.

La existencia de fallas hacia el norte afectando a los materiales de la unidad C5 arroja cierta incertidumbre sobre la estructuración del acuífero y de la distribución de la piezometría. Por un

lado, podría constituir un aumento de permeabilidad intrínseca de la roca, si supone una zona de desarrollo de karstificación. Por otro lado, si el desarrollo de una zona con roca de falla por la fricción del movimiento dio como consecuencia granulometrías finas (limosas o incluso arcillosas) podría corresponder a una zona de baja permeabilidad (esta vez, por porosidad primaria) o incluso impermeable. Esto último implicaría una estructuración en bloques con piezometrías más o menos independientes. Este constituiría un caso más factible de cara a la afección del medio acuífero puesto que las estructuras tectónicas constituirían también una limitación a la propagación de la banda de afección hacia el norte (donde se hallan los abastecimientos).

Las cotas de surgencia observadas en los manantiales de la zona de la Hoya de Sta. María, sucesivamente más altas hacia el norte (de 850-900 se pasa a 935-940, de aquí a 1029 m.s.n.m.), parecen corroborar este último escenario, si bien sería necesario un estudio hidrogeológico en detalle de esta zona para poder aseverarlo. Esto se interpreta como una elevación del basamento en los sucesivos bloques tectónicos hacia el norte, que elevan solidariamente la base impermeable del acuífero. Si existiera conexión hidrogeológica entre los bloques, las cotas de surgencia resultarían aproximadamente similares. El hecho de que esto no sea así, parece indicar que la piezometría es independiente en cada bloque, elevándose igualmente junto con la base del acuífero.



TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL TÚNEL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
HOYAS	14+380	16+332	1952.0	960 - 910	C5	14+380	14+460	80	4.1%	S/D	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	aprox. 952 m.s.n.m. (AC-S01)	NO	---	---	---	S1-038 (856 m.s.n.m.) POSBLE AFECCIÓN	S1-035 (940 m.s.n.m.) ITGE 10003 (900 m.s.n.m.) POSBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos) POSBLE AFECCIÓN
					FALLA C5	14+460	14+470	10	0.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	---		NO	---	---	---			
					C5	14+470	15+605	1135	58.1%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	1135	58.1%	10 - 15 m sobre rasante			
					C3 – C2	15+605	15+810	205	10.5%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		SÍ	205	10.5%	10-20 m sobre rasante			
					C5	15+810	16+230	420	21.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	420	21.5%	10-20 m sobre rasante			
					T1	16+230	16+332	102	5.2%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	102	5.2%	5 - 10 m sobre rasante			

Tabla 4. Resumen de la información hidrogeológica.

Entre la información recopilada para la elaboración de las presentes consideraciones hidrogeológicas se recogen las capas de la Demarcación Hidrográfica del Ebro referentes a Perímetros de Protección de captaciones, Zonas Protegidas para abastecimientos y Zonas Protegidas para futuros abastecimientos. La proyección de estas capas sobre el trazado del Túnel permite observar que éste intercepta el área final de la Zonas Protegidas para futuros abastecimientos 024 BUREBA.

La propuesta de un túnel estanco en casi toda su longitud (salvo quizá emboquilles), paliaría en gran medida esta afección, que se manifestaría únicamente en fase de obra. Tras concluir la construcción de la estructura, sería de esperar una recuperación de los niveles casi hasta las cotas originales.

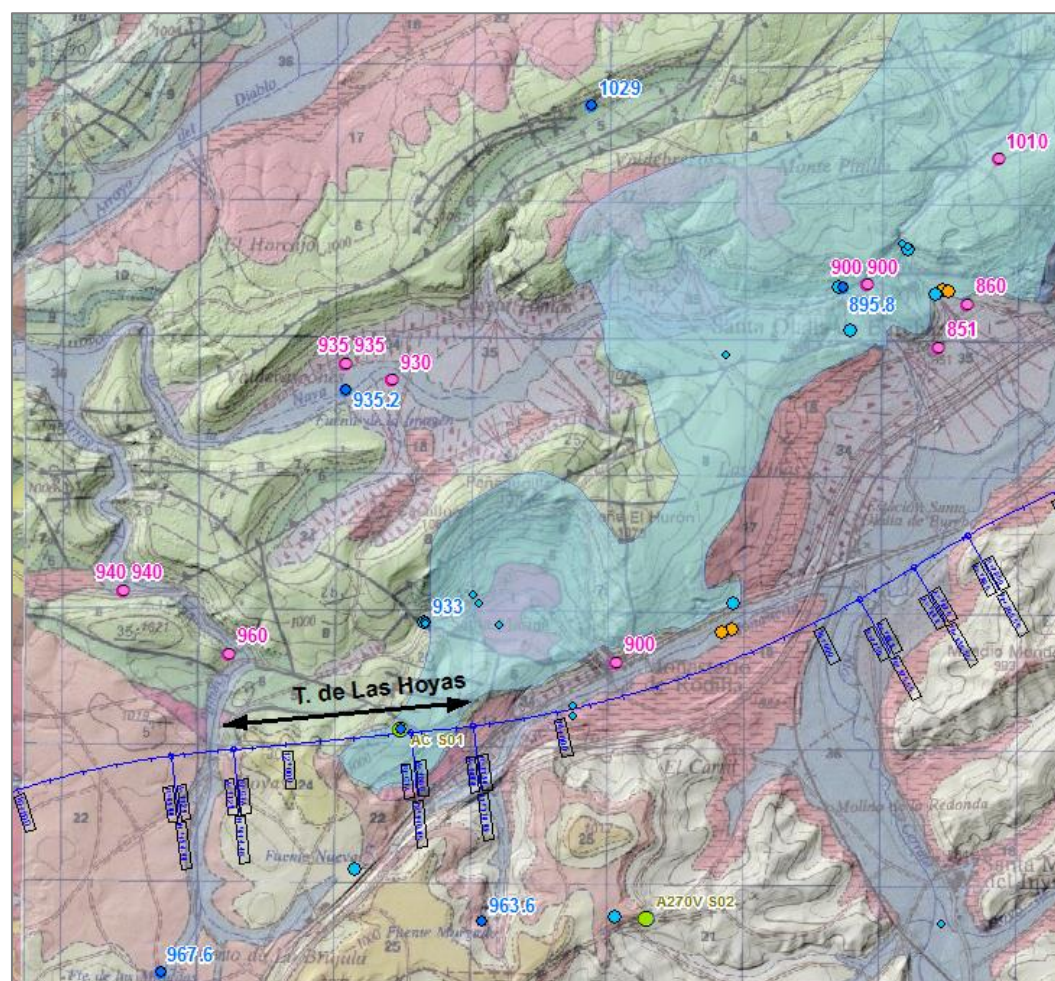


Figura 4. Trazado sobre el Mapa geológico 1:50.000 IGME. En azul oscuro (IPa CNIG), azul claro - naranja (IPa Estudio Hidrogeológico) y fucsia (IPa EGG - IGME) se muestran los puntos de agua inventariados (indicando las cotas de surgencia). La Zona Protegida para Futuros Abastecimientos 024 Bureba, se presenta en transparencia azul. Fuente: INECO 2017.

Es preciso tener en cuenta también que, una vez alcanzado el régimen permanente en el drenaje del túnel, éste estará parcialmente en zona no saturada. Ello no significa que el riesgo de caudales de agua desaparezca. Aún son susceptibles de interceptarse flujos verticales de

recarga estacionales, que pueden presentar una magnitud considerable debido a la naturaleza del acuífero (a través de las vías preferentes de infiltración debidas a la karstificación y/o fisuración).

En cualquier caso, tratándose de un elemento lineal de pequeña longitud, en comparación con toda la superficie de recarga del acuífero, la interceptación de estos flujos no implica un impacto significativo en los volúmenes de recarga de las reservas totales del acuífero.

No obstante, resulta imprescindible prever medidas de protección en fase de obra (durante la perforación del túnel y hasta acometer su impermeabilización) de cara a prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso.

Asimismo, se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a pequeña escala. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

Túnel de Carramonte (30+617 – 31+019) ⇒ 402 m

El túnel de Carramonte discurre por completo en la unidad T12, correspondiente a la Facies Cerezo (yesos, margas y arcillas yesíferas). Los emboquilles inicial y final se ubican en los pk 30+617 y 31+019 respectivamente, lo que le confieren una longitud de 402 metros. La máxima cobertera se sitúa en torno a los 41 m sobre rasante.

La descripción y características particulares de esta formación, se pueden consultar en el Anejo 5 de Geología y Geotecnia pero, a grandes rasgos, puede decirse que está constituida fundamentalmente por sulfatos de Calcio y Sodio (yeso, anhidrita y glauberita), alternando con dolomita y algunos niveles margosos con illitas. Las zonas más profundas contienen niveles de glauberita explotables, ya que el mineral se presenta inalterado, mientras que según nos acercamos a la superficie, la glauberita desaparece al haberse yesificado, siendo común encontrar niveles de yeso y anhidrita. El porcentaje de yeso de esta formación se sitúa en un rango entre el 20% y el 60%, por lo que es muy previsible un ataque fuerte al hormigón. También existe riesgo comprobado de expansividad de la roca por la presencia de anhidrita.



Figura 5. Detalle de un nivel de yeso con cristales en empalizada de origen secundario en la F. Cerezo. Fuente: INECO 2017.

Es evidente en esta zona la importancia de la glauberita, tal y como se demuestra en las explotaciones existentes en el entorno de Cerezo de río Tirón y Belorado, siendo España el único país de la Unión Europea con explotaciones de menas de sulfato sódico.

Tal y como se recoge los apartado 3.4 de *“Geología de Túneles”* y 6.1.5 *“Suelos y Rocas Evolutivos”* del Anejo 5 de Geología y Geotecnia, el estudio mineralógico de los testigos del sondeo ACS05, perforado junto al túnel, reveló el origen secundario del yeso, que procede de la transformación mineralógica de anhidrita y glauberita. Se detectó en una muestra sulfato sódico (thenerdita). El estudio mineralógico concluye que el frente de transformación de la glauberita en yeso está actualmente a la profundidad el final del sondeo, es decir, por debajo de la rasante del túnel. No obstante, hubo anhidrita a profundidad tan somera como 20 m. En ese mismo sondeo, a la profundidad de 37,5 m aproximadamente, donde se ubica la rasante del túnel, la relación yeso y lutitas se corresponde con un 70%-30% respectivamente.



Figura 6. Aspecto de las lutitas y margas yesíferas de la F. Cerezo a cota de túnel. Sondeo ACS05. Fuente: INECO 2017.

Se desconoce la geometría del frente de transformación-alteración, que teóricamente debe ser subparalelo a la superficie topográfica, con descenso de cota en las zonas de falla. Pero esto es una hipótesis teórica, por lo que no puede descartarse que el túnel llegue a tocar el frente de transformación, lo que sería un grave problema geotécnico de difícil solución. Se recomienda encarecidamente consultar el Apéndice 6 del Anejo 5 de Geología y Geotecnia.

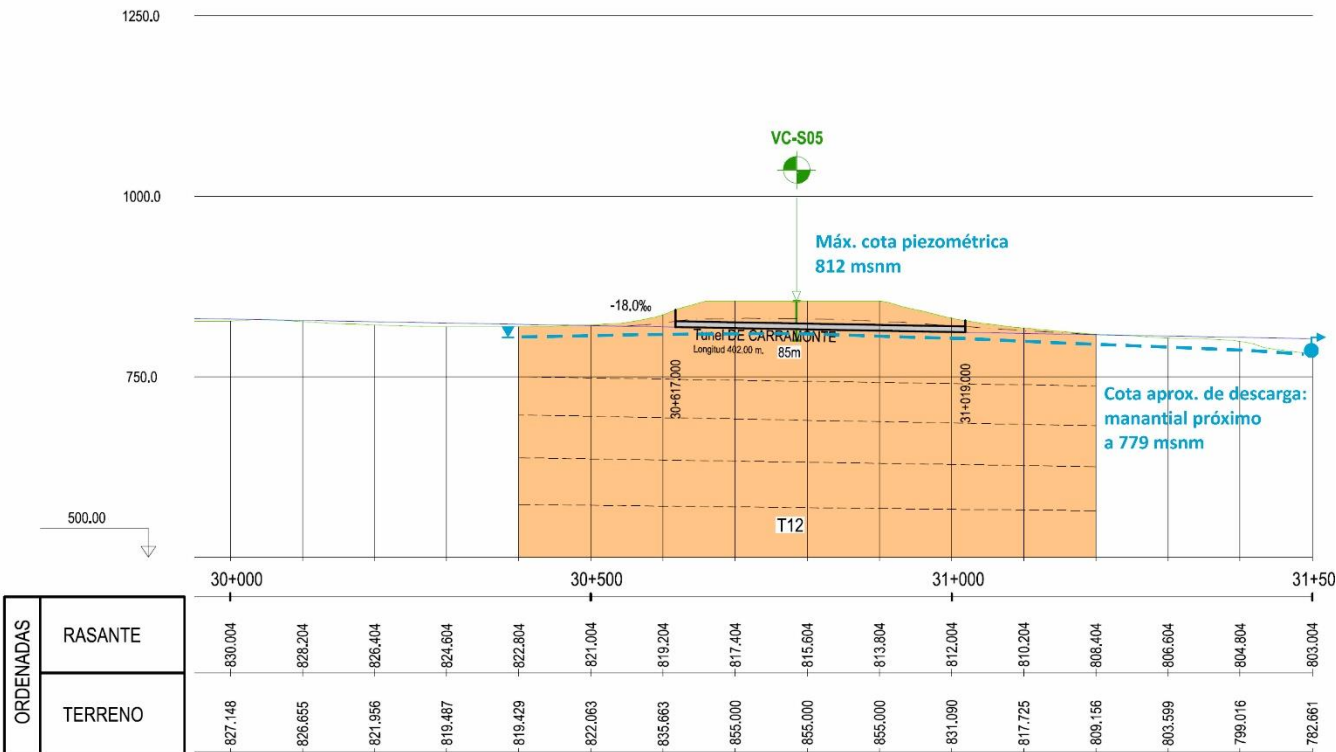
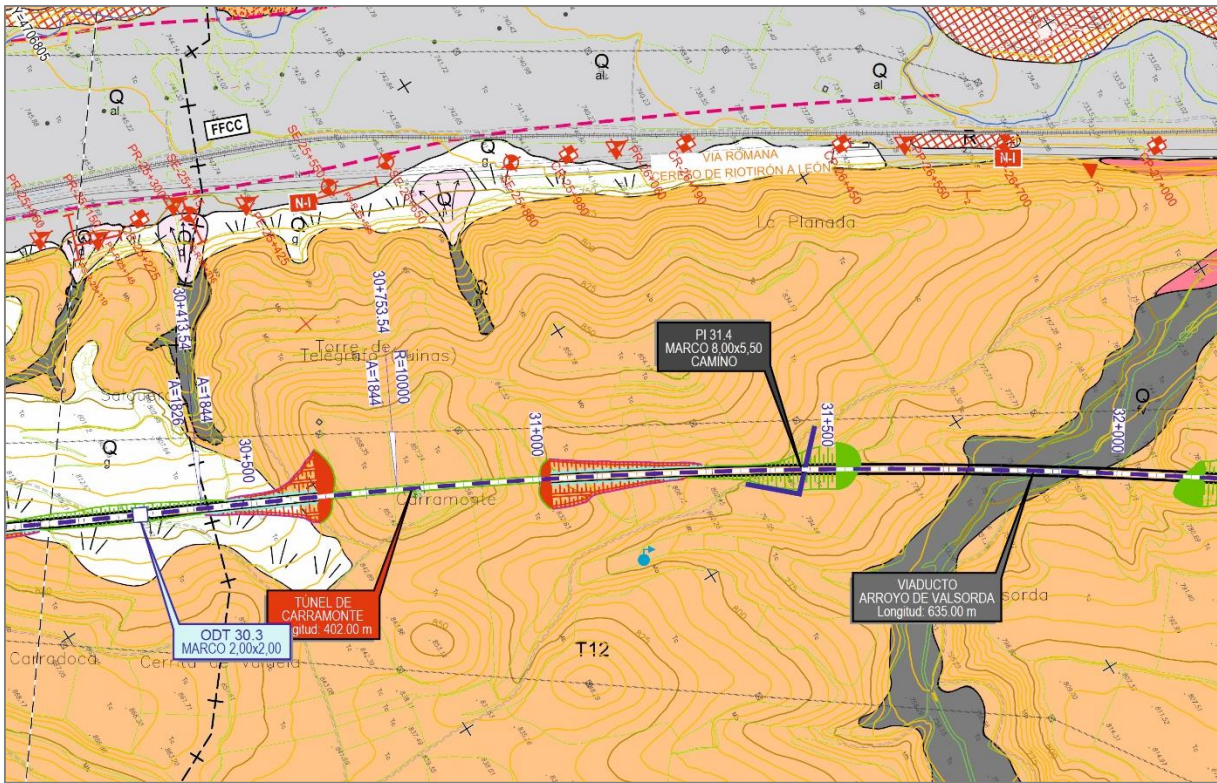
Los riesgos asociados a la presencia de estos materiales son presiones de hinchamiento elevadas, derrumbes del techo, elevados asentamientos por disolución, corrosión de elementos metálicos y ataque químico al hormigón por circulación de aguas agresivas.

La mitigación de todos estos riesgos implica la puesta en marcha en toda la longitud del túnel de numerosos tratamientos de diversa tipología, complicada ejecución y elevado coste económico, como inyecciones de resinas, uso generalizado de acero galvanizados y/ armado con fibra de vidrio, sostenimientos muy pesados y micropilotajes entre otros.

En fases posteriores a este estudio, en vista de los resultados obtenidos, se torna altamente recomendable la ejecución de nuevos sondeos a lo largo de la traza del túnel y la realización de ensayos específicos asociados a ellos, donde se acote con mayor precisión, la presencia y tipo de estas sales evaporíticas a cota de túnel.

Hidrogeológicamente, el túnel discurre en toda su totalidad en una formación de baja permeabilidad como son los yesos y margas yesíferas de la Formación Cerezo. En caso de llegar a poder considerarlo como un acuitardo (por fisuración de las margas y/o disolución local de los yesos) el nivel de base local estaría constituido por el arroyo que discurre de sur a norte junto al emboquille este. El nivel de base regional, nuevamente correspondería al río Oca.

En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel.



TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL TÚNEL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
CARRAMONTE	30+617	31+019	402	819 - 812	T12	30+617	31+019	402	100.0%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	aprox. 812 m.s.n.m. (AC-S05)	---	---	---	---	S/D (779 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---

Tabla 5. Resumen de la información hidrogeológica.

Por otro lado, los niveles medidos en el sondeo AC-S05 muestran una máxima cota piezométrica de 812 m.s.n.m., lo que es indicativo de que la perforación del túnel se efectuará probablemente por encima de la superficie piezométrica (en zona no saturada). Las cotas de la rasante oscilan entre 812 y 819 m.s.n.m. No obstante, ello no implica que no se puedan producir ciertos caudales asociados a la intercepción de flujos verticales de agua de recarga a través de la zona no saturada. En estos casos, sin embargo, son de esperar caudales de escasa magnitud, restringidos a las zonas de infiltración preferente (como ya se indicaba, fisuras en las margas u oquedades locales en los yesos por disolución de los mismos).

A la vista de las consideraciones efectuadas, no se prevé la necesidad de proceder a la estanqueidad de este túnel.

Se identifica un único manantial cercano al emboquille de salida del túnel (según kilometración creciente), que arroja una cota de descarga de 779 m.s.n.m. Ésta se localiza muy por debajo de las cotas de rasante del trazado, además de fuera de una posible área de afección (más allá del emboquille de salida), por lo que se descarta su afección. El punto en cuestión procede del inventario de puntos de agua de la Base Cartográfica del CNIG y no se tiene constancia de que actualmente se halle en uso.

2.2. Ámbito Burgos – Pancorbo. Alternativa OESTE

2.2.1. Estructura de la traza

Esta alternativa discurre muy al oeste de la Alternativa Centro. Inicialmente avanza por el mismo trazado que la alternativa anterior hasta aproximadamente el pk 6+500, donde gira hacia la izquierda para alejarse paulatinamente de ésta, siendo la máxima distancia entre ambas, en torno a los 11,5 km. Realiza un arco muy amplio y vuelven a juntarse en el entorno de Pancorbo.

Al igual que la alternativa centro, dos son los túneles presentes en este trazado. El primero de ellos se sitúa en el pk 16+520 hasta el pk 18+336. Se denomina túnel de la Carrasquilla por ser uno de los montes que atraviesa, y presenta una longitud de 1846 metros.

El segundo adquiere el nombre de la población más cercana, Túnel de Rublacedo, y se sitúa entre los pk 23+798 a 25+000, presentado una longitud de 1202 metros.

Ambos presentan una configuración de túnel monotubo de vía doble.

2.2.2. Recorrido geológico – geotécnico

Túnel de la Carrasquilla (16+520 – 18+366) ⇒ 1846 m

A lo largo de todo su recorrido, incluidos los emboquilles, el túnel de La Carrasquilla discurre exclusivamente por las margocalizas y calizas tableadas cretácicas de la unidad C9, tal y como se recoge en el sondeo AO-S01. Litológicamente se trata de una alternancia rítmica de las litologías

antes mencionadas dispuestas en capas centimétricas. En la traza del túnel se disponen suavemente plegadas en forma de anticlinal.

El emboquille de entrada se ubica en el pk 16+520 y el de salida en el 18+366, lo que le confiere una longitud de 1846 m. La máxima cobertera sobre rasante estará en torno al 56 m, próximo a la parte final del túnel.

Debido a la longitud que presenta el túnel, se ha proyectado una galería de evacuación al exterior en torno a los 945 m del emboquille de entrada. Esta galería sería de tipo vehicular, permitiendo el acercamiento de los vehículos de emergencia hacia la parte intermedia del túnel en caso necesario.

La estructura geológica es anticlinal, de forma que se encontrarán capas con sentidos opuestos de buzamiento al avanzar el túnel, con una baja inclinación en la estratificación, lo cual podría generar techos planos. En estos casos se recomienda ejecutar pases cortos durante el proceso de excavación.

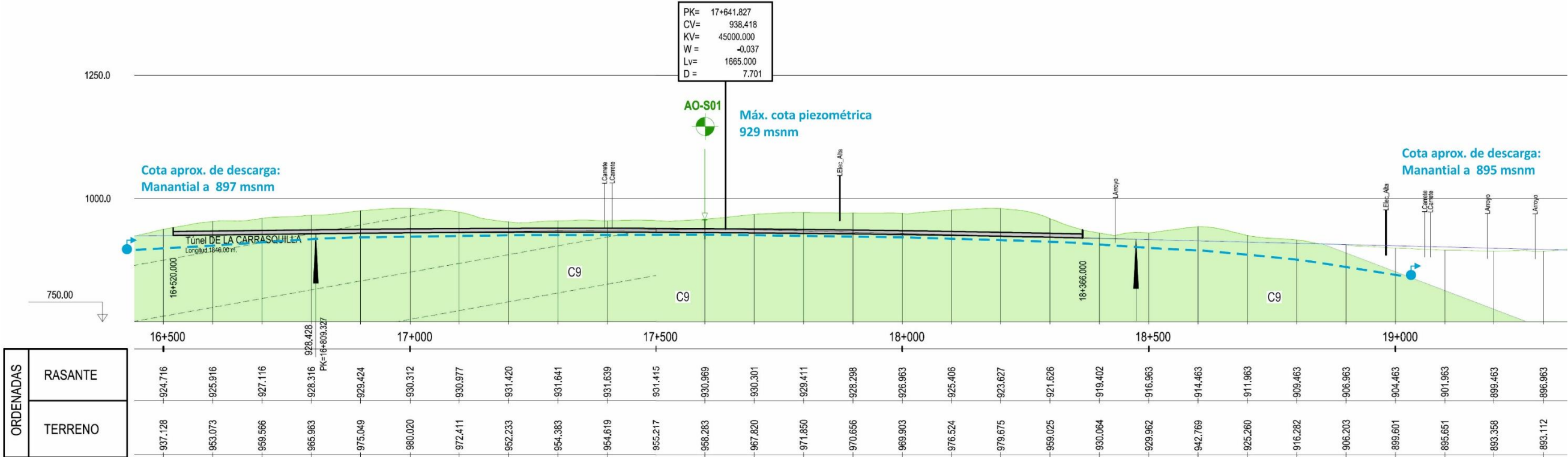
Como se indica en el apartado 3.4 de “*Geología de Túneles*” en el Anejo 05 de Geología y Geotecnia, durante la ejecución del sondeo AOS01 se ha detectado una cavidad con relleno kárstico, de forma que no se puede descartar el riesgo de aparición de cuevas durante la ejecución del túnel en los materiales presentes. Los valores de RMR estimados son elevados, así pues se estima que los sostenimientos a emplear, de forma general, serán de tipo ligero.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el Túnel de Carrasquilla perfora una unidad de permeabilidad general media a alta por porosidad secundaria, como es la C9. Dentro de ella, el acuífero está integrado por las calizas tableadas y las calizas con calcarenitas, mientras que las margas y margocalizas constituirían capas de baja permeabilidad. Se trataría en este caso de un acuífero de tipo fisural, en el que la circulación de agua se efectúa fundamentalmente a través de vías de flujo preferente, constituidas por zonas de falla o zonas más densamente fisuradas y/o fracturadas. No se han encontrado signos que hagan pensar en un desarrollo kárstico de importancia.

Resulta difícil identificar la formación impermeable del muro del acuífero, dado que las prospecciones no han atravesado más formación que la C9; supuestamente debería corresponder a las facies Utrillas (C1), si bien, la compleja estructura tectónica de la Franja Plegada Rojas-Sata. Casilda, donde se ubica, hacen pensar en un acuífero de gran espesor saturado y estructuración en bloques, probablemente de piezometría independiente. Llegados a este punto, cabe remitirse a las consideraciones hidrogeológicas efectuadas para el Túnel de Las Hoyas, al respecto de su estructura, pues el bloque atravesado por el túnel forma parte de la misma estructura tectónica, la citada Franja Plegada.

Los niveles de base locales están constituidos por los arroyos de la Nava y del Diablo, que constituyen parte de la cabecera del Río Ubierna, así como los arroyos que conforman la cabecera del cauce de Sta. Casilda.

En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel.



TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL TÚNEL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
CARRASQUILLA	16+520	18+366	1846	925 – 932 (centro) - 920	C9	16+520	18+366	1846	100.0%	S/D	ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ	928 m.s.n.m. (AO-S01)	NO	---	---	---	S/D (895 m.s.n.m.) S/D (897 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	NO	SÍ (P. Protección Embotelladora) SIN AFECCIÓN PREVISTA

Tabla 6. Resumen de la información hidrogeológica.

El seguimiento piezométrico efectuado en el sondeo AO-S01 durante el verano-otoño del seco año 2017 da como resultado una cota piezométrica máxima en torno a 928 m.s.n.m. Por su parte, los manantiales identificados en las áreas próximas a sendos emboquilles (IPA de la base cartográfica del CNIG) arrojan cotas de descarga de 897 y 895 m.s.n.m. A la vista de estos datos, puede decirse que el túnel discurrirá fundamentalmente en zona no saturada (por encima del nivel piezométrico), salvo en todo caso la región central del mismo que, en escenarios de aguas altas, podría llegar a rozar la zona saturada. Ello resulta coherente con la escasa montera prevista para el conjunto del túnel.

De llegar a darse este caso, pueden ocasionarse caudales de drenaje a través del túnel de magnitud baja o media, pero previsiblemente no tan elevados como los estimados en el caso del Túnel de Las Hoyas. Asimismo, no son de esperar golpes de agua. No obstante, en cuanto a los flujos estacionales de recarga a través de la zona no saturada, cabe recordar que, al tratarse de un acuífero kárstico-fisural cuya permeabilidad puede resultar elevada en zonas fracturadas, los caudales ocasionados en estas circunstancias pueden llegar a ser de consideración.

El volumen drenados por la intercepción de flujos subterráneos, en cualquiera de los casos y dada la magnitud de las reservas que se intuyen para el acuífero, se prevé insignificante. Asimismo, no se presume una banda de afección de importancia que pueda afectar a captaciones cercanas, máxime cuando no se han inventariado puntos de agua en la vertical del trazado y todos los demás se encuentran más allá de ambos emboquilles (a cotas inferiores a éstos).

No obstante, es preciso tener en cuenta que la traza del túnel intercepta marginalmente una Zona Protegida para Abastecimientos actuales, recientemente aprobada (BOPBUR-2016-07440 de febrero de 2017), de cara una relativamente próxima explotación del manantial denominado “Zorita 2”. La declaración de agua mineral natural se efectuó a través del BOE núm. 239, de octubre de 2007, sin embargo no se tiene constancia de que actualmente exista una concesión de explotación del mismo.

Cabe considerar también que esta misma formación cretácica se explota a algunos kilómetros de este túnel, desde hace años, a través del conjunto de captaciones de Bonaqua – Santolín (cuyo perímetro de protección se dispone a continuación del de Zorita 2). Éste resulta nuevamente interceptado por el trazado aunque en superficie, por lo que no supone afección alguna a la cantidad de los recursos no compromete la producción de la empresa explotadora.

No obstante, la facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada obligan a recomendar la adopción de una sección de túnel estanco como la descrita en el capítulo 10 de este Anejo, y tomar precauciones en fase de obra para prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso.

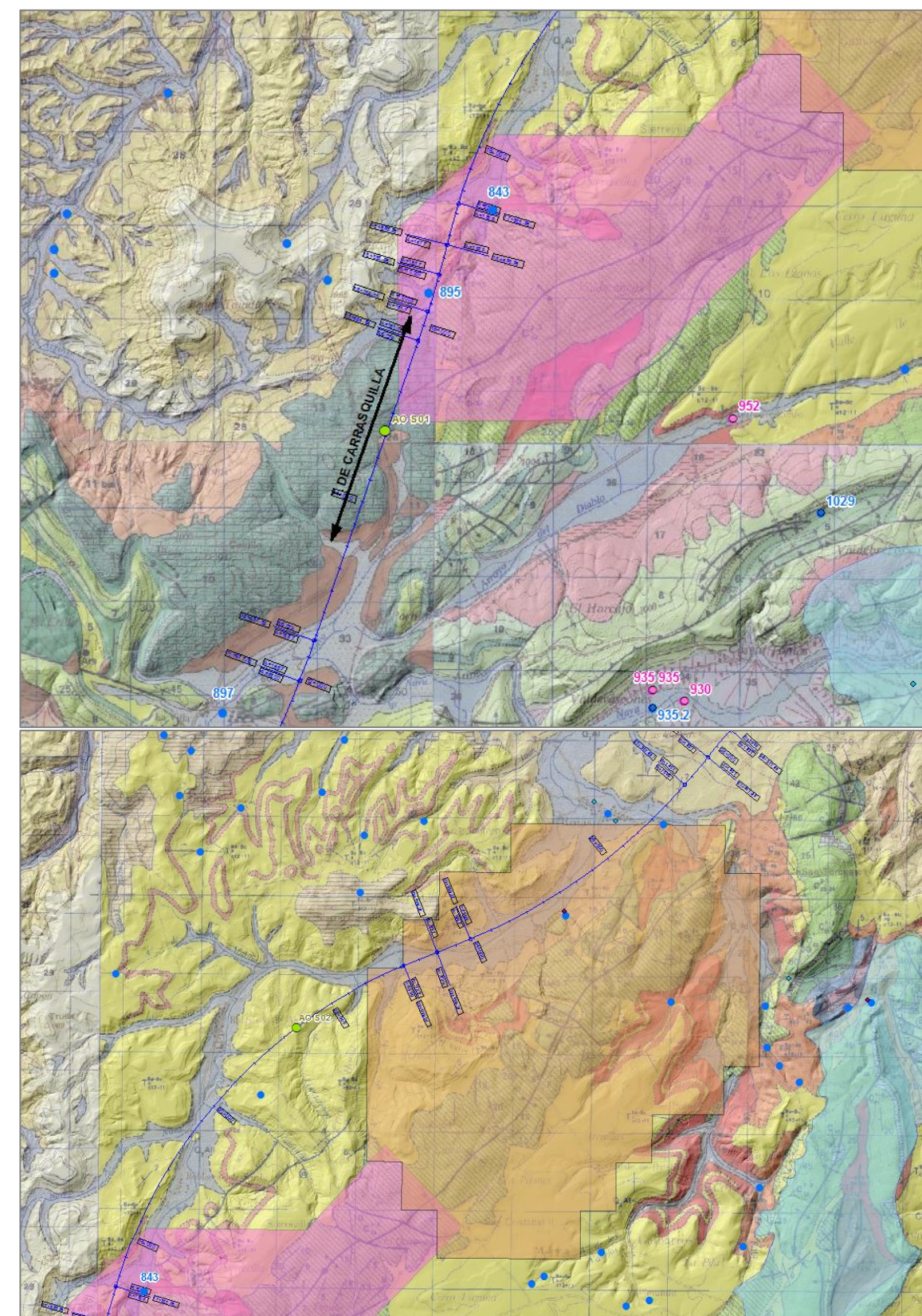


Figura 7. Trazado sobre el Mapa geológico 1:50.000 IGME. En azul oscuro (IPA CNIG), azul claro - naranja (IPA Estudio Hidrogeológico) y fucsia (IPA EGG - IGME) se muestran los puntos de agua inventariados (indicando las cotas de surgencia). La Zona Protegida para Abastecimiento RUBALCEDO DE ABAJO, se presenta en transparencia fucsia y el Perímetro de Protección de Aguas Minerales de Bonaqua – Santolín, en transparencia marrón. Fuente: INECO 2017.

Asimismo, se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a escala local. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

Túnel de Rublacedo (23+798 – 25+000) ⇒ 1202 m

El túnel de Rublacedo discurre completamente por las calizas y margas de la unidad T15 o Facies Gris-Blanca. El emboquille de entrada se encuentra en el pk 23+798 y el de salida en el 25+000, siendo la longitud del túnel de 1202 m. La máxima cobertera está en torno a 42 m, próxima a la parte inicial del túnel. Véase el apartado 3.4 de “*Geología de Túneles*” en el Anejo 05 de Geología y Geotecnia.

Las calizas son de origen lacustre y pueden presentarse en bancos de tamaños decimétricos, hasta 5 metros de espesor. En esta unidad se ha realizado el sondeo AO-S02 que no llega a alcanzar el contacto con la infrayacente Facies Bureba. El RMR estimado para la unidad T15 se sitúa en valores entre 40-50, de forma que se ha proyectado sostenimientos de tipo ST-II.

Al presentar una longitud superior a los 1000 m, se ha proyectado una galería de evacuación vehicular paralela al túnel principal, de una longitud aproximada a los 220m, de forma que ambos emboquilles de entrada (túnel principal y galería de evacuación) se ubicarán en el mismo talud frontal.

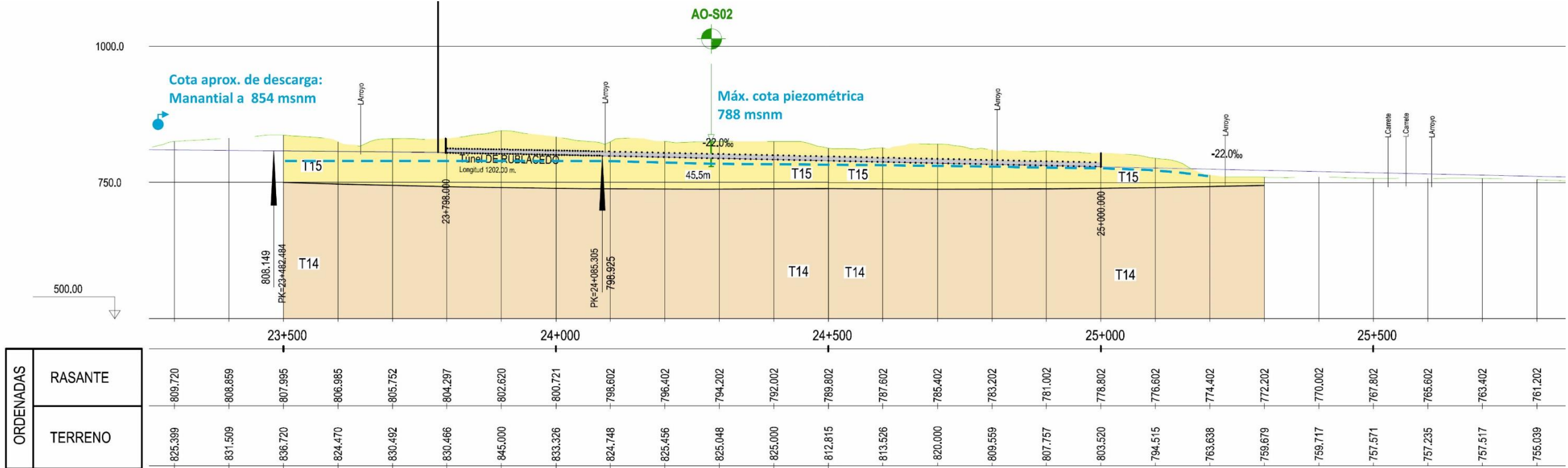
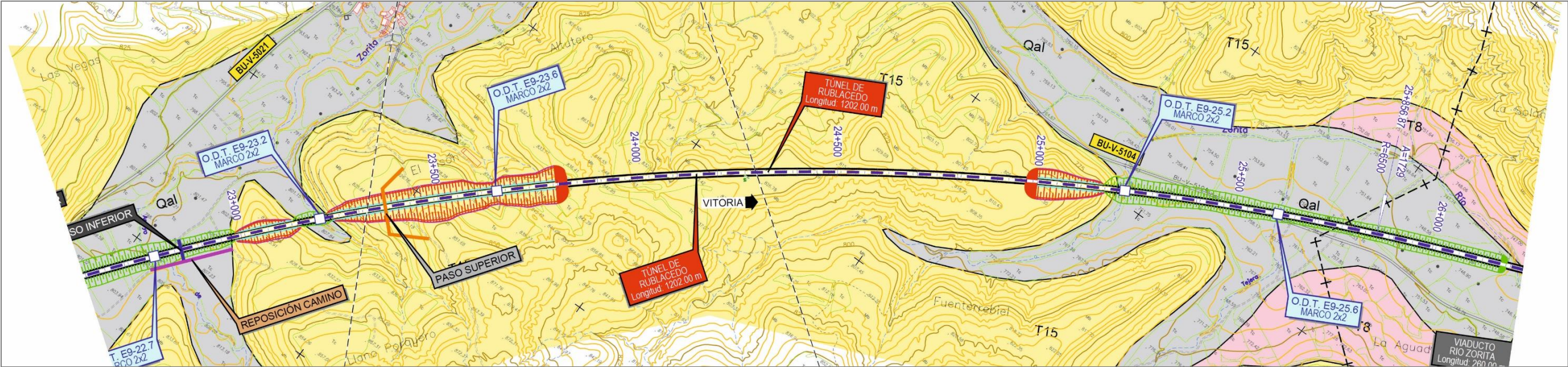
En cuanto a la hidrogeología de la zona, el Túnel de Rublacedo se encuentra emplazado enteramente en una unidad de permeabilidad muy baja como es la Facies Gris - Blanca. Las únicas capas que podrían constituir niveles acuíferos de tipo kárstico son las calizas que se intercalan con las margas, si bien su potencia es reducida y no se prevé que supongan recursos de entidad. En cuanto a las margas, se consideran éstas como acuícludo y no se le asimila piezometría. Hidrogeológicamente se encontrarían aislando las diversas capas acuíferas o acuitardas entre sí, de forma que el conjunto correspondería a un sistema multicapa.

El túnel atraviesa un pequeño meandro del arroyo Zorita, estando limitado al norte y oeste por dicho cauce. Éste constituiría el nivel de base local para los niveles calizos relativamente más permeables.

El sondeo piezométrico practicado en la campaña de agosto de 2017 para investigar las aguas subterráneas en el entorno del túnel (ACS02), una vez achicado, no ha recuperado nivel desde la cota 789 m.s.n.m. Resulta probable que éste corresponda a nivel más calizo aislado entre paquetes margosos. En cualquier caso, el posible nivel piezométrico que pueda existir se encontraría bajo la rasante. La estructura se perforaría, pues, en zona no saturada. Por tanto, no son de esperar caudales de importancia hacia el interior de la misma; los que llegaran a generarse, estarían ligados a estos niveles calizos y serían probablemente bajos. Además, una vez drenado el nivel, el caudal cesaría.

No obstante, dada la delicada situación del entorno, se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a pequeña escala. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

A pesar de que el túnel se localiza entre dos zonas protegidas, se identifica un único manantial en su entorno, a una muy cota superior a la de la rasante del túnel (854 m.s.n.m.), si bien resulta muy probable que se encuentre ligado a una capa caliza distinta a las afectadas por el mismo, que estaría aislada de éstas por paquetes margosos. Así pues, tampoco es de esperar afecciones al medio acuífero más allá del entorno inmediato del túnel.



TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL TÚNEL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
RUBLACEDO	23+798	25+000	1202	804 - 779	T15	23+798	25+000	1202	100.0%	---	PRÁCT. IMPERMEABLE	MUY BAJA	---	788 m.s.n.m. (AO-S02)	---	---	---	---	S/D (854 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---

Tabla 7. Resumen de la información hidrogeológica.

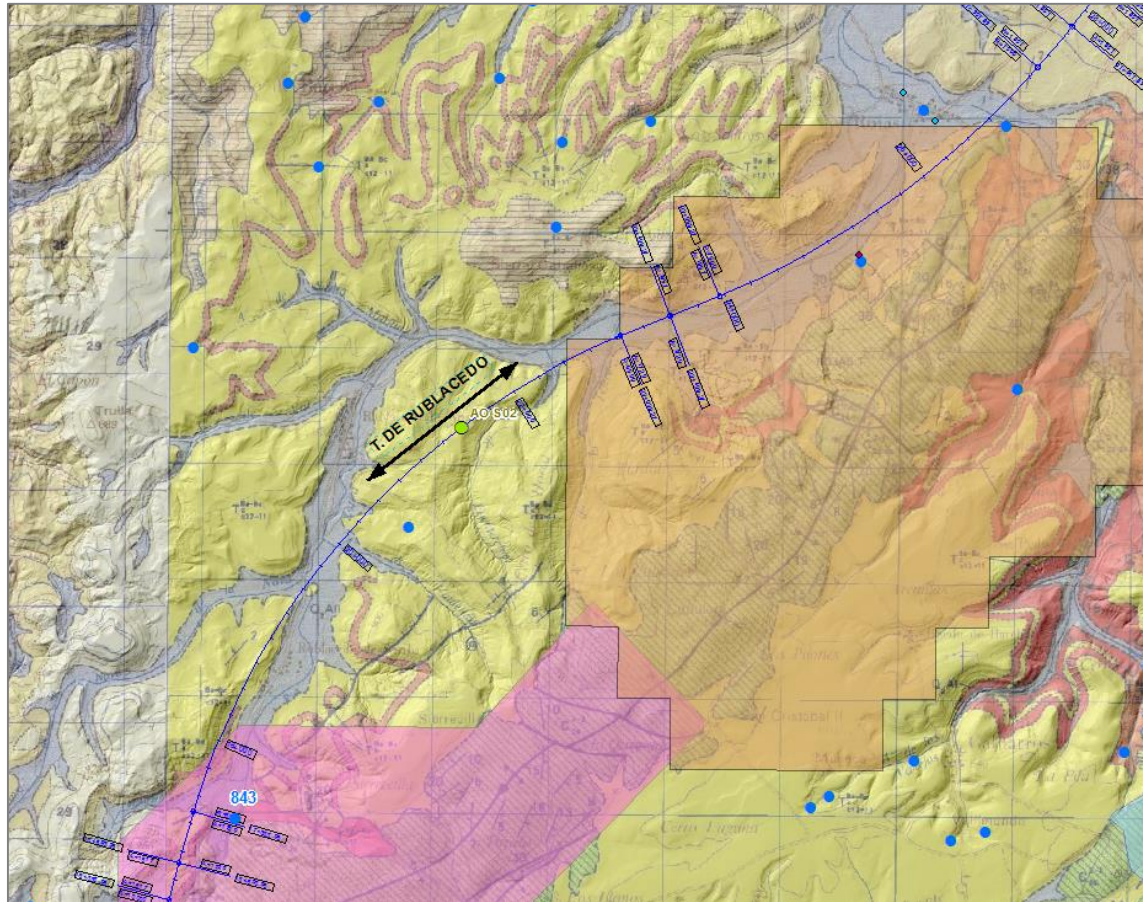


Figura 8. Trazado sobre el Mapa geológico 1:50.000 IGME. En azul oscuro (IPA CNIG), azul claro - naranja (IPA Estudio Hidrogeológico) y fucsia (IPA EGG - IGME) se muestran los puntos de agua inventariados (indicando las cotas de surgencia). La Zona Protegida para Abastecimiento RUBALCEDO DE ABAJO, se presenta en transparencia fucsia y el Perímetro de Protección de Aguas Minerales de Bonaqua – Santolín, en transparencia marrón. Fuente: INECO 2017.

2.3. Ámbito Pancorbo - Vitoria.

El tramo que discurre desde Pancorbo a Vitoria tiene seis túneles, siendo los tres primeros coincidentes en planta y rasante con los proyectos constructivos redactados en junio de 2013, a saber, túnel de Pancorbo, túnel de Ameyugo I y túnel de Ameyugo II. En las tres alternativas que se presentan en este ámbito, estos tres primeros túneles son comunes a todas ellas.

A partir de aquí aparecen tres túneles nuevos:

- Túnel de Quintanilla
- Túnel de Manzanos
- Túnel de La Puebla

Los túneles de Quintanilla y Manzanos, en las alternativas “Variante de Miranda 1, 2, 3 y 4” se presentan con una configuración de túnel bitubo de vía única cada uno. En la “Variante de Miranda 5 y 6”, ambos túneles son monotubo de vía doble.

El túnel de La Puebla presenta también dos posibilidades; la primera consiste en emboquillar tras el viaducto de cruce sobre el FC Madrid-Hendaya, el río Zadorra y la carretera N-I (2.735 m). En este caso el trazado circula bajo la A-1 en túnel.

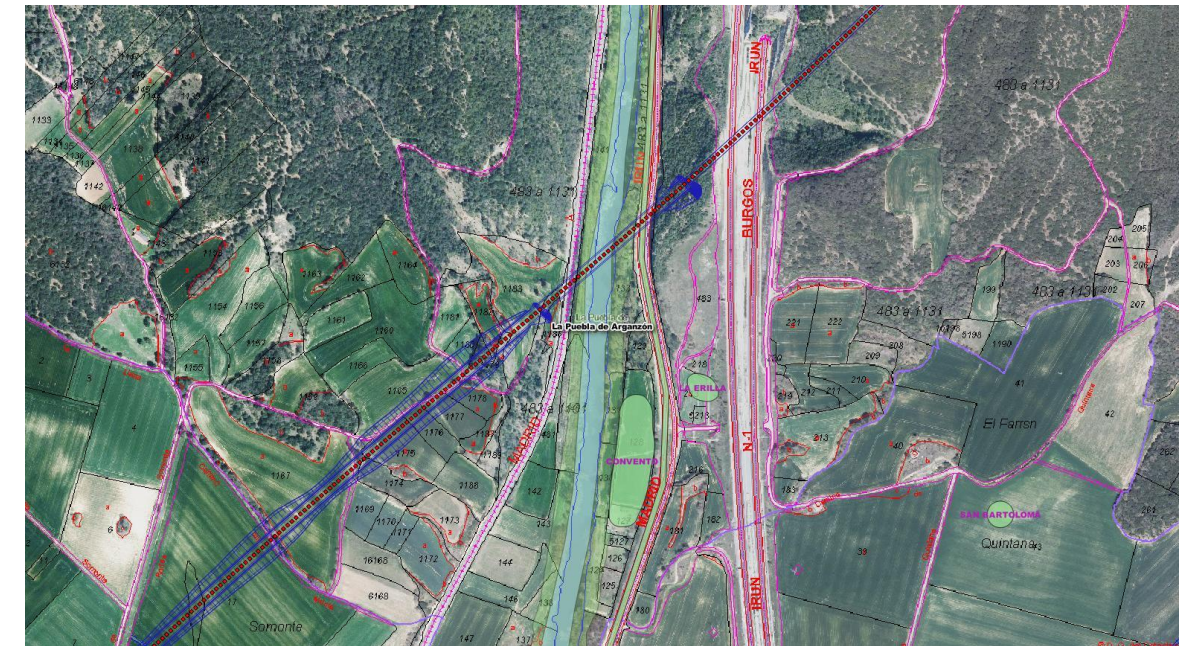


Figura 9. Inicio del túnel previo al cruce de la A-1 Fuente: INECO 2017.

La segunda opción consiste en cruzar mediante viaducto el FC Madrid-Hendaya, el río Zadorra, la carretera N-I y la autovía A-1. Esta opción hace que la rasante del túnel sea más alta, y la longitud del túnel sea inferior (2.480 m).

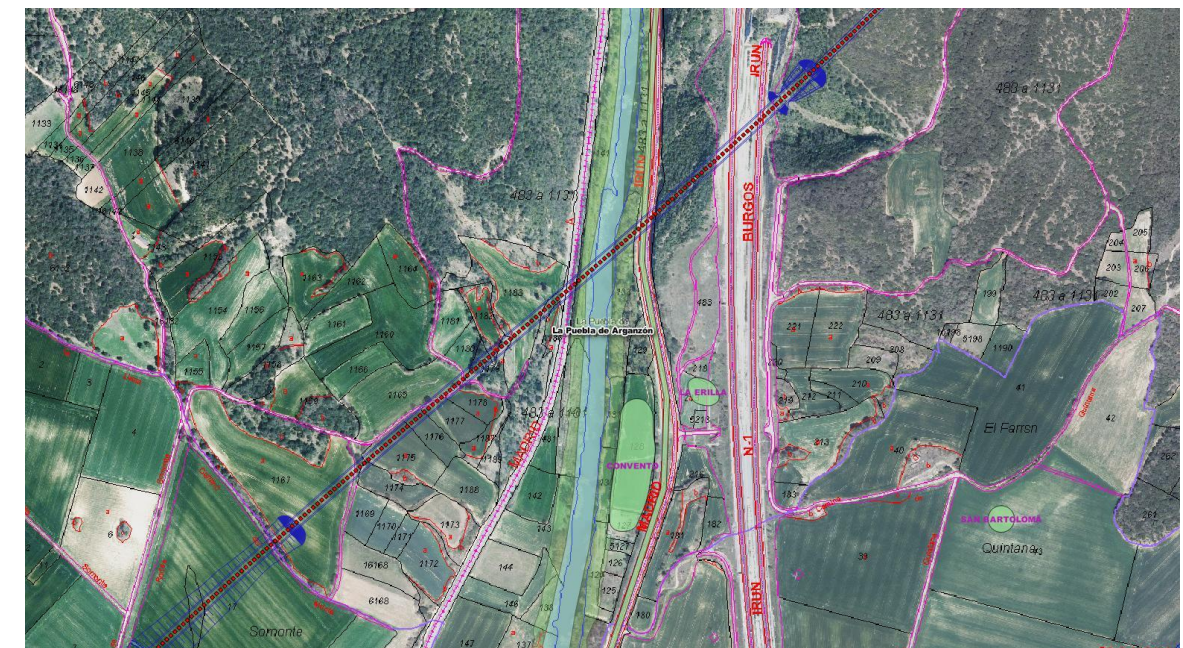


Figura 10. Inicio del túnel tras el cruce sobre la A-1. Fuente: INECO 2017.

Puesto que las seis alternativas del ámbito Pancorbo-Vitoria surgen de la combinación de las opciones mencionadas, se describirán una vez cada uno de los túneles, para evitar redundancias.

La configuración que presenta cada alternativa es la siguiente:

Túnel		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
Pancorbo		3.896					
Ameyugo		565					
Ameyugo II		550					
Quintanilla	Vía izq	1.915	1.875	1.915	1.875	1.875 (monotubo - vía doble)	1.875 (monotubo - vía doble)
	Vía drch	1.875	1.875	1.875	1.875		
Manzanos	Vía izq	432	432	432	432	432 (monotubo - vía doble)	432 (monotubo - vía doble)
	Vía drch	432	432	432	432		
La Puebla		2.735	2.480	2.480	2.735	2.735	2.480

Tabla 8. Longitudes de túnel según la Variante propuesta

La descripción de los túneles de Pancorbo, Ameyugo y Ameyugo II, se ha extractado de los proyectos constructivos redactados con fecha de junio de 2013, ya que han sido estudiados con un mayor grado de detalle que el que se obtiene en estas fases preliminares de Estudio Informativo. Es por ello que a continuación, tal y como ya se mencionó en la fase anterior, se incluye un resumen con los datos más relevantes de cada uno.

Túnel de Pancorbo ⇒ 3.896 m

El túnel de Pancorbo presenta una longitud de 3.896 metros y atraviesa una variedad de litologías considerable. La geología es muy compleja, con varios anticlinales seguidos que cabalgan unos sobre otros. La traza atraviesa las siguientes unidades: K1, K2, C1, C2, C3, C4, T1 y T3. Ha sido extensamente estudiado en proyectos anteriores. Los accidentes tectónicos se prevén numerosos.

Es destacable la presencia de dolomías, que en algunos puntos están completamente arenizadas, tal como es expone en el apartado 3.4 de “Geología de Túneles” en el Anejo 05 de Geología y Geotecnia.

Como se ha dicho en el caso del Túnel de Hoyas, la presencia de arcillas de Keuper (K1, K2) y de las arenas de Utrillas (C1), implicará el empleo de sostenimientos pesados y tratamientos

especiales en esta parte del túnel, la presencia de agua en el caso de las arenas, y el uso de cementos sulforresistentes en las arcillas de Keuper.

Hidrogeológicamente, éste constituye el túnel más complejo de los que se van a ejecutar. Las singularidades geológico-hidrogeológicas consideradas en su entorno son las siguientes:

Al tratarse una estructura plegada con pliegues muy apretados y verticalizados, el túnel atraviesa varias unidades geológicas. Según el análisis efectuado dentro del E.H., varias de ellas no son susceptibles de aportar caudales significativos al interior del mismo, o de ver afectados sus recursos de forma importante. En el caso de la Facies Pancorbo, ésta se caracterizan por elevado contenido en arcillas, que les confiere una muy baja permeabilidad; por tanto, no son de esperar aportes de agua relevantes en este tramo del túnel. Por su parte, el conjunto de las Facies Keuper y ofitas, formado fundamentalmente por arcillas con yeso y halita, se considera en general como poco permeable o impermeable. No obstante, presentan una importante zona de alteración, entre las cotas 600 y 604 m.s.n.m., que llega hasta unos 25 m de profundidad (sondeo ST- 53+430) y que probablemente se halle saturada en agua. Ésta resulta coincidente con la rasante de la boquilla de salida, por lo que se considera que el túnel discurrirá en zona seca y los aportes de agua serán nulos o poco significativos. Las Facies Utrillas, atravesadas en ambos flancos del anticlinal de San Nicolás, presentan de forma general baja permeabilidad debido al muy denso empaquetado de sus clastos, con presencia de matriz arcillosa. No obstante, podría encontrarse alguna capa arenosa más limpia, de mayor permeabilidad, que constituyera un nivel confinado. Los escasos caudales que estos lentejones producirían (en caso de ser atravesados en la perforación) se limitarían a algunos litros por minuto durante un tiempo limitado, hasta agotar la reserva de agua almacenada de cada una. En cualquier caso, el nivel piezométrico asociado a esta unidad en la zona del túnel se sitúa en torno a los 630 m.s.n.m., es decir, por debajo de la cota de la rasante. Por último, las margas garumnienses del Mazo presentan igualmente un contenido arcilloso que conlleva una baja permeabilidad (2.0E-8 m/s), la cual impedirá, en cualquier caso, el aporte de agua significativa hacia el interior túnel o la afección al medio desde el mismo.

Una vez, discriminadas las unidades geológicas sin influencia hidrogeológica, a continuación se efectúa el análisis de la interacción entre este túnel y las aguas subterráneas atendiendo a los acuíferos susceptibles de ser atravesados por el túnel. Cabe mencionar que el nivel de base local para todos ellos (salvo los acuíferos que puedan resultar colgados) es el río Oroncillo.

- **Acuífero de la Iglesia:** El nivel piezométrico de este acuífero en la vertical del trazado se sitúa en torno a los 657 m.s.n.m. Dado que la rasante en esta zona oscila entre 672 – 671 m.s.n.m., el túnel discurriría en zona no saturada. Se trata de un acuífero carbonatado cuya permeabilidad, que puede llegar a ser elevada, viene definida por la porosidad secundaria (fisuración) y terciaria (karstificación); la permeabilidad de la matriz rocosa (por porosidad primaria o intergranular) resulta prácticamente nula. En caso de interceptar en algún punto el nivel piezométrico, al no encontrarse el acuífero explotado, únicamente produciría una reducción del caudal que se descarga de forma difusa al río Oroncillo.

No obstante, es preciso tener en cuenta los posibles flujos verticales de recarga estacionales, que sí serían interceptados durante la perforación del túnel y que pueden presentar una magnitud considerable. En cualquier caso, tratándose de un elemento lineal de pequeña longitud, en comparación con toda la superficie de recarga del acuífero, la intercepción de estos flujos no implica un impacto significativo en los volúmenes de recarga de las reservas totales del acuífero.

Será necesario extremar las medidas de precaución durante la fase de obra para evitar una posible filtración de contaminantes a través de estos flujos.

Acuífero del Jurásico de Pancorbo: Las investigaciones geotécnicas sitúan el nivel piezométrico en torno a 625 – 630 m.s.n.m., lo que la rasante del túnel se sitúa por encima del nivel del agua, por lo que el túnel discurrirá en zona no saturada. Asimismo, dichas investigaciones apuntan a una permeabilidad entre moderada y elevada para este acuífero. Por lo tanto, la construcción del túnel no tendrá efecto cuantitativo sobre el acuífero, aunque podría producirse una eventual contaminación del mismo si no se adoptan las medidas preventivas durante las fases de construcción y operación. Esta pérdida de calidad de los recursos del acuífero afectaría a las descargas difusas del mismo al cauce del río Oroncillo. No son de esperar caudales permanentes hacia el interior del túnel, aunque sí pueden producirse con carácter estacional, obedeciendo a la infiltración de flujos verticales de recarga a través de zonas de circulación preferente. Igualmente será necesario extremar las medidas de precaución durante la fase de obra para evitar una posible filtración de contaminantes a través de estos flujos.

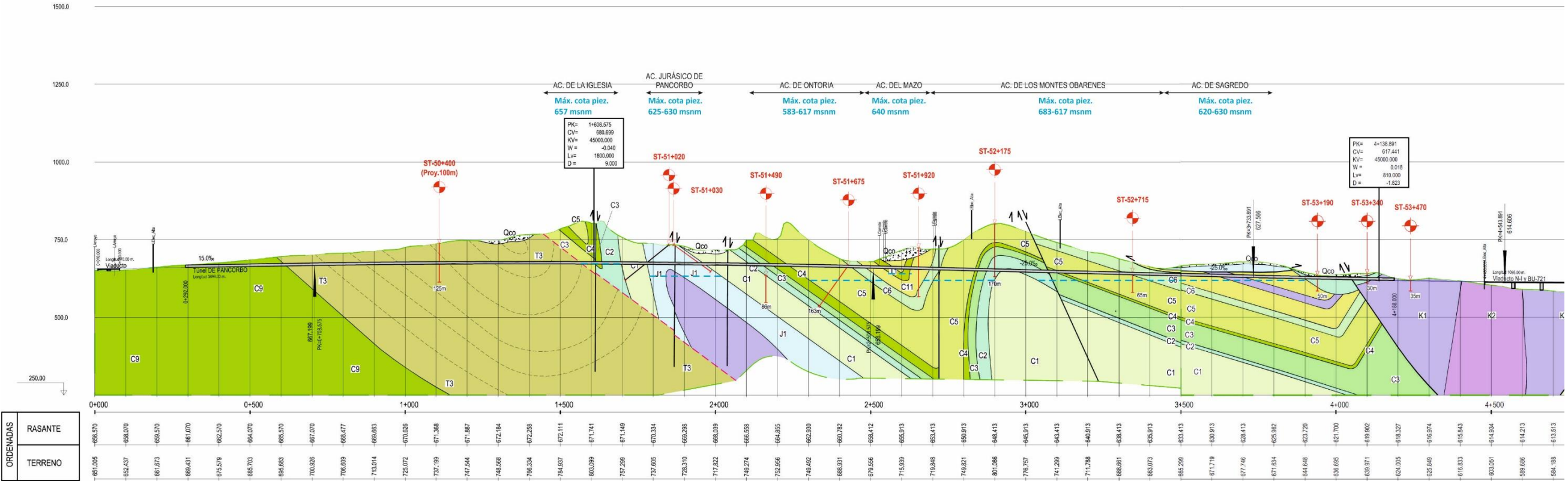
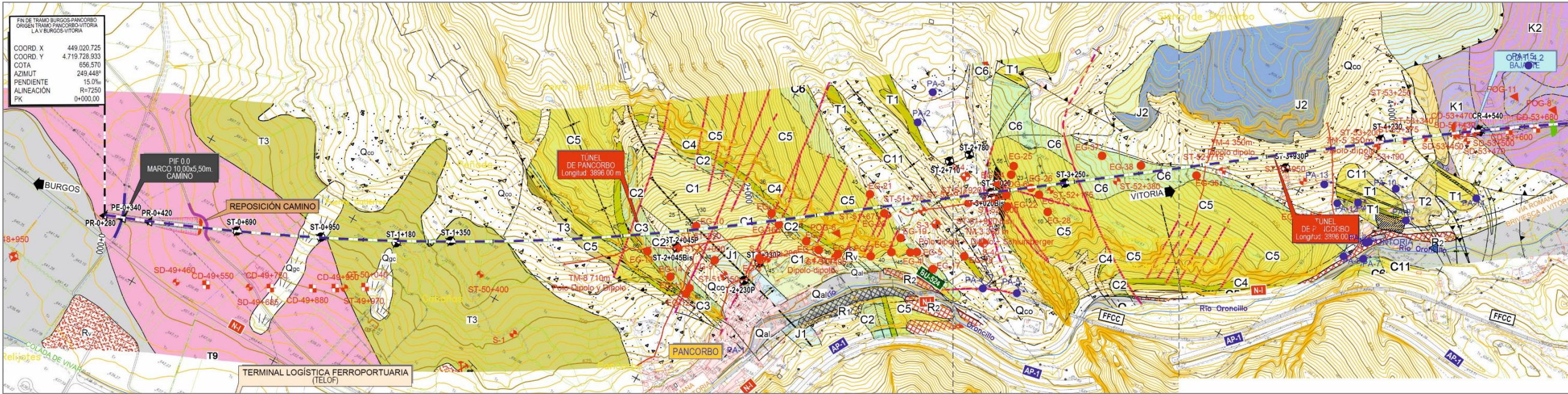
- **Acuífero de Ontoria:** Los niveles de agua proporcionados por los piezómetros (583 – 617 m.s.n.m.) se sitúan por debajo de la rasante del túnel, por lo que éste discurrirá en zona no saturada. Como en el caso anterior, no se espera que la perforación del túnel tenga un efecto cuantitativo sobre el acuífero, aunque no se puede descartar la afección de la calidad por eventuales vertidos a terreno durante las fases de construcción y operación. Por lo que respecta a los caudales de infiltración hacia el interior del túnel, la situación sería similar a la del acuífero de Pancorbo: pueden producirse ciertos caudales con carácter estacional, obedeciendo a la infiltración de flujos verticales de recarga a través de zonas de circulación preferente. Asimismo, será necesario extremar las medidas de precaución durante la fase de obra para evitar una posible filtración de contaminantes a través de estos flujos.
- **Acuífero de las calizas garumnienses de Mazo:** Las calizas que constituyen el acuífero presentan una alta permeabilidad por karstificación y fisuración. Se descargan a través de la galería de drenaje situada en el interior del túnel de la actual línea férrea, a una cota próxima a los 640 m.s.n.m., y proporciona un caudal de varios litros por segundo en régimen permanente. La cota del agua en la vertical del túnel se sitúa en torno a los 650 m.s.n.m., unos 10 m por debajo de la rasante, por lo que éste se perforará igualmente en zona no saturada. Se hacen extensibles aquí las consideraciones con respecto a los flujos estacionales de recarga y la percolación de contaminantes en fase de obra.
- **Acuífero de Sagredo:** Las investigaciones geotécnicas practicadas en los conglomerados calcáreos terciarios revelan que éstos presentan un comportamiento similar al de un

acuífero kárstico. La rasante del túnel en esa zona desciende desde los 635 hasta los - 624 m.s.n.m. Las cotas de algunos manantiales que drenan la zona se sitúan en torno a esos mismos valores, y los niveles de agua en los sondeos, entre 620 y 630 m.s.n.m. Previsiblemente, el túnel discurrirá, al en su mayor parte, en zona no saturada.

- **Manantiales de Obarenses:** Forman un sistema de manantiales bastante importante que, entre otros usos, constituyen el suministro principal de Pancorbo. El riesgo de afectar a estos manantiales es casi inexistente, pero se encuentran a una cota superior al túnel, lo que implica una situación geoméricamente desfavorable.

En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel.

Dadas las valoraciones anteriores, se recomienda proceder a la impermeabilización del túnel a efectos de evitar futuros problemas de caudales estacionales y entrada de contaminantes al acuífero.



TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
PANCORBO	0+292	4+188	3896	661 - 672	T9	0+292	0+620	328	8.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					T3	0+620	1+550	930	23.9%		PRÁCT. IMPERMEABLE	MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
				672 - 671	FALLA C3	1+550	1+570	20	0.5%	AC. IGLESIA	ACUIFERO POBRE	MEDIA	---	aprox. 657 (ST-51+020)	NO	---	---	---	Surg. difusas a R. Oroncillo, S3-043 (761 m.s.n.m.), S3-062 (635 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-033 (635 m.s.n.m.), S3-034 (635 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
					C3	1+570	1+605	35	0.9%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					FALLA C3	1+605	1+615	10	0.3%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	---		NO	---	---	---			
					C3	1+615	1+630	15	0.4%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					C2	1+630	1+700	70	1.8%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
				670,5	C1	1+700	1+780	80	2.1%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
				670,5 - 668,5	J1	1+780	1+870	90	2.3%	AC. JURA. PANCORBO	ACUIFERO	ALTA	SÍ	625 - 630 (ST-51+030, ST-51+280, S-2)	NO	---	---	---	Surg. difusas a R. Oroncillo SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
					FALLA J1	1+870	1+880	10	0.3%		ACUIFERO	ALTA	---		NO	---	---	---			
					J1	1+880	1+960	80	2.1%		ACUIFERO	ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
				668,5 - 666,5	C1	1+960	2+035	75	1.9%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					FALLA C1	2+035	2+045	10	0.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					C1	2+045	2+115	70	1.8%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
				666,5 - 658	C2	2+115	2+150	35	0.9%	AC. ONTORIA	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	583 - 617 (ST-51+490, ST-51+675)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
					C3	2+150	2+180	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					C4	2+180	2+240	60	1.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
					C5	2+240	2+440	200	5.1%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					C6	2+440	2+485	45	1.2%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
				658 - 653,5	C11	2+485	2+540	55	1.4%	AC. GARUM. DEL MAZO	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	650 - 640 (ST-51+920, ST-51+920B, S-3, S-4)	---	---	---	---	S3-032 Galería del Túnel Ferroviario (640 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
					T1	2+540	2+570	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		POSIBLE. SÍ	30	0.8%	pocos metros sobre rasante			
					C11	2+570	2+610	40	1.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
					T1	2+610	2+630	20	0.5%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		POSIBLE. SÍ	20	0.5%	pocos metros sobre rasante			
					C11	2+630	2+690	60	1.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
					C6	2+690	2+715	25	0.6%	S/D (continuación AC. ONTORIA Y OBARENES)	ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ	607 (ST-52+175)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
				653,5 - 648,5	FALLA C6	2+715	2+725	10	0.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	---		NO	---	---	---			
					C5	2+725	2+840	115	3.0%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					C4	2+840	2+850	10	0.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
					C3	2+850	2+880	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					C2	2+880	2+920	40	1.0%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			

TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
				648,5 - 646	C1	2+920	2+980	60	1.5%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
				646 - 635	C2	2+980	3+050	70	1.8%	S/D (continuación AC. ONTORIA Y OBARENES)	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	582,5 (ST-52+715)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
					C3	3+050	3+065	15	0.4%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					FALLA C3	3+065	3+075	10	0.3%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	---		NO	---	---	---			
					C3	3+075	3+100	25	0.6%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					C4	3+100	3+120	20	0.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
					C5	3+120	3+340	220	5.6%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					C6	3+340	3+450	110	2.8%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
				635 - 623,7	C11	3+450	3+610	160	4.1%	AC. SAGREDO	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	600 - 610 (ST-53+190, ST-53+275, ST-53+470)	---	---	---	---	S3-026 (578 m.s.n.m.), S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-049 (594 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-027 (599 m.s.n.m.), S3-028 (583 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
					T1	3+610	3+680	70	1.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		NO	---	---	---			
					C11	3+680	3+880	200	5.1%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
				623,7 - 619	T2	3+880	4+045	165	4.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					FALLA T2	4+045	4+055	10	0.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					T2	4+055	4+120	65	1.7%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					K1	4+120	4+188	68	1.7%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabla 9. Resumen de la información hidrogeológica.

Cabe mencionar la presencia de una Zona de Protección para Futuros abastecimientos (006 Pancorbo – Conchas de Haro) en la orilla opuesta del río a la de los trazados, correspondiente a los materiales mesozoicos más permeables. Puesto que el túnel en cuestión discurre en todo momento a cotas superiores a las del cauce, en caso de llegar a alcanzar la zona saturada en algún momento durante la perforación, no es previsible la afección al mismo, puesto que éste haría de límite de dicha afección.

Resulta imprescindible prever medidas de protección en fase de obra (durante la perforación del túnel y en fase de explotación) de cara a prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso.

Asimismo, se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a escala local. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

Karstificación y arenización

Durante las sucesivas campañas de investigación realizadas se han identificado ciertos procesos ligados a procesos de degradación fundamentalmente en los materiales cretácicos formados por términos calizos y dolomíticos. En particular, el proceso de dolomitización de la caliza implica disminución de volumen, fenómeno que da lugar a arenización y en el último término, a karstificación propiamente dicha.

Confirmada la aparición de oquedades, el criterio empleado será el de prever soluciones para situaciones potenciales más complejas de las detectadas con la investigación puntual con el fin de dotar al diseño de soluciones en todos los casos.

A obra acabada, el problema de karstificación resulta más importante que la arenización, que afecta fundamentalmente dificultando la excavación. En este sentido, la comprobación de existencia de huecos en el entorno del túnel antes de llevar a cabo la impermeabilización y el revestimiento del túnel será indispensable.

Potencial expansivo

La repercusión de dicho potencial sobre el diseño del túnel es básicamente de tipo económico al suponer una hipótesis adicional a largo plazo que por lo general condiciona geometrías y espesores de revestimiento.

A partir de todas las investigaciones disponibles se ha podido interpretar que los materiales yesíferos, deben encontrarse por debajo de la rasante, dado que no han sido cortados en los sondeos.

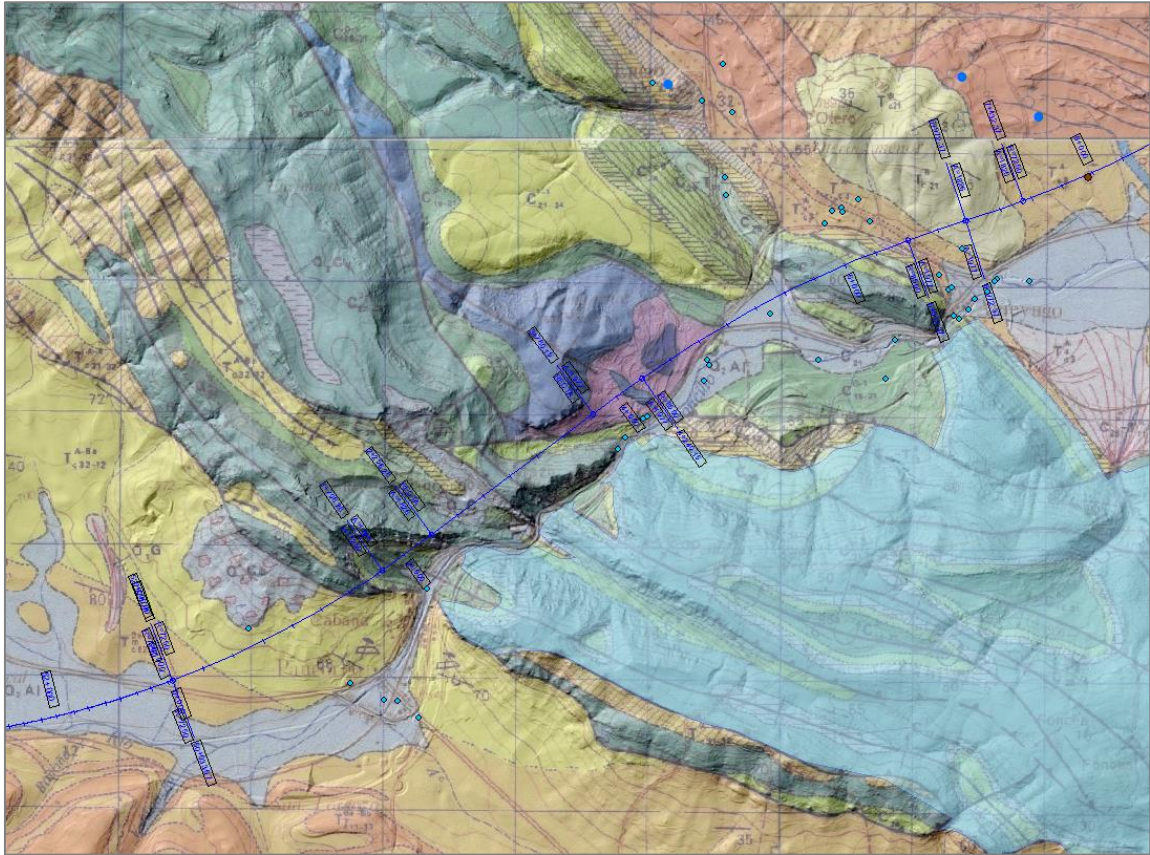


Figura 11. Trazado sobre el Mapa geológico 1:50.000 IGME. En azul oscuro (IPA CNIG), azul claro (IPA DHE) se muestran los puntos de agua inventariados. La Zona Protegida para Futuros Abastecimientos 006 Pancorbo – Conchas de Haro, se presenta en transparencia azul. Fuente: INECO 2017.

La aparición de esta litología a cota de túnel, junto con la detección de anhidritas en la formación, hubieran supuesto una previsión de revestimiento sensiblemente mayores a las normales en un túnel convencional. La no identificación de los materiales en las investigaciones específicas realizadas y su concordancia con la interpretación geológica, junto con el ascenso de rasante comentado al tratar aspectos hidrogeológicos hacen muy improbable la aparición de dichos materiales no estando justificado por tanto la adopción de medidas especiales.

No obstante, tratándose de una zona singular en el trazado será necesario mantener un control geotécnico especialmente exhaustivo en ella durante la fase de excavación, con objeto de verificar por completo la previsión realizada.

Desde el punto de vista aerodinámico, la sección tipo adoptada para el túnel de Pancorbo es de 85 m².

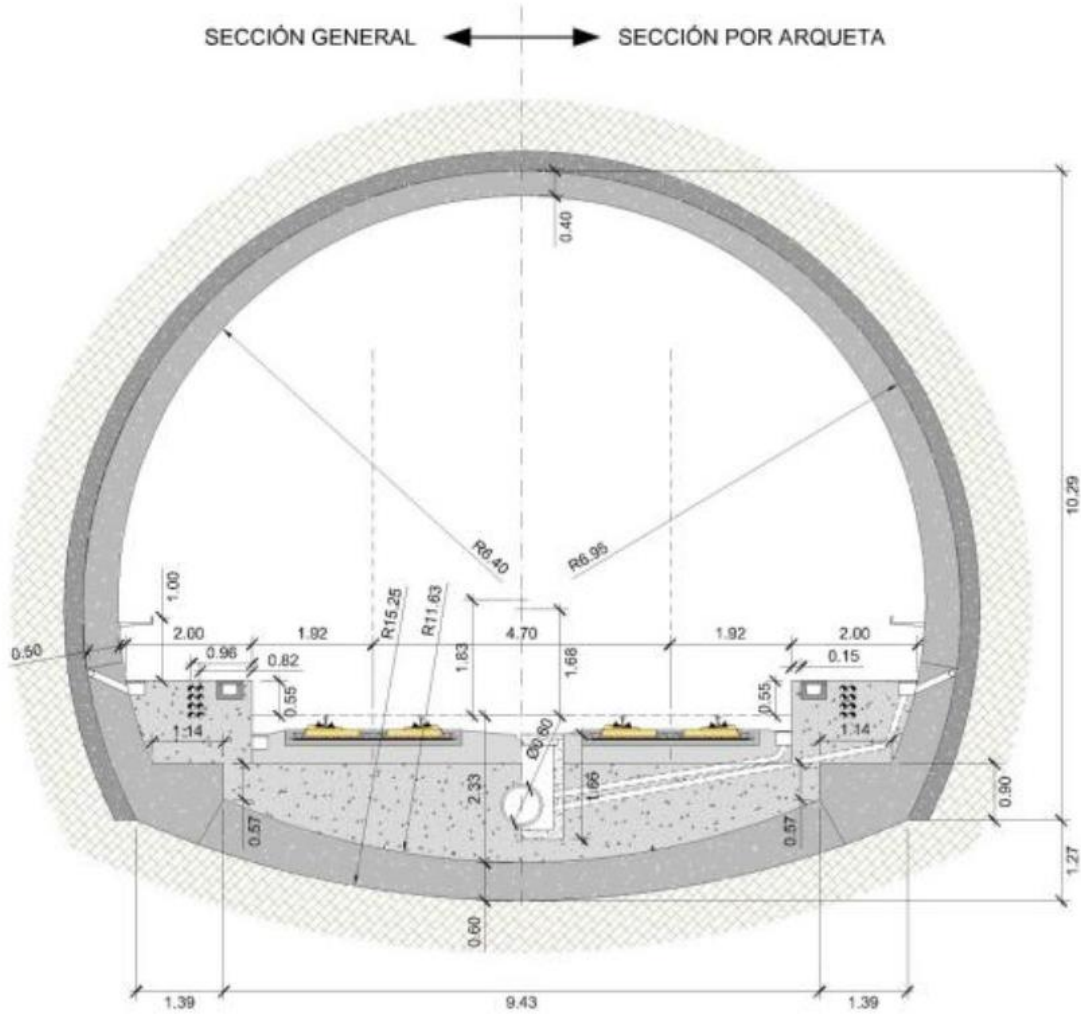


Figura 12. Sección tipo túnel de Pancorbo. Fuente: Proyecto constructivo 2013.

El procedimiento constructivo adoptado es la excavación por métodos convencionales, dividiendo la excavación en dos fases: avance y destroza. Adicionalmente se plantea una última fase de excavación en contrabóveda que se ejecuta una vez finalizada la destroza.

Se han definido cinco tipos de secciones tipo y una sexta denominada sección tipo especial. También se ha previsto el empleo de tratamientos especiales encaminados a mejorar algunos aspectos concretos:

- Tratamientos para aumentar la estabilidad del pase
- Tratamientos de estabilización del frente

- Tratamientos de cierre de sección o clavados
- Tratamientos de huecos
- Tratamientos hidrogeológicos

También se han reconocido varias zonas singulares que requerirán de tratamientos especiales tipo jet-grouting o paraguas de micropilotes.

Desde el punto de vista de la seguridad, se han proyectado cuatro salidas de emergencia al exterior.

Túnel de Ameyugo I $\Rightarrow$ 565 m

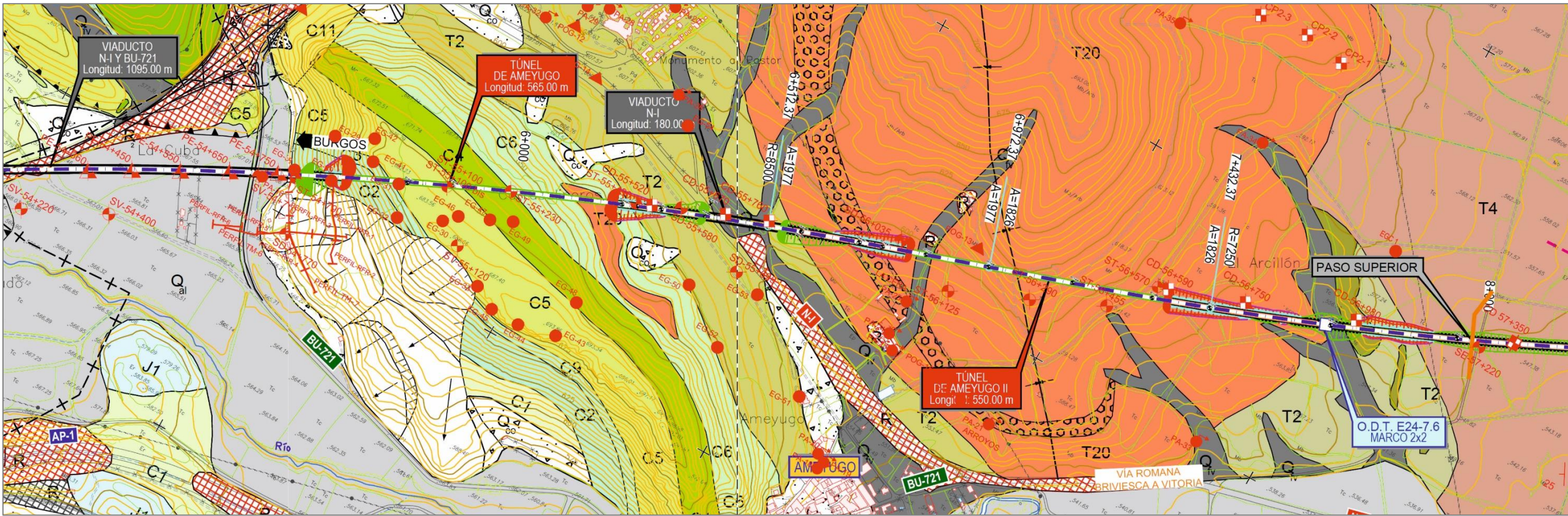
El túnel de Ameyugo I tiene una longitud de 640 metros, y al igual que el túnel de Pancorbo, y el siguiente túnel denominado Montes de Miranda, atraviesa una variedad de litologías considerable y una geología muy compleja.

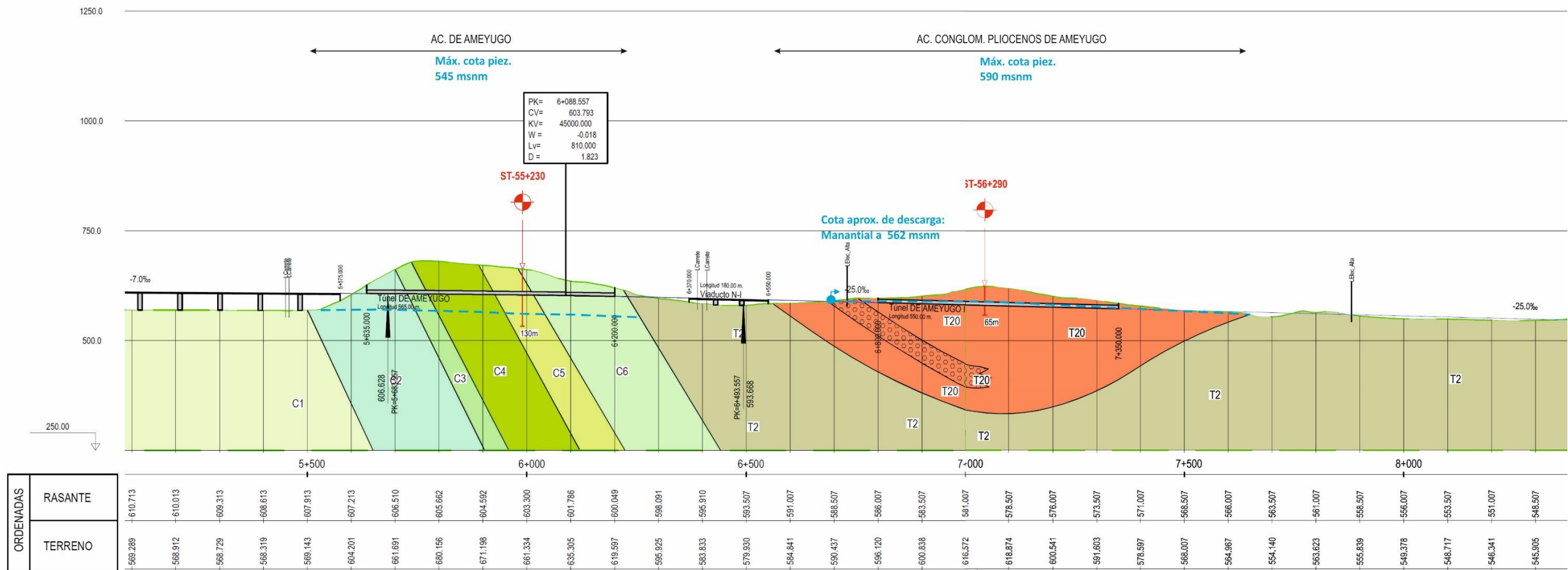
Las singularidades geológico-geotécnicas consideradas en el estudio del túnel desde el punto de vista de karstificación, arenización y potencial expansivo, son las mismas que para el túnel de Pancorbo, de forma que se remite a las valoraciones realizadas en el mismo apartado del túnel

anterior. Desde el punto de vista hidrogeológico, según las consideraciones del E.H., este túnel atraviesa el acuífero de Ameyugo, constituido por una serie de materiales carbonatados cretácicos muy permeables (C2, C3, C4, C5 y C6). Las cotas de la rasante descienden de S a N desde los 607 m.s.n.m. hasta los 600 m.s.n.m.

Las investigaciones geotécnicas sitúan el nivel piezométrico en torno a los 563 m.s.n.m. Por lo tanto, la construcción del túnel no tendrá efecto cuantitativo sobre el acuífero, puesto que se efectuará en zona no saturada. No obstante, podría producirse una eventual contaminación del mismo en caso de percolación de algún vertido accidental a terreno durante las fases de construcción y operación, por lo que habrán de extremarse las medidas preventivas. Cabe la posibilidad, también, de que se produzcan filtraciones de agua hacia el interior del túnel, con carácter estacional, obedeciendo a la infiltración de flujos verticales de recarga a través de zonas de circulación preferente, que pueden presentar una magnitud considerable.

En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel.





TUNEL	PK INICIO TÚNEL	PK FIN TÚNEL	LONG. TOTAL TÚNEL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
AMEYUGO	5+635	6+200	565	607 - 600	C2	5+635	5+730	95	16.8%	AC. AMEYUGO	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	545 (S3-065) SECO (ST-55+120, ST-55+230)	NO	---	---	---	S3-065 (570 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
					C3	5+730	5+770	40	7.1%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
					C4	5+770	5+930	160	28.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
					C5	5+930	6+020	90	15.9%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					C6	6+020	6+200	180	31.9%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
AMEYUGO II	6+800	7+350	550	586 - 572,5	T20	6+800	7+350	550	100.0%	CONGLOM. PLIOCENOS AMEYUGO	ACUIFERO POBRE	MEDIA	---	590 (ST-56+290)	POSIBLEMENTE SÍ	550	100.0%	pocos metros sobre rasante	S3-008 (570 m.s.n.m.), S3-009 (580 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-001 (562 m.s.n.m.), S3-002 (563 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO

Tabla 10. Resumen de la información hidrogeológica.

En cualquier caso, al tratarse de un elemento lineal de pequeña longitud, en comparación con toda la superficie de recarga del acuífero, la intercepción de estos flujos no implica un impacto significativo en los volúmenes de recarga de las reservas totales del acuífero.

Por lo que respecta a la Zona de Protección para Futuros Abastecimientos 006 Pancorbo – Conchas de Haro, se remite aquí a las mismas consideraciones hechas en el caso del túnel anterior (Túnel de Pancorbo).

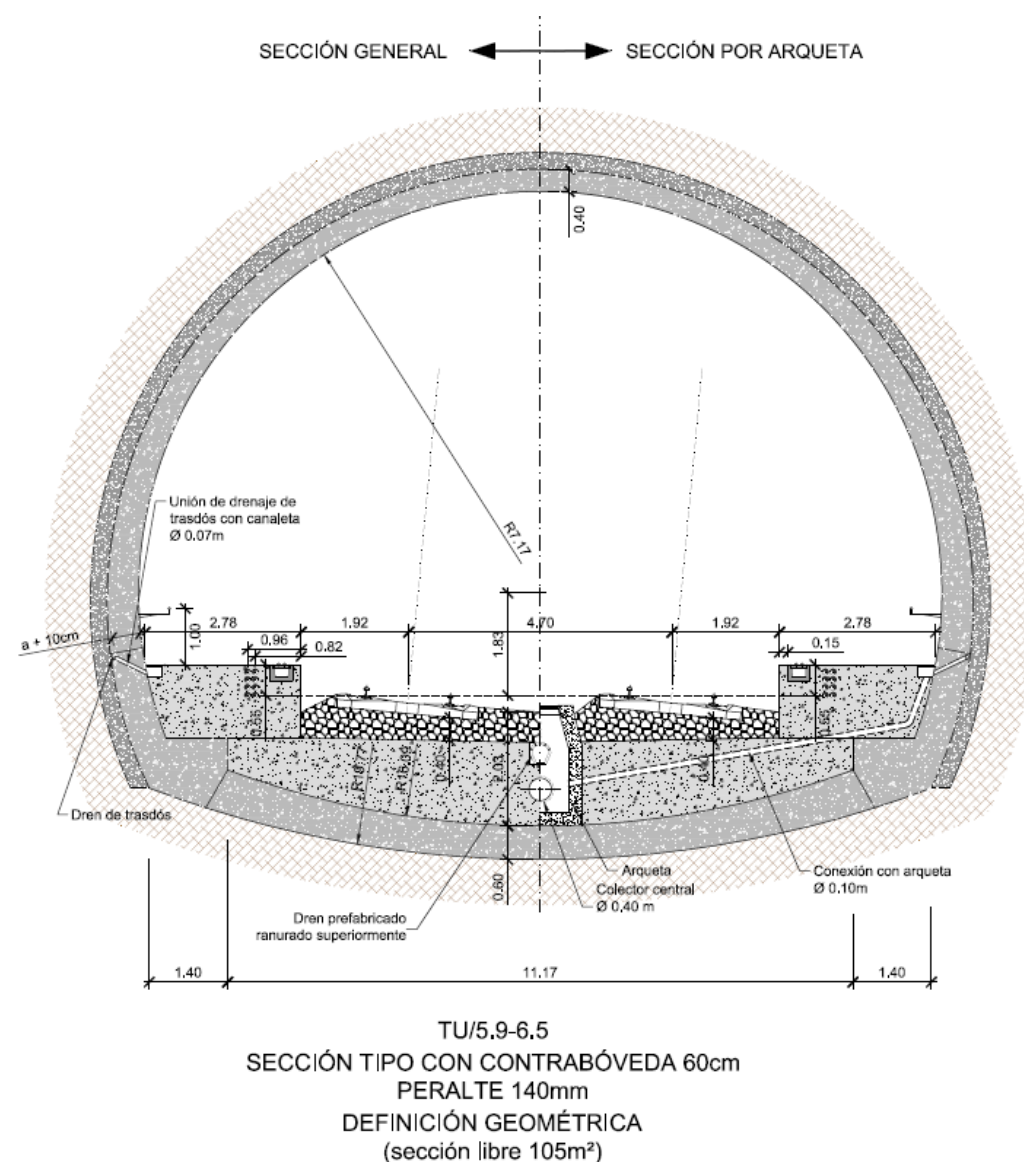


Figura 13. Sección tipo túnel de Ameyugo I. Fuente: Proyecto constructivo 2013

Asimismo, resulta imprescindible prever medidas de protección en fase de obra (durante la perforación del túnel y en fase de explotación) de cara a prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso.

También se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a escala local. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

La sección libre adoptada para el túnel de Ameyugo I es de 105 m², aplicándose el mismo procedimiento constructivo del túnel de Pancorbo, definiéndose las mismas secciones tipo y los mismos tratamientos especiales.

En relación a las salidas de emergencia, al tratarse de un túnel de longitud inferior a 1.000 metros, no se hace necesaria la disposición de salidas de emergencia.

Túnel de Ameyugo II ⇒ 550 m

Este túnel presenta una longitud de 550 metros y su estudio en el proyecto constructivo de 2013 se ha realizado en conjunto con el túnel de Ameyugo. Discurre íntegramente en la unidad de conglomerados y areniscas de miranda T20. Tiene una estructura sencilla en sinclinal abierto cuyo eje se encuentra aproximadamente en el centro del túnel.

Este túnel no presenta potencial expansivo ni riesgo de arenización, aunque sí cabe la posibilidad de encontrar “techos planos” durante la excavación del mismo. El riesgo de karstificación es inferior al detectado en los túneles de Pancorbo o Ameyugo.

Desde el punto de vista hidrogeológico, la totalidad de los materiales atravesados por este túnel corresponde a los conglomerados poligénicos y areniscas de la Unidad T20. Según el análisis efectuado dentro del E.H., en general, estos materiales presentan una permeabilidad baja (1E-8 a 1E-7 m/s), si bien se ha observado la existencia de una capa conglomerática con permeabilidad suficiente (1E-6 a 1E-5 m/s) para constituir un acuífero, cuyo drenaje se produce en la Fuente Arroyos, a una cota próxima a los 562 m.s.n.m. Este manantial es captado para el abastecimiento de la localidad de Ameyugo. El conjunto de estos materiales ha sido denominado en el E.H. como el acuífero de los Conglomerados Poligénicos de Ameyugo.

El seguimiento piezométrico durante el E. H., efectuado en varios sondeos, confirma que el túnel en mina discurrirá por la zona saturada de la formación, pero al no atravesar las zonas de permeabilidad significativa, no se considera que vayan a existir problemas de índole hidrogeológica durante su construcción. Sin embargo, el desmonte correspondiente al túnel artificial y emboquille Sur, sí afectará previsiblemente a la capa conglomerática poniendo en riesgo el actual abastecimiento de Ameyugo.

No es necesaria la impermeabilización de este túnel, si bien se reitera la recomendación de extremar las medidas de protección para evitar la percolación de contaminantes al acuífero, máxime considerando que es explotado para abastecimiento municipal, tanto en fase de obra como tras la puesta en servicio de la línea.

Los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel han sido resumidos en la tabla anterior junto con los del Túnel de Ameyugo I. Igualmente, en la planta y perfil correspondientes se ilustran conjuntamente ambas estructuras.

Se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a escala local. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea. Asimismo, se recomienda adoptar fuertes medidas de protección frente a la contaminación tanto en fase de obra como en explotación.

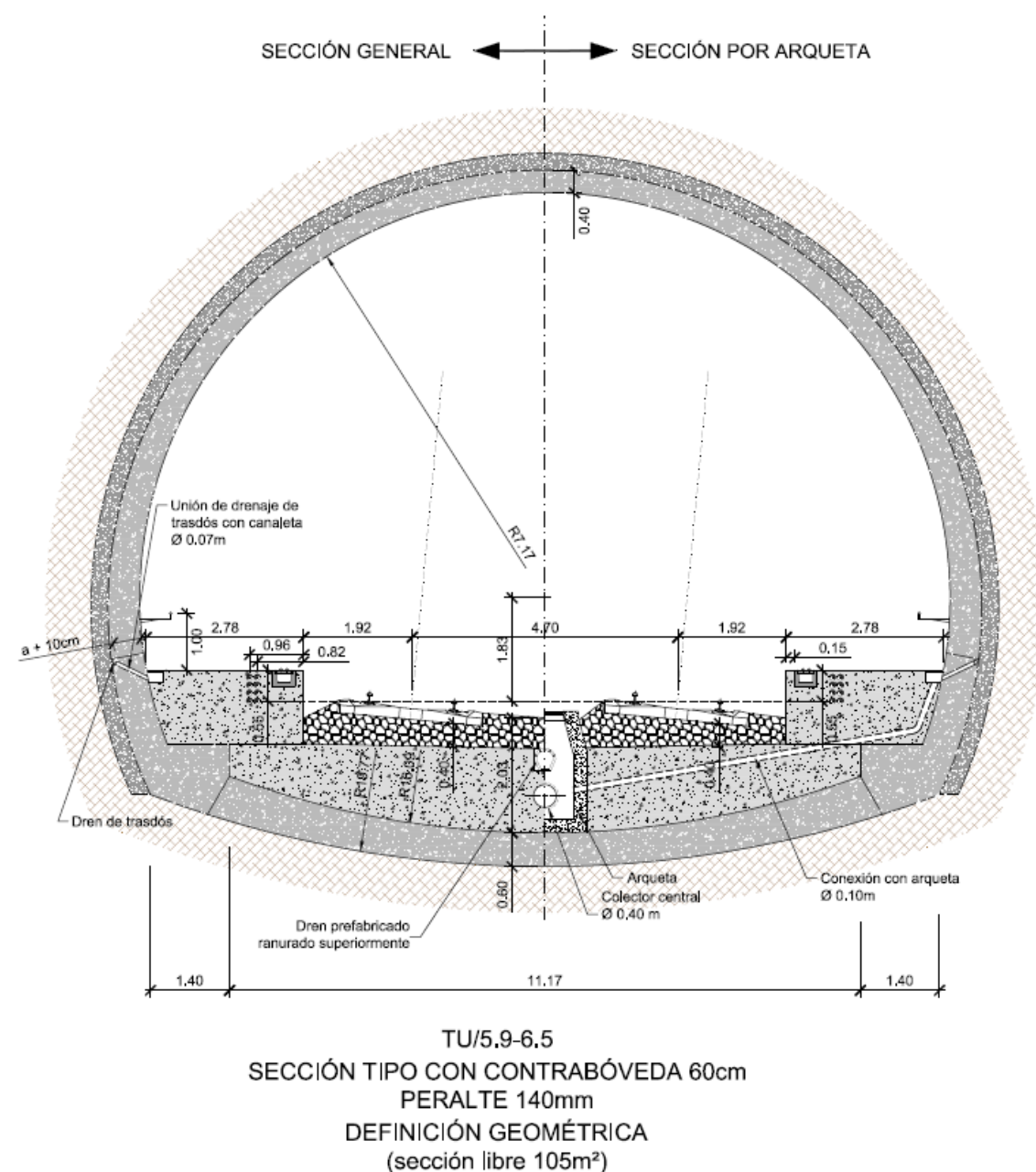


Figura 14. Sección tipo túnel de Ameyugo II. Fuente: Proyecto constructivo 2013

La sección libre adoptada para el túnel de Ameyugo II es igual a la del túnel de Ameyugo I, de 105 m², definiéndose las mismas secciones tipo y los mismos tratamientos especiales. En relación a las salidas de emergencia, al tratarse de un túnel de longitud inferior a 1.000 metros, no se hace necesaria la disposición de salidas de emergencia.

Túnel de Quintanilla

Este túnel, en las variantes 1 a 4 presenta la configuración de túnel bitubo de vía única, y en las variantes 5 y 6 se configura como un túnel monotubo de vía doble. Las longitudes que presenta en cada caso se pueden consultar en la tabla xx del apartado 2.3 “Ámbito Pancorbo-Vitoria”.

El túnel de Quintanilla en el caso de túnel bitubo de vía única, presenta una sección de 52m². La máxima montera está en torno a los 116 m, y se ubica en el tercio final del túnel.

El emboquille de entrada se ubica en el pk 21+850 para la vía izquierda, y 21+860 para la vía derecha, y se excavará en areniscas calcáreas competentes, que lateralmente pasan a conglomerados masivos con cantos de caliza de la unidad T17. Dependiendo de la cota a la que finalmente se sitúe la rasante, el emboquille afectará o no a la infrayacente facies lacustre T4 compuesta de marga y lutitas, que en esta zona presentan un contenido en yeso apreciable, aunque no es previsible que sea interceptada, a no ser que en futuras fases se baje la rasante. Por encima de T4 se encuentran las unidades T17 y T18, de naturaleza detrítica y se encuentran estrechamente relacionadas. El túnel discurre enteramente por ellas. La serie buza suavemente y de manera concordante hacia el Norte o Noreste.



Figura 15. Afloramiento de conglomerado calcáreo masivo cercano al emboquille de entrada del Túnel de Quintanilla. Fuente: INECO 2017.

En la documentación consultada (hoja Magna 137) se cita la presencia de margas con lignito. En ninguno de los sondeos realizados ni en la campaña de campo se ha observado, pero se considera recomendable mencionarlo para que se tenga en cuenta en futuras fases del proyecto.

El emboquille de salida se excavará en una alternancia de capas de potencia decimétrica de arenisca calcárea y marga, que no presentan problemas especiales. Dichos emboquilles estarán ubicados en el pk 23+765 para la vía izquierda, y 23+735 para la vía derecha.

En el caso del túnel monotubo de vía doble, la sección que se obtiene es de 105 m², y la geología que atraviesa es la misma que se ha descrito arriba. Los materiales a atravesar en general presentan unas buenas características geológico-geotécnicas, lo que permitirá el uso de sostenimiento ligero durante la excavación.

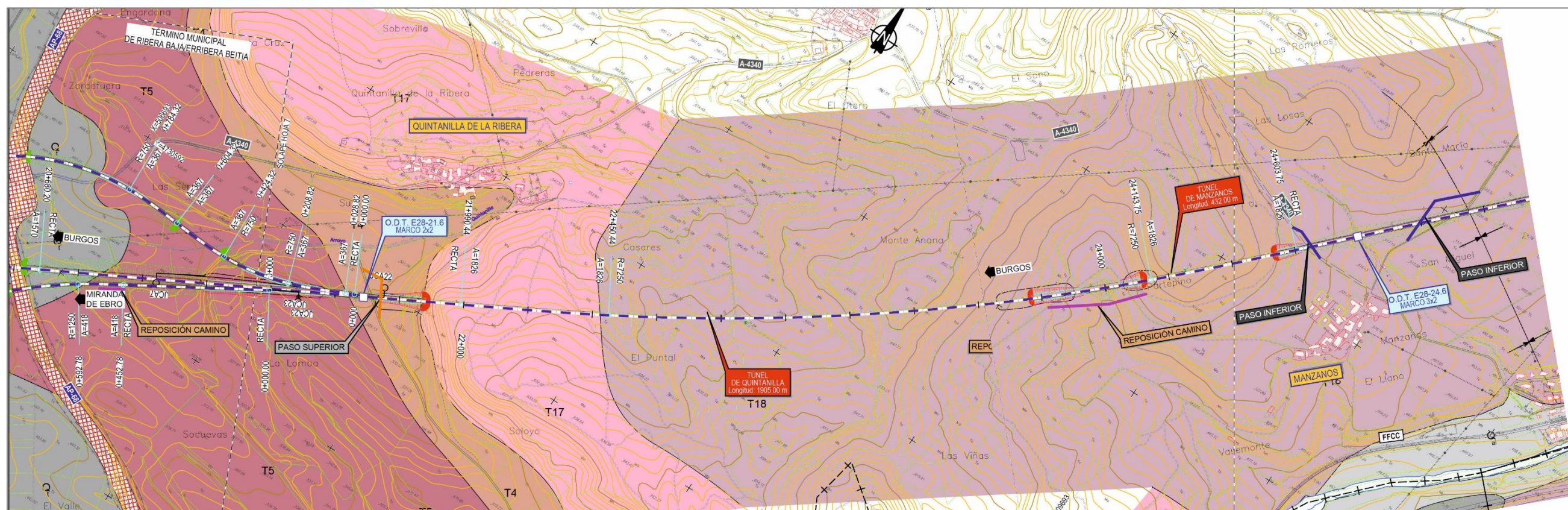
En las variantes 1 y 3 hay un cierto decalaje entre ambos tubos, siendo su longitud también diferente: 1.915 m para el tubo de la vía izquierda, y 1.875 m para el tubo de la vía derecha. En el resto de variantes, incluida la configuración monotubo, la longitud es de 1.875 m.

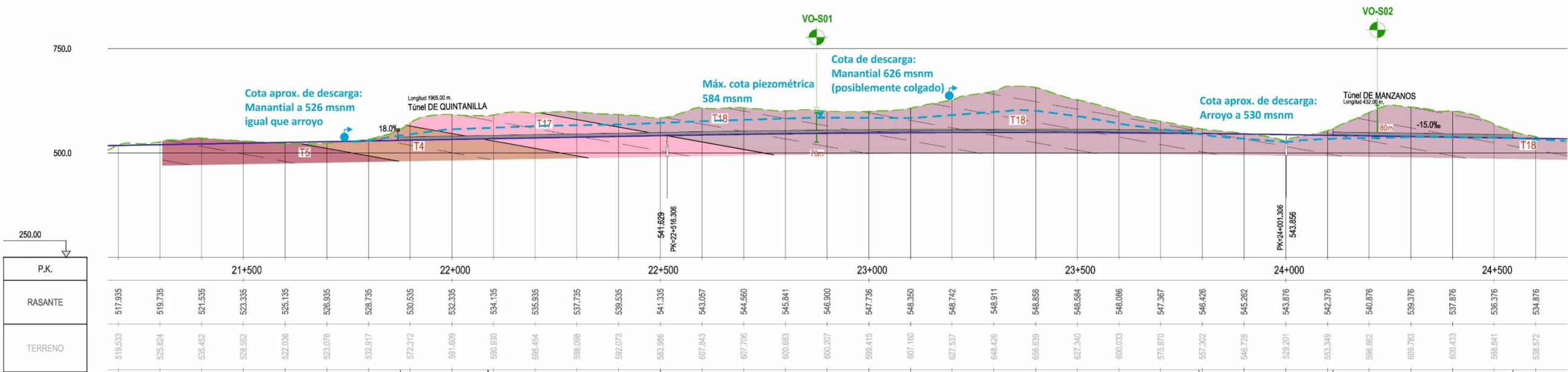
Debido a que la longitud de los túneles está próxima a los 2 km, se ha previsto la ejecución de galerías de evacuación, que en el caso de los túneles bitubo consisten en galerías de conexión entre ambos tubos a no más de 500 m de distancia entre ellas, resultando un total de 3 galerías. En el caso de túnel monotubo se ha proyectado una galería de evacuación paralela al túnel principal con una longitud de 880 m.

En cuanto a la hidrogeología del túnel, las primeras decenas de metros se excavan en materiales de baja o muy baja permeabilidad, como son las margas y lutitas con areniscas y conglomerados de las Facies Lacustres (T4) y las areniscas con niveles de conglomerados y limolita, y/o lutitas (T17). La escasa permeabilidad de estos materiales vendría dada por su porosidad primaria fundamentalmente. El último kilómetro aproximadamente de la estructura, se emplaza en las areniscas calcáreas, margas y arcillas limolíticas de la formación T18, que presenta una permeabilidad baja a media, igualmente por porosidad intergranular (porosidad primaria).

Según las medidas piezométricas efectuadas en el sondeo VO-S01 el nivel en estiaje se sitúa aproximadamente en la cota 584,3 m.s.n.m. Considerando que la rasante (en conjunto para todas las alternativas de trazado) oscila entre 527 y 547 m.s.n.m., resulta evidente que la perforación del túnel se efectuará por debajo del nivel freático, afectando la zona saturada.

En la tabla y las figuras que se muestran a continuación quedan resumidos los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona tanto del Túnel de Quintanilla como el de Manzanos (en todas sus variantes).





ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
Variante Exterior de Miranda 1	Quintanilla Via Izd	21+860	23+775	1915	527,5 - 548,2 - 546	T4	21+860	22+060	200	10.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+060	22+500	440	23.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---		
						T18	22+500	23+775	1275	66.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1275	66.6%	20 - 40 m sobre rasante	NO	NO	
	Quintanilla Via Drcha	21+870	23+745	1875	530 - 548,9 - 546,5	T4	21+870	22+070	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T17	22+070	22+500	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	
						T18	22+500	23+745	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	66.4%	20 - 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO
	Manzanos Via Izd	24+100	24+532	432	542,2 - 536	T18	24+100	24+532	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	NO	NO	NO	
	Manzanos Via Drcha	24+113	24+545	432	542,4 - 536,5	T18	24+113	24+545	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	NO	NO	NO	
Variante Exterior de Miranda 2	Quintanilla Via Izd	21+730.0	23+605.0	1875	527,6 - 548,2 - 546,7	T4	21+730.0	22+100.0	370	19.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+100.0	22+500.0	400	21.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	
						T18	22+500.0	23+605.0	1105	58.9%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1105	58.9%	20 - 40 m sobre rasante	NO	NO	
	Quintanilla Via Drcha	21+732.0	23+607.0	1875	529 - 548,2 - 546,8	T4	21+732.0	22+110.0	378	20.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T17	22+110.0	22+550.0	440	23.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	
						T18	22+550.0	23+607.0	1057	56.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1057	56.4%	20 - 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO
	Manzanos Via Izd	23+968.0	24+400.0	432	542 - 535,7	T18	23+968.0	24+400.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	NO	NO	NO	
	Manzanos Via Drcha	23+978.0	24+410.0	432	542 - 535,9	T18	23+978.0	24+410.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	NO	NO	NO	

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
Variante Exterior de Miranda 3	Quintanilla Via Izd	21+860.0	23+775.0	1915	530 - 548,9 - 546,6	T4	21+860.0	22+060.0	200	10.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+060.0	22+500.0	440	23.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---	---
						T18	22+500.0	23+775.0	1275	66.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1275	66.6%	20 - 40 m sobre rasante		NO	NO
	Quintanilla Via Drcha	21+870.0	23+745.0	1875	530 - 548,9 - 546,6	T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	66.4%	20 - 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO
	Manzanos Via Izd	24+100.0	24+532.0	432	542 - 535	T18	24+100.0	24+532.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	Manzanos Via Drcha	24+113.0	24+545.0	432	542 - 535	T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
Variante Exterior de Miranda 4	Quintanilla Via Izd	21+730.0	23+605.0	1875	528 - 548,2 - 546	T4	21+730.0	22+100.0	370	19.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+100.0	22+500.0	400	21.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---	---
						T18	22+500.0	23+605.0	1105	58.9%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1105	58.9%	20 - 40 m sobre rasante		NO	NO
	Quintanilla Via Drcha	21+732.0	23+607.0	1875	528 - 548,2 - 546,5	T4	21+732.0	22+110.0	378	20.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+110.0	22+550.0	440	23.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---	---
						T18	22+550.0	23+607.0	1057	56.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1057	56.4%	20 - 40 m sobre rasante		NO	NO
	Manzanos Via Izd	23+968.0	24+400.0	432	542 - 353,7	T18	23+968.0	24+400.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	Manzanos Via Drcha	23+978.0	24+410.0	432	542 - 353,7	T18	23+978.0	24+410.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
Variante Exterior de Miranda 5	Quintanilla	21+870.0	23+745.0	1875	530 - 548,9 - 546,5	T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---	---
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	65.0%	20 - 40 m sobre rasante		NO	NO
	Manzanos	24+113.0	24+545.0	432	542 - 536	T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
Variante Exterior de Miranda 6	Quintanilla	21+870.0	23+745.0	1875	529,5 - 548,9 - 536,5	T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---	---
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	65.0%	20 - 40 m sobre rasante		NO	NO
	Manzanos	24+113.0	24+545.0	432	542 - 536	T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO

Tabla 11. Resumen de la información hidrogeológica.

Hay pocos manantiales identificados en las cercanías de la traza de este túnel. Las cotas de surgencia en ambos emboquilles resultan estar por debajo de la rasante, a cota de arroyo, por lo que se asume saturado sólo en tramo central (dentro de la formación T18). Se observa igualmente la existencia de un manantial próximo a dicho tramo con cota sobre los 626 m.s.n.m. Comparando ésta con el nivel de agua en el sondeo, resulta muy probable que se trate de una descarga correspondiente a un nivel colgado de los niveles más permeables. En este sentido, los datos parecen indicar que se puede tomar la formación T18 como un acuífero multicapa en el que las areniscas calcáreas corresponderían a las capas productivas, siendo confinadas por las margas y arcillas limolíticas. Resulta también probable que en cada nivel acuífero presente una piezometría propia e independiente a la de los demás (niveles colgados).

Esto, sin duda, resulta una ventaja a la hora de abordar la excavación puesto la afecciones al medio hidrogeológico se restringirían a los niveles interceptados. Asimismo, los caudales de afluencia al interior del túnel resultarían finitos en el tiempo, prolongándose únicamente hasta completar el drenaje de la capa atravesada. Dado que la permeabilidad de estas capas más transmisivas, como se comentaba, es media y su potencia escasa, pueden producirse ciertos caudales, pero no grandes caudales. En principio, no son de esperar tampoco golpes de agua.

No obstante, resulta imprescindible prever medidas de protección en fase de obra (tanto durante la perforación del túnel como en explotación) de cara a prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso.

Asimismo, se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a escala local. Dicho seguimiento debería dar comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

Túnel de Manzanos ⇒ 432 m

El túnel de Manzanos se encuentra a menos de 500 m de distancia del túnel de Quintanilla, con lo cual seguirá con la configuración de túnel bitubo de vía única con una sección de 52m² por tubo en el caso de las variantes 1 a 4, y de túnel monotubo de vía doble con sección de 85 m² en el caso de las variantes 5 y 6. La cobertera máxima que presenta sobre rasante es aproximadamente de 76 m, algo inferior al del túnel anterior.

La vía izquierda se ubica en el pk 24+100 y la vía derecha en el pk 24+145. El túnel discurre totalmente por la unidad T18, esencialmente margosa, con intercalaciones decimétricas de arenisca calcáreas y conglomerado, aunque este último es minoritario. Se ha detectado karstificación de las areniscas en este túnel, las mismas que ya se encontraron en el túnel de Quintanilla. El RMR estimado para dicha litología está entre 40-50, de forma que se ha previsto la utilización de sostenimientos ligeros del tipo ST-II.

En la campaña geológico-geotécnica realizada entre julio y agosto de 2017, se ejecutó el sondeo VO-S02 ubicado en la traza del túnel. Dicho sondeo mostró un dato a tener muy en cuenta, y es la presencia de 3 cuevas a diferentes cotas y de alturas variables. La primera de ellas, de 2,3 m de altura, se encontró entre los 39,1-41,4 m de profundidad medidos desde la cota de boca de sondeo. La segunda, de 1,2 m de altura, entre 42,6-43,8 m de profundidad, y la última de 2,6 m de altura, se detectó entre los 44,3-46,9 m de profundidad. En el punto de ejecución del sondeo, la rasante del túnel discurre en torno a los 72 m de profundidad, es decir, 25 m por debajo de la cota a la que se detectó la base de la última cueva. La presencia de cuevas durante la ejecución del sondeo ya es motivo suficiente para sospechar la elevada karstificación que podría presentar el macizo rocoso y que, por tanto, puede presentarse durante la excavación del túnel. Para minimizar dicho riesgo, se recomienda ejecutar sondeos horizontales de exploración previo a la excavación de las sucesivas fases de avance.

También habrá que tener en cuenta la posible presencia de techos planos debido al bajo buzamiento que presentan las capas interceptadas.



Figura 16. Unidad T18 en el Túnel de Manzanos, cerca del emboquille de salida. Fuente INECO 2017.

Los datos hidrogeológicos disponibles sobre la zona del túnel han sido resumidos en la tabla anterior junto con los del Túnel de Quintanilla. Igualmente, en la planta y perfil correspondientes se ilustran conjuntamente ambas estructuras.

Hidrogeológicamente, el túnel en cuestión no reviste dificultad. Se emplaza enteramente en la misma unidad T18 que el tramo saturado del Túnel de Quintanilla (areniscas calcáreas, margas y

arcillas limolíticas), si bien, en esta ocasión las medidas efectuadas en el sondeo piezométrico VO-S02 arrojan una cota de agua subterránea sobre los 537 m.s.n.m., por debajo de la rasante proyectada en cualquiera de las alternativas consideradas (542 – 537 m.s.n.m.). Se puede considerar, por tanto, que la perforación de la estructura se realizará probablemente en seco.

Dadas las consideraciones efectuadas en el túnel de Quintanilla sobre la previsible naturaleza del acuífero, no se pueden descartar que ocasionalmente tengan lugar ciertos flujos hacia su interior, provenientes de intercepción de agua de infiltración (procedente de la precipitación). En cualquier caso se trataría, previsiblemente de flujos de escasa entidad que no comprometerían las recargas de los niveles acuíferos.

Por lo que respecta a una posible afección a fuentes y/o manantiales, ésta quedaría reducida a los niveles concretos afectados por la perforación de la estructura. Al respecto cabe mencionar que ninguno de los puntos inventariados por la zona está constituido como abastecimiento a núcleos urbanos.

Túnel de la Puebla

El túnel de La Puebla presenta dos variantes en función de la alternativa estudiada:

- Emboquillar tras el viaducto de cruce sobre el FC Madrid-Hendaya, el río Zadorra y la carretera N-I (**2.735 m**). En este caso el trazado circula bajo la A-1 en túnel. Se corresponde con las variantes 1, 4 y 5.
- La segunda opción consiste en cruzar mediante viaducto el FC Madrid-Hendaya, el río Zadorra, la carretera N-I y la autovía A-1. Esta opción hace que la rasante del túnel sea más alta, y la longitud del túnel sea inferior (**2.480 m**). Se corresponde con las variantes 2, 3 y 6.

La primera mitad del túnel aproximadamente se desarrolla sobre la unidad T7 de conglomerados calcáreos con niveles de areniscas, también calcáreas, y limolitas rosadas, que está ligeramente karstificada, y que buza uniformemente unos 10º hacia el sur, es decir, en sentido contrario al avance hacia pk creciente. Así pues existe riesgo de karstificación, aunque de baja intensidad.

En el p.k. aproximado 31+450, el túnel corta el contacto discordante basal del Terciario sobre el Cretácico y se interna sucesivamente en las unidades del Cretácico Superior C10 de margas nodulosas y margocalizas y C8 de margas amarillentas y margas grises. El Cretácico buza hacia el sur con una inclinación de entre 20 y 30 grados.

Los RMR estimados oscilan entre 40 y 60, de forma que se ha estimado la utilización de sostenimientos ligeros de tipo ST-I y ST-II. Debido al bajo buzamiento de las capas, cabe la posibilidad de que se desarrollen techos planos, de forma que, aunque los sostenimientos sean de tipo ligero, se recomienda realizar pases cortos durante la excavación.

Debido a las consideraciones hidrogeológicas que se comentarán a continuación, se recomienda la ejecución de un túnel estanco en toda su longitud. El túnel de la Puebla y el túnel de Hoyas, se

configuran así como los dos únicos túneles con estas características. La descripción detallada de túnel estanco se realiza en el capítulo 10 de este mismo anejo.



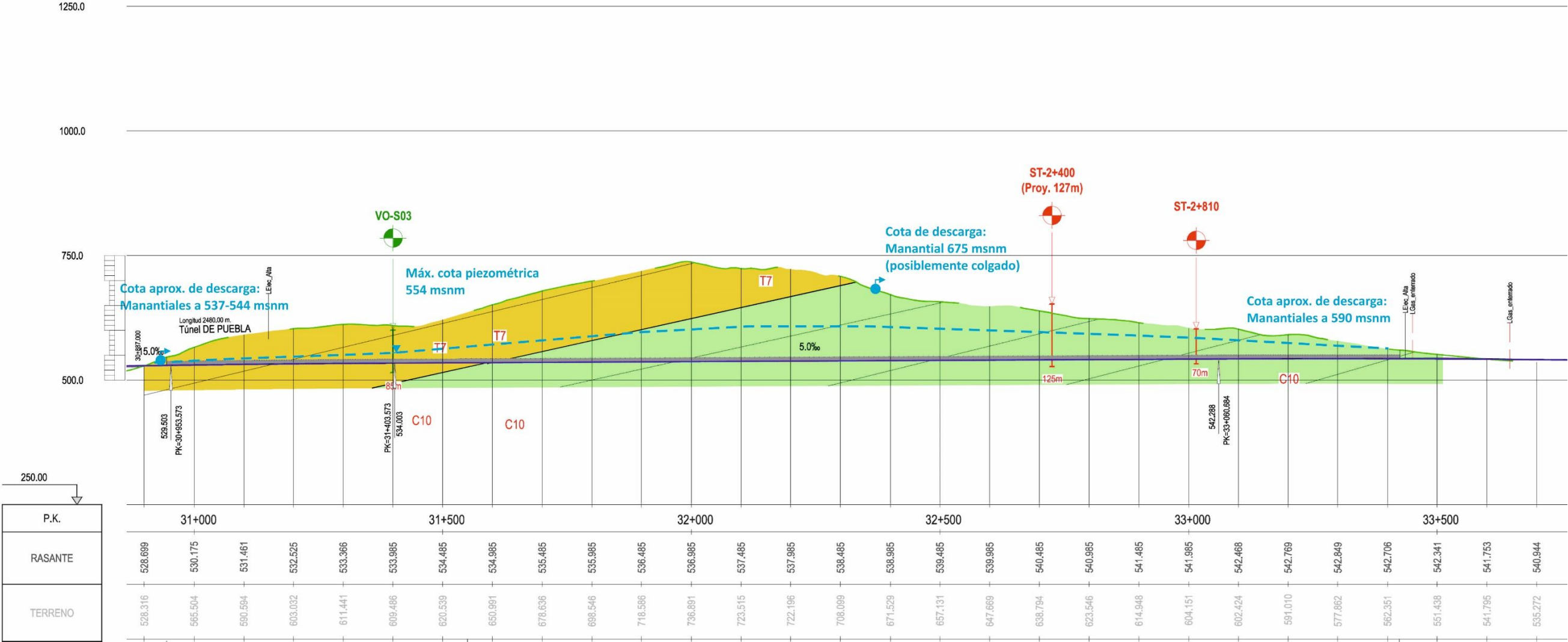
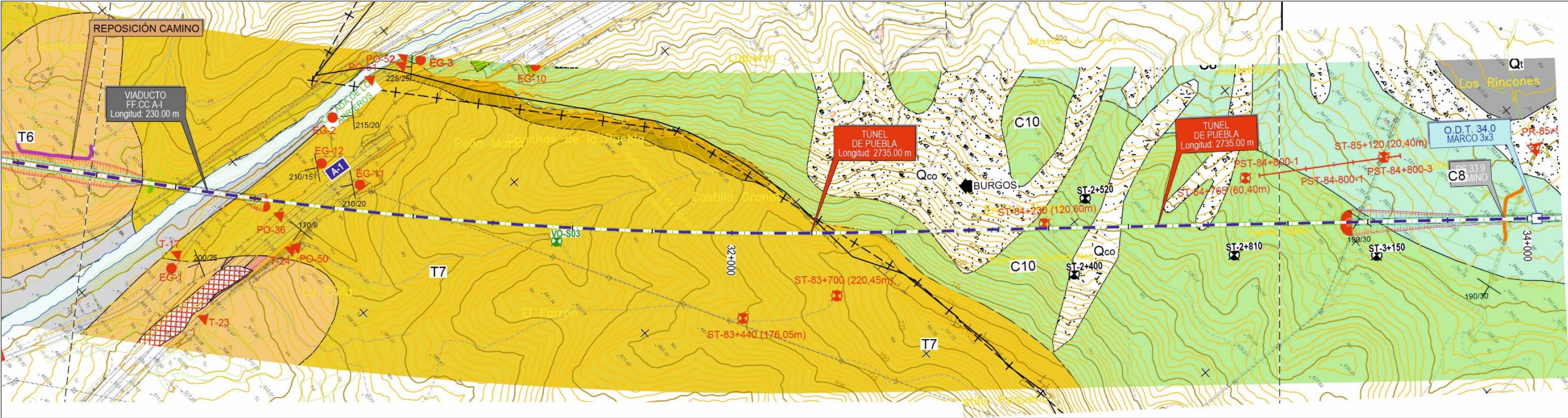
Figura 17. Aspecto de campo de las limolitas rosadas (debajo) y las areniscas y conglomerados de la unidad T7
Fuente: INECO 2017.

Desde el punto de vista hidrogeológico el túnel se emboquilla en una formación de baja permeabilidad, como son los conglomerados calcáreos con niveles de areniscas rojizas de la formación T7, que puede llegar a ser media en los tramos más conglomeráticos. Así discurre durante los primeros 600 m aproximadamente. A continuación se emplaza en una formación de permeabilidad baja como es la C10 (Margas nodulosas y margocalizas), que igualmente puede aumentar en los tramos más calizos.

En el caso de la primera, los registros del sondeo piezométrico VO-S3 arrojan una cota de agua subterránea en torno a los 554 m.s.n.m. Esto la sitúa claramente por encima de la rasante de la estructura, por lo que es de suponer que la perforación será en zona saturada (bajo el nivel piezométrico). Por lo que respecta al último tramo (con una longitud aproximada de 2 km), no se dispone de medidas actualizadas si bien, dada la montera del túnel, ha de asumirse una potencia saturada sobre la rasante mayor.

En cualquier caso, se observa que las cotas de descarga de los manantiales identificados en las zonas de ambos emboquillos arrojan valores de entre 537 y 600 m.s.n.m.

Se tiene constancia de algunas captaciones inscritas en el registro de aguas en el entorno del túnel, si bien se desconoce si son abastecimientos a poblaciones o únicamente fuentes públicas. Asimismo, se desconoce el grado de uso que puedan tener hoy en día. En este sentido se hace recomendable actualizar el inventario de puntos de agua en la zona.



ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
V. E. de Miranda 1	La Puebla	30+825	33+560	2735	493,1 - 533	T7	30+825	31+410	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+410	33+560	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	2150.0	78.6%				
V. E. de Miranda 2	La Puebla	30+945.0	33+425.0	2480	529,5 - 542,5	T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	1875.0	75.6%				
V. E. de Miranda 3	La Puebla	30+945.0	33+425.0	2480	529 - 542,5	T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	1875.0	75.6%				
V. E. de Miranda 4	La Puebla	30+825.0	33+560.0	2735	493,2 - 533,5	T7	30+825.0	31+410.0	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+410.0	33+560.0	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	2150.0	78.6%				
V. E. de Miranda 5	La Puebla Var 2	30+945.0	33+425.0	2480	529,5 - 542,5	T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	1875.0	75.6%				
V. E. de Miranda 6	La Puebla Var 2	30+825.0	33+560.0	2735	493,5 - 533,5	T7	30+825.0	31+410.0	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	Sí (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+410.0	33+560.0	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	Sí	2150.0	86.7%				

Tabla 12. Resumen de la información hidrogeológica.

En cualquier caso, las cotas de descarga que parecen presentar oscilan entre los 528 y los 537 m.s.n.m. por lo que serían susceptibles de ser afectadas por un posible drenaje del túnel. Por otro lado, se han observado puntos de agua a cotas muy elevadas (675 m.s.n.m.), sobre la montera del túnel; muy por encima de las cotas piezométricas en sondeos. Ello hace pensar que el comportamiento hidrogeológico de ambas formaciones (como en el caso del Túnel de Quintanilla), pueda ser multicapa. En el caso de la formación T7, los niveles conglomeráticos constituirían las capas más transmisivas, imbuídas entre tramos de areniscas. Por lo que respecta a la C10, las capas algo más acuíferas vendrían representadas por los tramos más

calizos, éstos quedarían aislados unos de otros por los paquetes de margas. Probablemente éstas aislen las piezometrías de cada tramo calizo entre sí.

Si esto se comprueba, supondría una ventaja a la hora de abordar la excavación puesto la afecciones al medio hidrogeológico se restringirían a los niveles interceptados. Los caudales de afluencia al interior del túnel no serían de gran magnitud y tendrían una duración finita (hasta agotar el nivel correspondiente). Asimismo, la posible afección al medio acuífero quedaría igualmente acotada a los niveles interceptados, sin que llegue a transmitirse a los colindantes.

Ello abre la posibilidad de captar niveles alternativos, en caso de que se vea comprometido algún aprovechamiento. En este sentido cabe llamar la atención sobre la Zona de Protección para Futuros Abastecimientos 008 Sinclinal de Treviño, que es susceptible de verse afectada por el drenaje del túnel. Ésta se encuentra definida únicamente para la unidad T7, si bien existe una Zona de Protección colindante (011 Calizas de Subijana) que no será afectada, puesto que se encuentra en la orilla opuesta al trazado pero que está definida precisamente en la unidad C10.

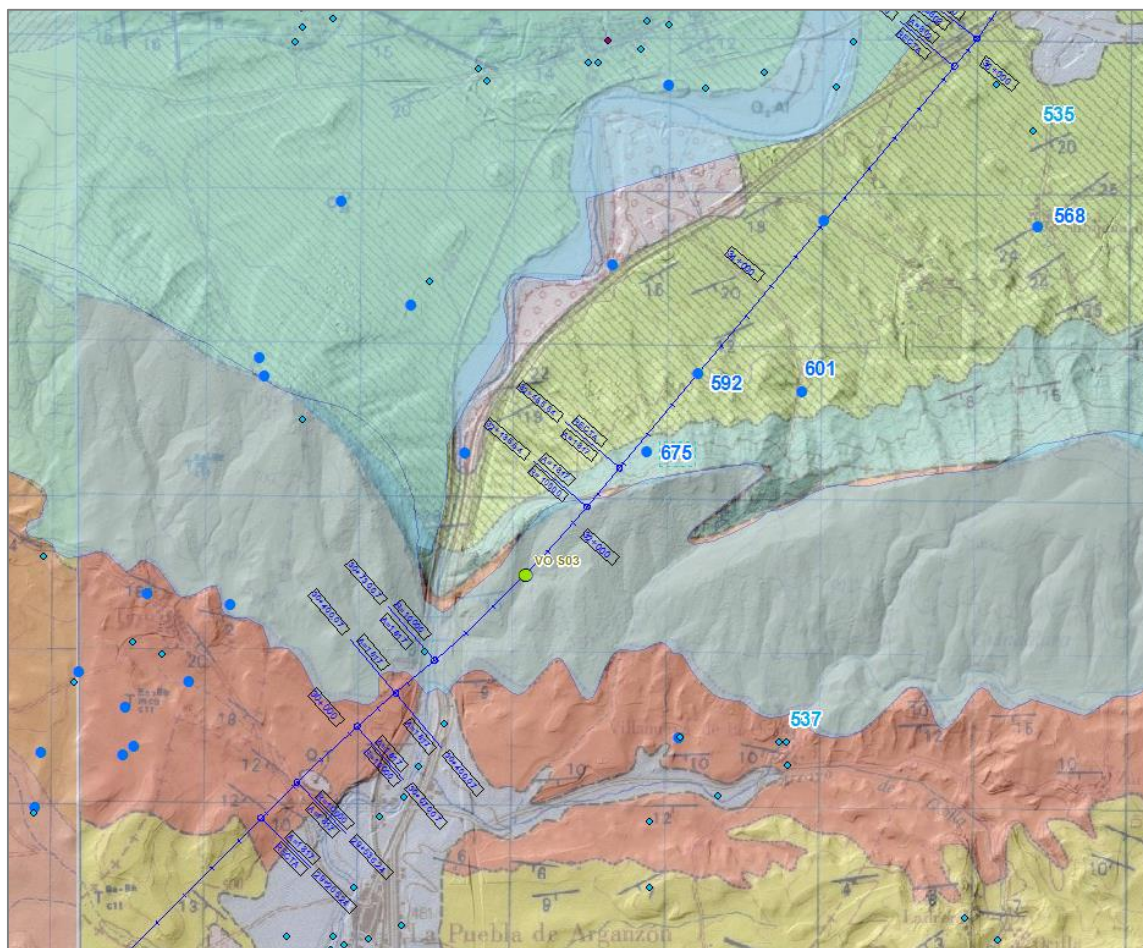


Figura 18. Trazado sobre el Mapa geológico 1:50.000 IGME. En azul oscuro (IPA CNIG), azul claro (IPA DHE) se muestran los puntos de agua inventariados. La Zona Protegida para Futuros Abastecimientos 008 Sinclinal de Treviño, se presenta en transparencia azul. Fuente: INECO 2017.

Dadas las circunstancias administrativas y la perforación en zona saturada, se hace recomendable la impermeabilización del túnel. Asimismo, resulta imprescindible adoptar medidas de protección (durante la perforación del túnel y hasta acometer su impermeabilización) de cara a prevenir una posible entrada de contaminantes. La facilidad de infiltración de este tipo de acuíferos y los elevados flujos en zona saturada hacen que dicha contaminación pueda difundirse con gran rapidez afectando a posibles captaciones en uso. También se recomienda proseguir con el seguimiento hidrogeológico en términos similares a los del Estudio Hidrogeológico (EPTISA, 2010), a pequeña escala. Dicho seguimiento debería dar

comienzo al menos un año hidrológico antes del comienzo de las obras y debería prolongarse hasta un año después de la puesta en servicio de la línea.

3. SECCIÓN TIPO

3.1. SECCIÓN LIBRE

La sección libre del túnel debe justificarse partiendo de las condiciones de salud y confort según criterios aerodinámicos, de la configuración de vía única y vía doble, y de la velocidad máxima de circulación admisible según la geometría de trazado.

La velocidad máxima admisible para este proyecto es de 350 km/h. Según la ficha UIC 779-11 empleada para esta fase de prediseño, se ha calculado la sección mínima de todos los túneles de vía doble y vía única para cada Variante a estudiar, a excepción de los túneles de Pancorbo, Ameyugo y Ameyugo II, donde se ha mantenido la sección optimizada obtenida en los proyectos constructivos de junio de 2013. Se ha tenido en cuenta la consideración técnico-económica de la norma NAP 2-3-1.0 de ADIF de utilizar el menor número posible de secciones distintas en los túneles de un mismo tramo. De esta forma, las secciones obtenidas se resumen a continuación:

Ámbito Burgos – Pancorbo Sección (m²)						
Túnel	Alt. Centro			Alt. Oeste		
	Hoyas	Carramonte		Carrasquilla	Rublacedo	
Sección (m²)	105	85		105	105	
Ámbito Pancorbo – Vitoria Sección (m²)						
Túnel	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6
Pancorbo	85					
Ameyugo	105					
Ameyugo II	105					
Quintanilla	Via izq	52			105	
	Via drch	52				
Manzanos	Vía izq	52			85	
	Via drch	52				
La Puebla	105					

Tabla 13. Resumen de la sección libre en los túneles proyectados.

En fases posteriores se deberá realizar un cálculo más exhaustivo con software especializado para optimizar las secciones.

3.2. SECCIÓN GEOMÉTRICA TÚNEL DE VÍA ÚNICA

Para la definición geométrica de la sección tipo se han tomado los siguientes valores:

- Túnel de vía única en ancho UIC (1.435 mm)
- Gálibo uniforme GC
- Cota de centro de círculo a 2,8 m sobre la cabeza de carril.
- Acera a un lado del túnel, con ancho de acera total de 1,95 m, y a 55 cm sobre la cota de carril del hilo bajo. Se ha dispuesto una acera pavimentada en el lado opuesto, a cota de carril, con un ancho de acera total de 1,75 m.
- El sistema de drenaje previsto es un sistema unitario de conducción de las aguas de infiltración, escorrentía y vertidos, formado por arquetas sifónicas laterales y dos drenajes, uno central y otro lateral. Las aguas de escorrentía y vertidos se evacúan a un colector central de 40 cm de diámetro, con arquetas de limpieza cada 50 m. Las aguas de infiltración, se conducen a un colector lateral de 30 cm de diámetro, con sumideros sifónicos cada 50 m conectados al colector.
- Cuando el terreno atravesado presente peores condiciones geotécnicas se ejecutará una contrabóveda con geometría semicircular (suelos o roca mala). Si las condiciones geotécnicas son mejores, la solución planteada es una solera recta.

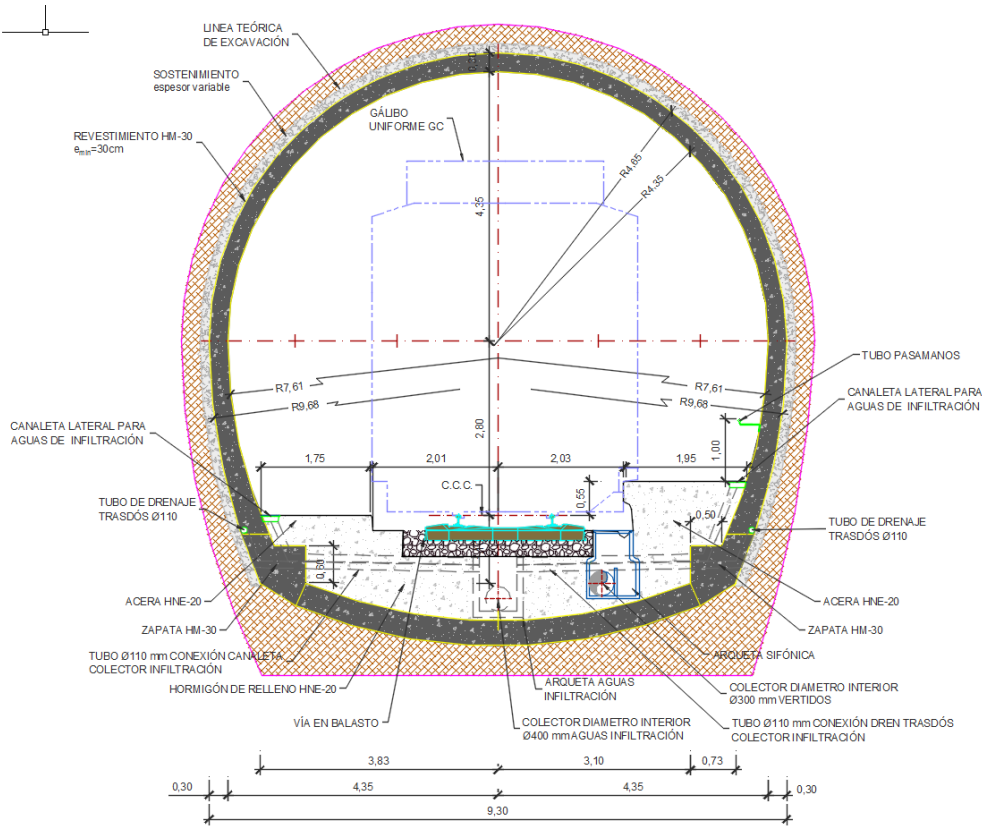


Figura 19. Ejemplo de vía única con contrabóveda.

3.4. GALERÍAS DE EVACUACIÓN O EMERGENCIA

Se han definido galerías de evacuación **vehiculares** en todos aquellos túneles que presenten una longitud mayor a 1000 m.

Las galerías de emergencia vehiculares se han diseñado para permitir la circulación de dos vehículos en paralelo en su interior, lo que facilitará por un lado la movilidad de la maquinaria que se empleará en su construcción, y por otro la circulación de vehículos en dos sentidos en caso de emergencia.

Se han planteado dos tipos de galerías:

- Galerías de conexión entre tubos en el caso de túneles bitubo de vía única.
- Galerías paralelas al túnel principal, para los túneles monotubo de vía doble.

La sección tipo de la galería vehicular posee las siguientes características:

- Ancho mínimo 6,10 m
- Altura mínima 4,73 m

Al igual que en el resto de secciones tipo, en función del terreno atravesado se dispondrá de una contrabóveda con geometría semicircular, o una solera recta.

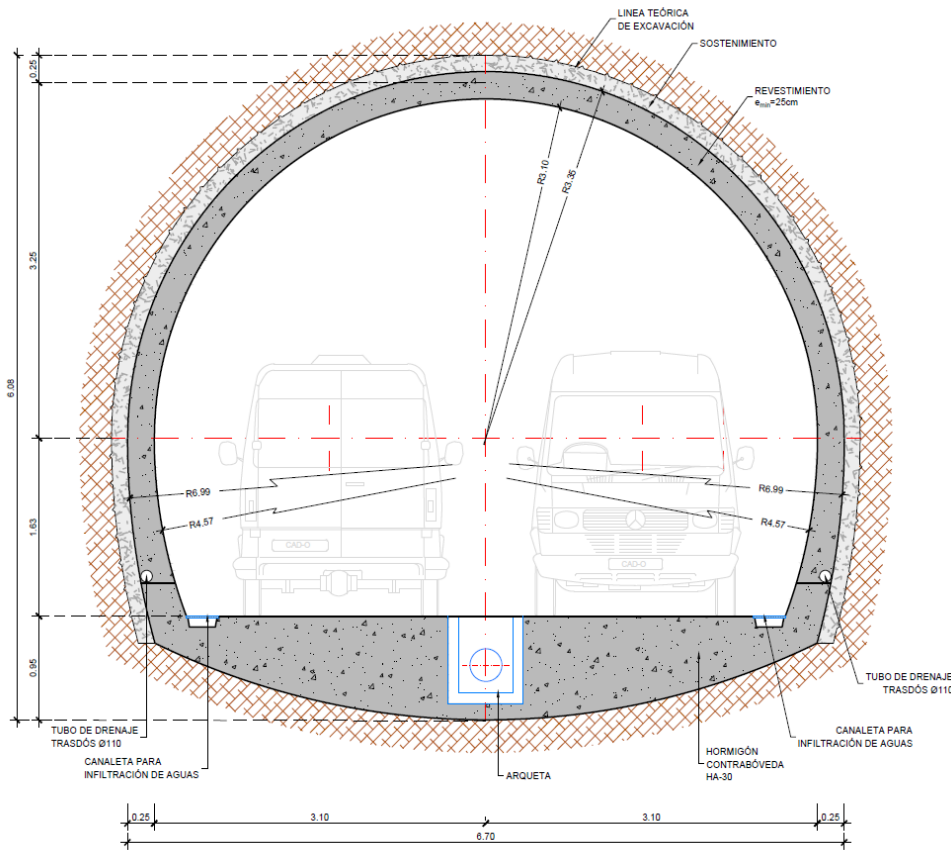


Figura 23. Galería de emergencia vehicular con contrabóveda

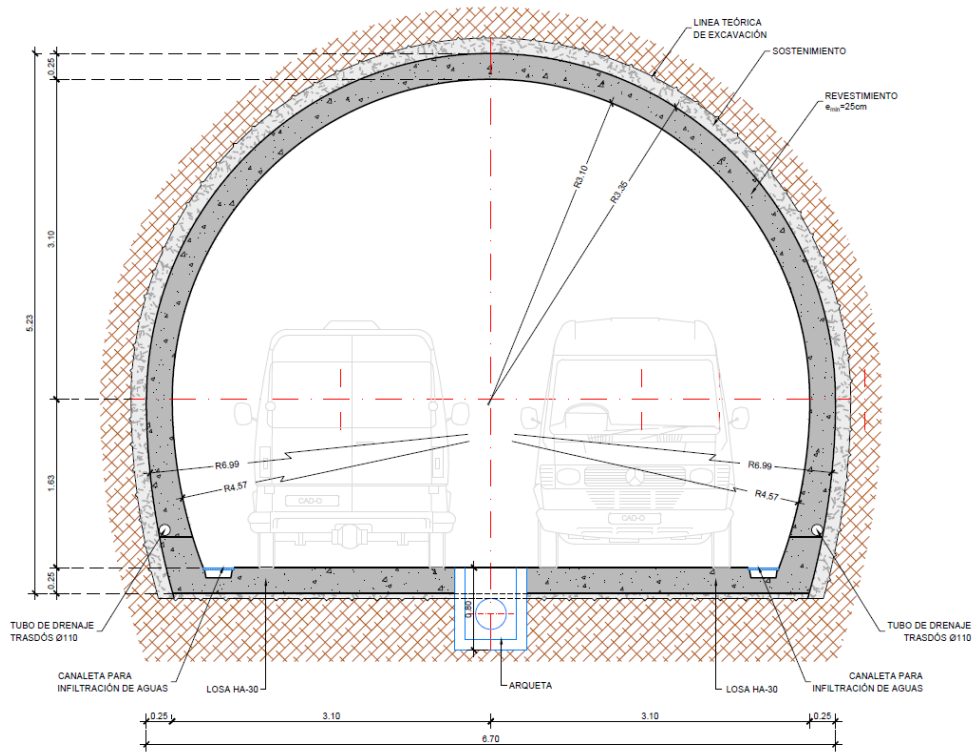


Figura 24. Galería de emergencia vehicular con solera

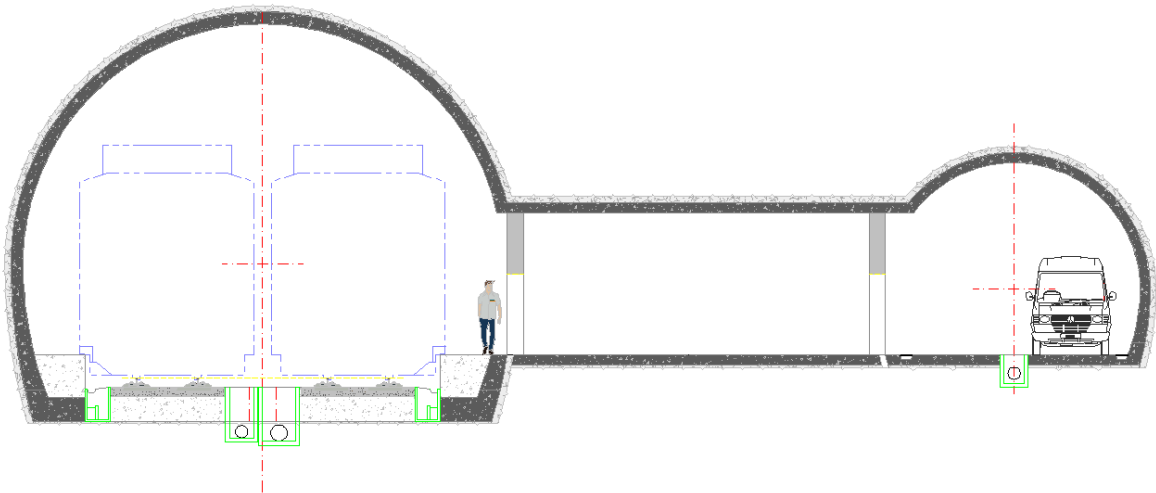


Figura 25. Esquema de entronque de galería de conexión con túnel principal

El actual estudio presenta varios túneles con éstas características repartidos en las distintas alternativas estudiadas, y que se exponen a continuación:

						GALERÍAS EVACUACIÓN			
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
CENTRO	Hoyas	14+380	16+332	1952	105	1	15+357	16+332	975
	Carramonte	30+617	31+019	402	85	--	--	--	--
						GALERÍAS EVACUACIÓN			
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	Nº GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
OESTE	Carrasquilla	16+520	18+366	1846	105	1	17+500	0+400	400
	Rublacedo	23+798	25+000	1202	105	1	23+798	24+018	220
						GALERÍAS EVACUACIÓN			
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 1	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla Via Izd	21+730	23+605	1875	52	3	22+230	0+015	15
							22+730	0+015	15
							23+230	0+015	15
	Quintanilla Via Drcha	21+732	23+607	1875	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Izd	23+968	24+400	432	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Drcha	23+978	24+410	432	52	--	--	--	--
	La Puebla	30+945	33+425	2480	105	1	30+945	31+920	975
						2	32+800	0+600	600
	Quintanilla Via Izd	21+850	23+765	1915	52	3	22+350	0+015	15
							22+850	0+015	15
	Quintanilla Via Drcha	21+860	23+735	1875	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Izd	24+100	24+532	432	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Drcha	24+113	24+545	432	52	--	--	--	--
	La Puebla	30+825	33+560	2735	105	1	30+825	31+800	975
						2	32+800	0+600	600

Tabla 14. Galerías previstas en cada túnel.

						GALERÍAS EVACUACIÓN			
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 2	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla Via Izd	21+730	23+605	1875	52	3	22+230	0+015	15
							22+730	0+015	15
							23+230	0+015	15
	Quintanilla Via Drcha	21+732	23+607	1875	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Izd	23+968	24+400	432	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Drcha	23+978	24+410	432	52	--	--	--	--
	La Puebla	30+945	33+425	2480	105	1	30+945	31+920	975
						2	32+800	0+600	600

Tabla 15. Galerías previstas en cada túnel.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	GALERÍAS EVACUACIÓN			
						Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 3	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla Via Izd	21+850	23+765	1915	52	3	22+350	0+015	15
							22+850	0+015	15
							23+350	0+015	15
	Quintanilla Via Drcha	21+860	23+735	1875	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Izd	24+100	24+532	432	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Drcha	24+113	24+545	432	52	--	--	--	--
	La Puebla	30+945	33+425	2480	105	1	30+945	31+920	975
						2	32+800	0+600	600

Tabla 16. Galerías previstas en cada túnel.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	GALERÍAS EVACUACIÓN			
						Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 4	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla Via Izd	21+730	23+605	1875	52	3	22+230	0+015	15
							22+730	0+015	15
							23+230	0+015	15
	Quintanilla Via Drcha	21+732	23+607	1875	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Izd	23+968	24+400	432	52	--	--	--	--
	Manzanos Via Drcha	23+978	24+410	432	52	--	--	--	--
	La Puebla	30+825	33+560	2735	105	1	30+825	31+800	975
						2	32+800	0+600	600

Tabla 17. Galerías previstas en cada túnel.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	GALERÍAS EVACUACIÓN			
						Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 5	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla	21+860	23+735	1875	105	1	21+855	22+735	880
	Manzanos	24+113	24+545	432	85	--	--	--	--
	La Puebla	30+945	33+425	2480	105	1	30+945	31+920	975
						2	32+800	0+600	600

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	GALERÍAS EVACUACIÓN			
						Nº GALERÍA EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)
Alternativa Variante Exterior de Miranda 6	Pancorbo	0+292	4+188	3896	85	1			72
						2			320
						3			136
						4			190
	Ameyugo	5+635	6+200	565	105	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800	7+350	550	105	--	--	--	--
	Quintanilla	21+860	23+735	1875	105	1	21+855	22+735	880
	Manzanos	24+113	24+545	432	85	--	--	--	--
	La Puebla	30+825	33+560	2735	105	1	30+825	31+800	975
						2	32+800	0+600	600

Tabla 18. Galerías previstas en cada túnel.

4. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

4.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO CONSTRUCTIVO

Como procedimiento constructivo se opta por el Método Convencional desechando la excavación con tuneladora debido a que, desde el punto de vista económico, y en base a la experiencia adquirida, las tuneladoras en zonas no urbanas suelen salir rentables en túneles de longitudes superiores a 4 – 5 km.

La excavación por métodos convencional permite que los trabajos sean más versátiles, pudiéndose en caso de necesidad o en las siguientes fases del proyecto, ampliar los frentes de avance mediante la ejecución de galerías de ataque intermedio, ya que en este estudio se proyectan galerías de emergencia que podrían utilizarse para aumentar los frentes de excavación, si así fuera necesario durante la fase de obra.

La filosofía constructiva del Nuevo Método Austriaco (N.A.T.M.), aplica sostenimientos basados en el empleo de hormigón proyectado, bulones, mallazo y cerchas. Con este método se permite una cierta deformación del terreno hasta el momento en que se coloca el sostenimiento, aprovechando así la colaboración del terreno en la estabilidad de la excavación.

4.2. FASES DE EXCAVACIÓN

El esquema habitual de excavación de túneles de estas dimensiones aconseja realizar la excavación por fases. El método constructivo propuesto, basado en la aplicación de métodos convencionales, define un esquema de ejecución en dos fases: avance y destroza. En las zonas de peores condiciones geotécnicas, se agregará una tercera fase, denominada contrabóveda. A continuación, se exponen brevemente diversos aspectos relacionados con la excavación de cada una de estas fases:

1. AVANCE: es la mitad superior de la sección del túnel (zona de bóveda). La sección de excavación de esta fase tiene una altura mínima desde clave de 6 m, en el caso del túnel de vía doble, suficiente para la correcta movilidad de la maquinaria necesaria.
2. DESTROZA: es la mitad inferior de la sección del túnel. Esta fase se comenzará a excavar a cierta distancia de la fase de avance o una vez calado el túnel. Si apareciesen problemas geotécnicos, la excavación de la destroza se podrá subdividir en bataches. En caso de hacerse en dos fases, en primer lugar, se excavará una mitad de la sección, se sostendrá su hastial, para, a continuación, excavar la otra mitad y sostener el hastial restante. Otra posibilidad será excavar la zona central de la destroza, y posteriormente, excavar las zonas laterales sosteniendo sus respectivos hastiales. Las excavaciones en varias fases reducen al máximo la sección de excavación y, por lo tanto, aumentan la estabilidad.
3. En zonas de mala calidad geotécnica, se ejecutará una tercera fase de CONTRABÓVEDA, excavada bajo la destroza. Esta operación es norma de buena práctica habitual en obras de este tipo. Al atravesar terrenos de mala calidad geotécnica, como las zonas de falla, las tensiones horizontales son mayores que las verticales, por lo que se requiere dar continuidad a dichas tensiones entre hastiales a través de la contrabóveda.

4.3. CICLOS DE TRABAJO

La ejecución de la excavación, sostenimiento, impermeabilización y revestimiento de los túneles se realizará de acuerdo a procesos cíclicos. A continuación, se describen los ciclos de trabajo a seguir en cada etapa de ejecución:

1) Excavación y Sostenimiento: La primera etapa en la ejecución de los túneles consistirá en la ejecución de los ciclos de excavación y sostenimiento. La excavación se plantea mediante rozadora. La altura del avance deberá permitir la circulación fluida de los vehículos y el manejo de los bulones si fuese necesario, con la longitud indicada (4 m en general), por lo que será del orden de 6 m. La longitud de los pases de excavación dependerá de la calidad del terreno, variando en avance entre 0,5 m para las zonas singulares y las zonas de falla que cruzan transversalmente la traza, y los 3,5 m para las zonas más competentes. Simultáneamente a la excavación, se desarrollarán las labores de desescombro. Una vez finalizado el pase de excavación, se colocará el sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones, cerchas y mallazo). El ciclo finaliza con el replanteo del siguiente pase de excavación.

La fase de destroza se realizará por bataches, donde la longitud de excavación puede oscilar en función de la calidad del terreno entre 1 y 7-8 m. Finalizado el pase de excavación, se colocará el sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones, cerchas y mallazo).

Mediante este proceso cíclico, se excavará tanto el avance como la destroza de los túneles y en su caso, la contrabóveda.

2) Impermeabilización y revestimiento: Una vez comprobadas las secciones transversales, se colocará la impermeabilización en todo el túnel y a continuación se hormigonará el revestimiento. Por último, se inyectará en el trasdós de la clave con lechada de cemento para rellenar los huecos que hayan podido quedar en esta zona durante el hormigonado.

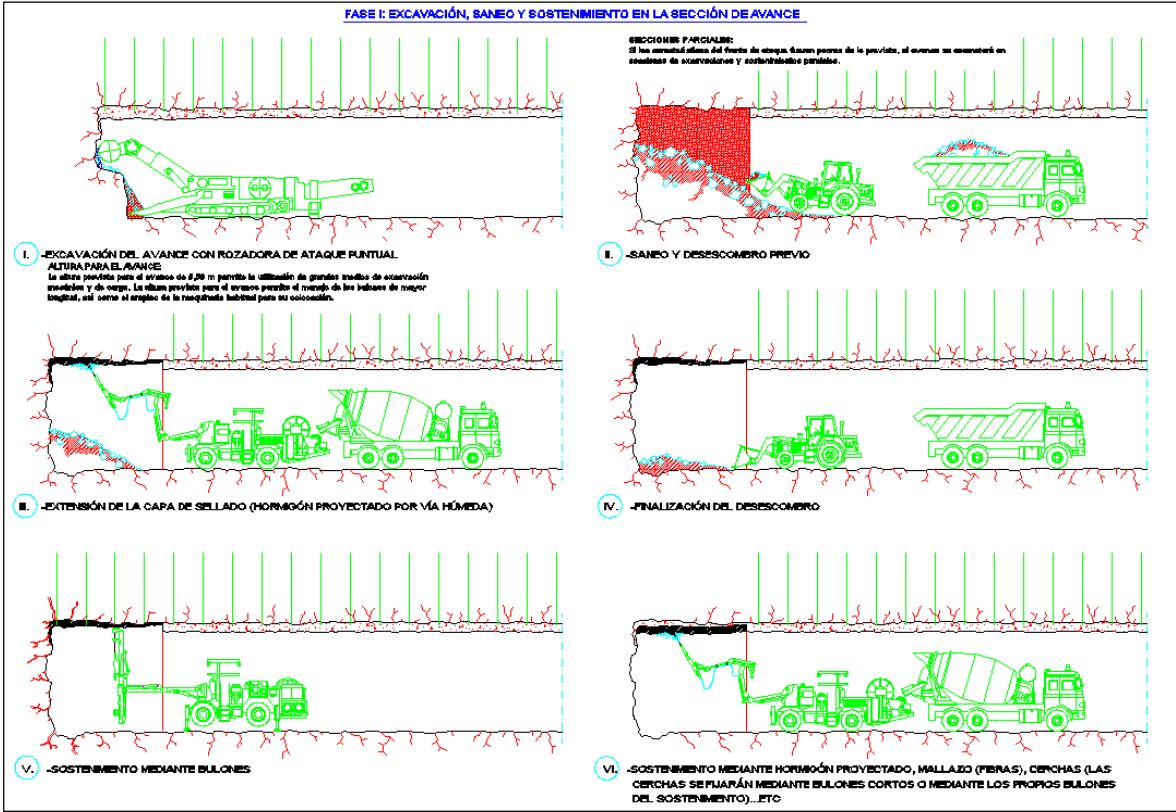


Figura 26. Fase de excavación en la sección de Avance

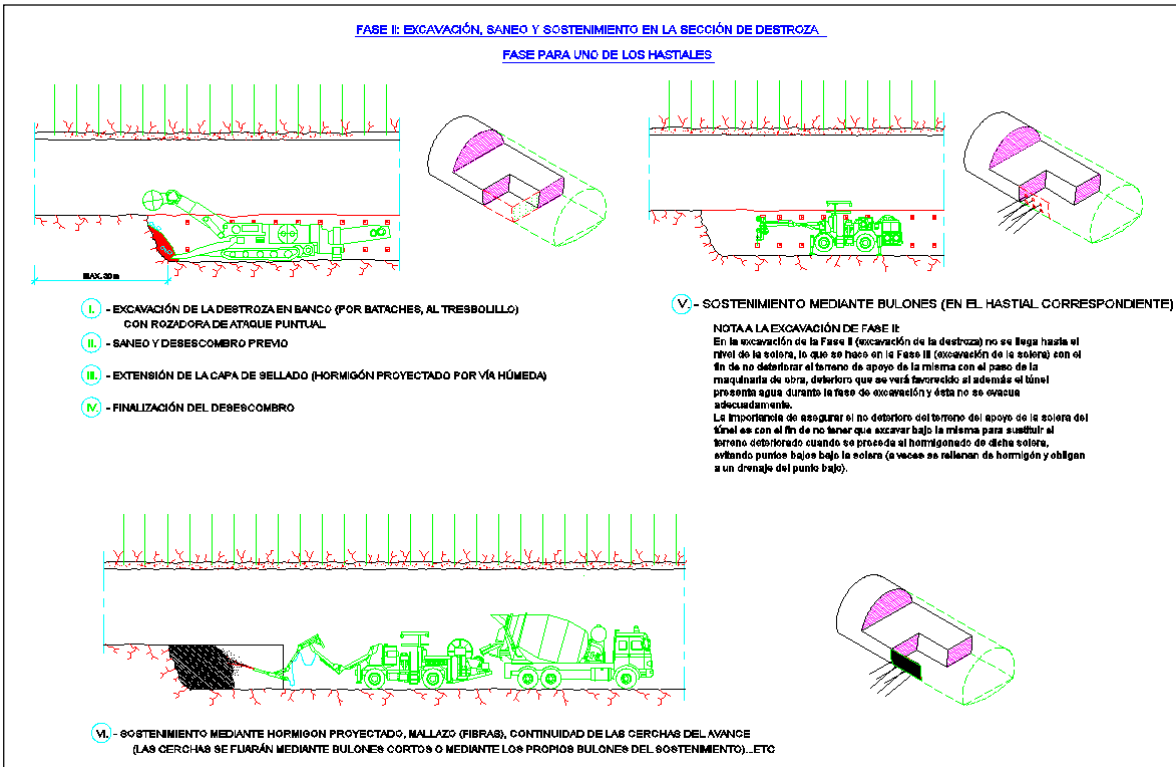


Figura 27. Fase de excavación en la sección de Destroza, primer hastial

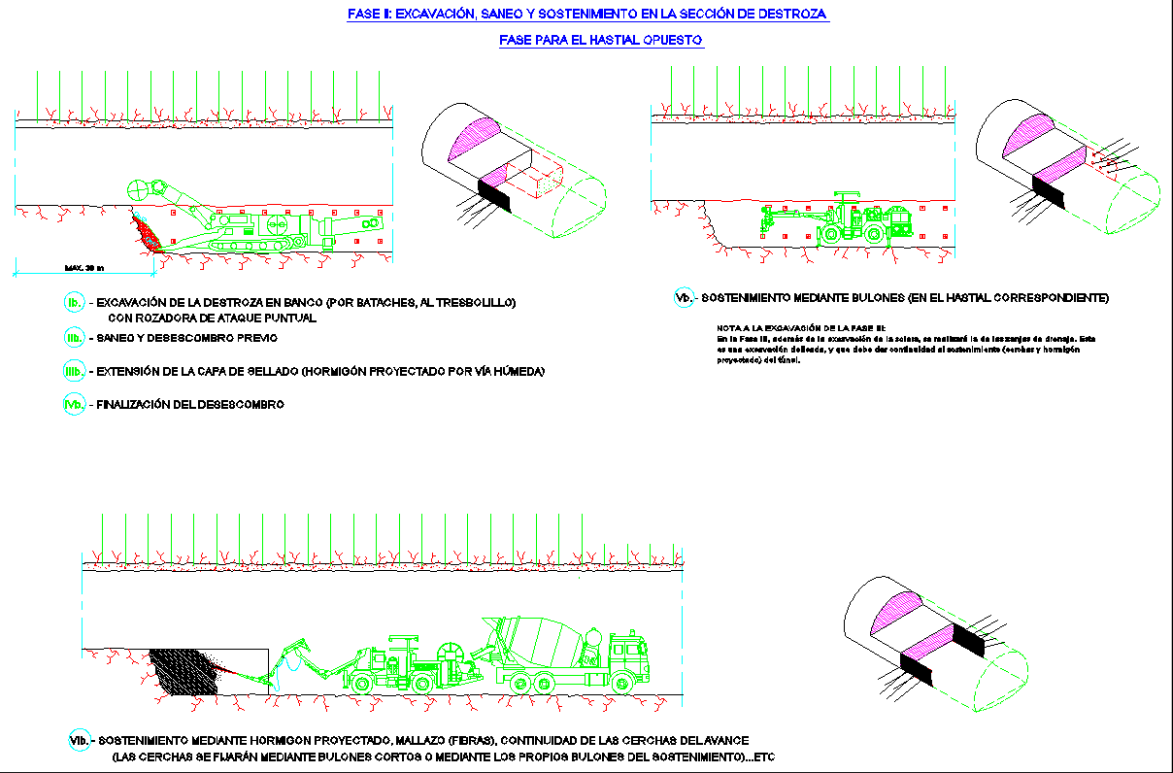


Figura 28. Fase de excavación en la sección de Destroza, hastial opuesto

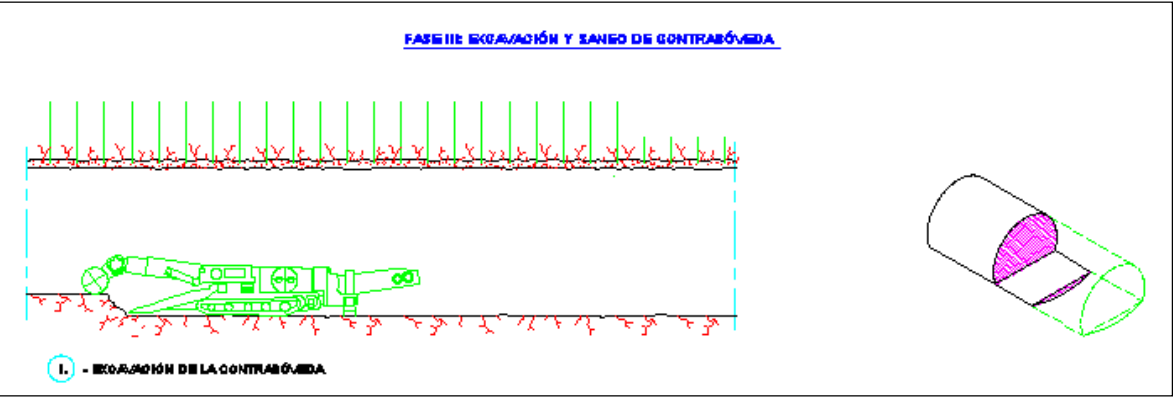


Figura 29. Fase de excavación de la contrabóveda

5. SECCIONES TIPO DE SOSTENIMIENTO

Para realizar una estimación previa del sostenimiento a utilizar en las excavaciones a realizar en el túnel se ha utilizado el índice RMR de Bieniawski y el índice Q de Barton, los cuales se ha correlacionado mediante la expresión:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

El sostenimiento a utilizar se puede estimar mediante el **ábaco de Barton**, que exige el conocimiento del cociente entre la *dimensión crítica de la excavación* y el *ESR*.

El **Índice Q de Barton** fue desarrollado en Noruega en 1974 por Barton, Lien y Lunde, del Instituto Geotécnico Noruego. Se basó su desarrollo en el análisis de cientos de casos de túneles construidos principalmente en Escandinavia. Actualmente se denomina Nuevo Método Noruego de túneles al diseño de las excavaciones basándose directamente en los trabajos de Barton.

La Clasificación de Barton asigna a cada terreno un índice de calidad Q, tanto mayor cuanto mejor es la calidad de la roca. Su variación no es lineal como la del RMR, sino exponencial, y oscila entre Q=0.001 para terrenos muy malos y Q=1000 para terrenos muy buenos.

El valor de Q se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

Donde cada parámetro representa lo siguiente:

- RQD: es el índice Rock Quality Designation, es decir, la relación en tanto por ciento entre la suma de longitudes de testigo de un sondeo mayores de 10 cm y la longitud total. Barton indica que basta tomar el RQD en incrementos de 5 en 5, y que como mínimo tomar RQD=10.
- J_n: varía entre 0.5 y 20, y depende del número de familias de juntas que hay en el macizo.
- J_r: varía entre 1 y 4, y depende de la rugosidad de las juntas.
- J_a: varía entre 0.75 y 20, y depende del grado de alteración de las paredes de las juntas de la roca.
- J_w: varía entre 0.05 y 1, dependiendo de la presencia de agua en el túnel.
- SRF: son las iniciales de Stress Reduction Factor, y depende del estado tensional de la roca que atraviesa el túnel.

Para la obtención de cada uno de los cinco últimos parámetros, Barton aporta unas tablas donde se obtienen los valores correspondientes en función de descripciones generales del macizo rocoso.

Existen también diversas correlaciones para establecer una estimación entre el índice Q y el RMR, entre estas correlaciones hay que destacar:

- $RMR = 9,0 \cdot \ln Q + 44$ (Según Bieniawski, 1976)
- $RMR = 13,5 \cdot \ln Q + 43$ (Según Rutledge, 1978)
- $RMR = 4,5 \cdot \ln Q + 55,2$ (Según Moreno, 1980)
- $RMR = 10,5 \cdot \ln Q + 41,8$ (Según Abad et al, 1983)
- $RMR = 8,5 \cdot \ln Q + 35$ (Según Kaiser y Gale, 1985)
- $RMR = 15 \cdot \log Q + 50$ (Según Barton, 1995)

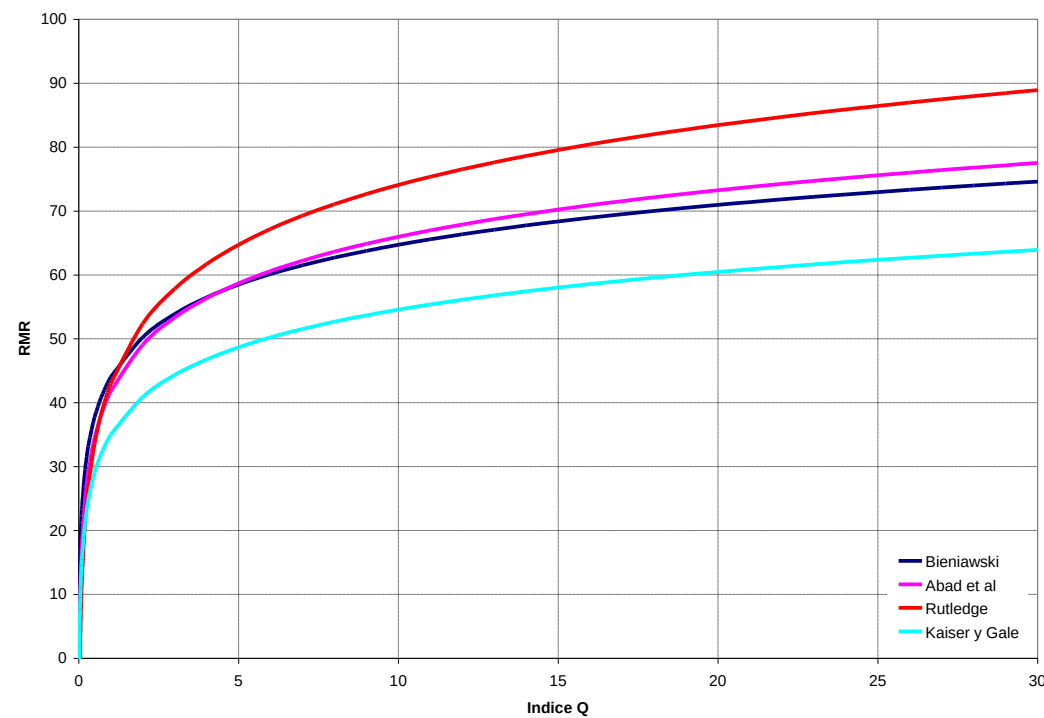


Figura 30. Correlaciones RMR-Q

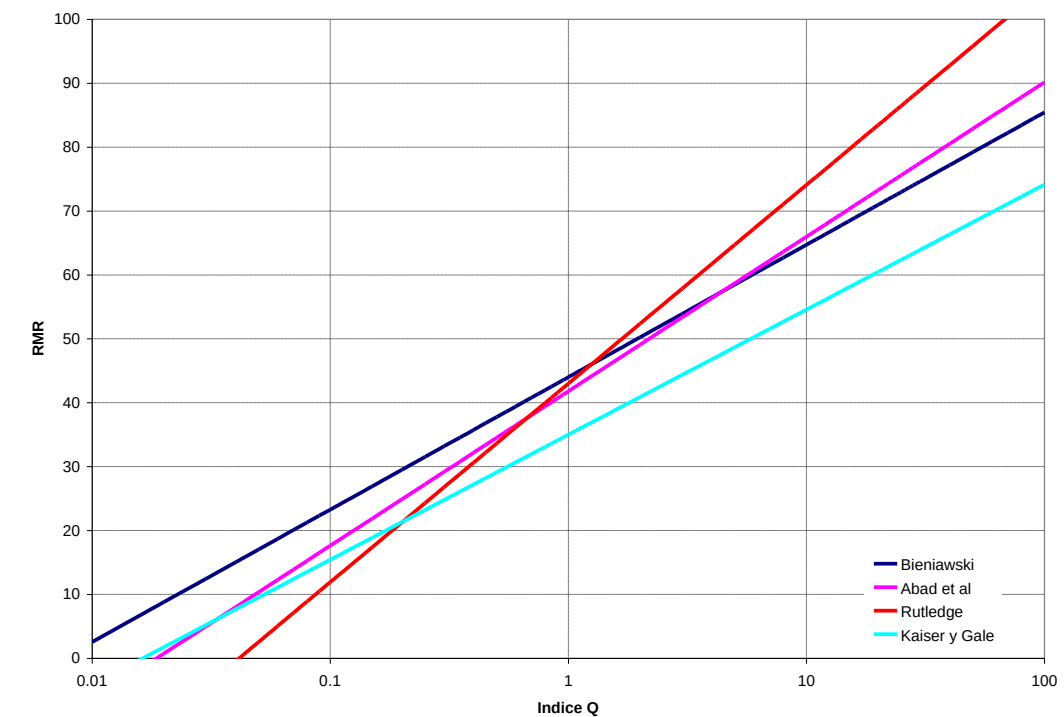


Figura 31. Correlaciones RMR-Q en escala logarítmica

De entre estas correlaciones se adopta la de Bieniawski para determinar el índice Q, quedando la siguiente expresión empírica:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

5.1. PREDIMENSIONAMIENTO SEGÚN EL ÍNDICE Q DE BARTON

A partir de este índice se realizará un predimensionamiento de los Sostenimientos. La clasificación de Barton está más desarrollada que la del RMR de Bieniawski y permite obtener un sostenimiento más afinado. Para su aplicación es preciso además obtener el parámetro ESR (Excavation Support Ratio). El ESR es un factor que pondera la importancia de la obra de acuerdo a la siguiente tabla:

TIPO	DESCRIPCIÓN	ESR
A	Minas abiertas temporalmente	3 - 5
B	Pozos verticales	2,5 - 2
C	- Minas abiertas permanentemente. - Túneles hidroeléctricos - Túneles piloto y galerías de avance para grandes excavaciones	1,6
D	- Cavernas de almacenamiento - Plantas de tratamiento de aguas - Túneles pequeños de carretera y ferrocarril	1,3
E	- Centrales eléctricas subterráneas - Túneles grandes de carretera y ferrocarril - Cavernas de defensa civil - Boquillas e intersecciones	1
F	- Centrales nucleares subterráneas - Estaciones de ferrocarril - Pabellones deportivos y de servicios	0,8

Tabla 19. Criterios para la obtención del ESR

Con el Índice Q y la relación Ancho de excavación / ESR, se puede determinar al sostenimiento propuesto por Barton en el Abaco.

En el caso objeto de este estudio, se ha adoptado un ESR de 1,0 al tratarse de túneles ferroviarios de gran sección.

De acuerdo con la metodología descrita, se ha estimado el sostenimiento a aplicar adoptando un ancho de excavación máximo de 13 para el túnel de doble vía, lo que nos da un cociente dimensión crítica de excavación/ESR igual a 13.

Para el túnel de vía única, el ancho de excavación máximo es de 10 m, lo que da un cociente dimensión crítica de excavación/ESR igual a 10.

A continuación se presenta la estimación previa del sostenimiento a aplicar en los tipos de terreno que está previsto sean atravesados por los túneles.

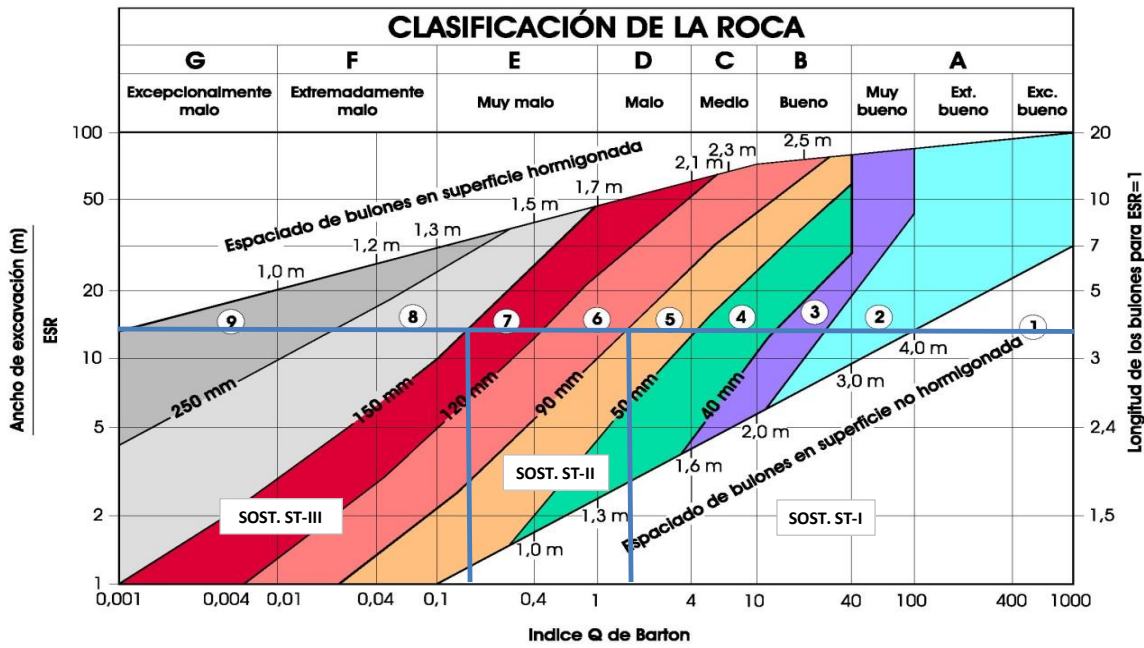


Figura 32. Gráfico de Barton para el Túnel de Vía Doble

Categorías de sostenimiento:

- | | |
|---|--|
| 1. Sin sostenimiento | 6. Hormigón proyectado con fibras, 9-12 cm y bulonado |
| 2. Bulonado puntual | 7. Hormigón proyectado con fibras, 12-15 cm y bulonado |
| 3. Bulonado sistemático | 8. Hormigón proyectado con fibras, >15 cm con bulonado y cerchas |
| 4. Bulonado sistemático con hormigón proyectado | 9. Revestimiento de hormigón |
| 5. Hormigón proyectado con fibras, 5-9 cm, y bulonado | |

Por lo tanto, en función de los resultados obtenidos en el ábaco de Barton se establecen tres secciones tipo de sostenimiento (para las zonas singulares como emboquilles, paso de falla bajo edificaciones, o zonas de escasa cobertera, se ha proyectado una cuarta sección de sostenimiento ST-IV independiente).

En la siguiente tabla, a modo de resumen, pueden observarse los espesores de hormigón proyectado y otros elementos de sostenimientos necesarios según las recomendaciones de Barton.

SECCION TIPO	CALIDAD GEOTÉCNICA	RANGO APROXIMADO Q	RANGO APROXIMADO RMR	ESPESOR GUNITA	REFUERZO	CERCHA	BULONES
ST-I	FAVORABLE	Q > 2	RMR > 50	9 cm	FIBRAS DE ACERO	NO	LONG. BULON 4 m espaciado 1,8 m
ST-II	MEDIA	2 > Q > 0,2	50 > RMR > 30	15 cm	FIBRAS DE ACERO	NO	LONG. BULON 4 m espaciado 1,35 m
ST-III	DESFAVORABLE	Q < 0,2	RMR < 30	25 cm	FIBRAS DE ACERO	SI	LONG. BULON 4 m espaciado 1,0 m
ST-IV	EMBOQUILLES Y ZONAS SINGULARES						

Tabla 20. Secciones tipo de sostenimientos según recomendaciones de Barton

5.2. PREDIMENSIONAMIENTO SEGÚN EL ÍNDICE RMR DE BIENIAWSKI

Otra forma para la caracterización del macizo es utilizar la clasificación geomecánica de Bieniawski (1989), calculándose el índice RMR (Rock Mass Rating).

Las clasificaciones geomecánicas son un método de ingeniería geológica que permite evaluar el comportamiento geomecánico del macizo rocoso, este comportamiento incluye la estimación de los parámetros geotécnicos de diseño y en el tipo de sostenimiento en el túnel.

La clasificación de Bieniawski de 1989 permite valorar la calidad de un determinado macizo atendiendo a una serie de criterios como pueden ser la resistencia a la compresión simple, las condiciones de diaclasado, efecto del agua y la posición relativa de la excavación respecto a las diaclasas.

Para tener en cuenta la incidencia de estos factores, se definen una serie de parámetros, asignándoles unas determinadas valoraciones, cuya suma en cada caso nos da el RMR.

Los cinco parámetros que definen la calidad global del macizo son los siguientes:

Resistencia de la roca matriz:	0 – 15 %
RQD (%):	3 – 20 %
Espaciado de las juntas:	5 – 20 %
Estado de las juntas:	0 – 30 %
Presencia de agua:	0 – 15 %
RANGO VARIACIÓN RMR:	8 – 100 %

Adicionalmente el sistema de clasificación considera un factor de minoración en función de la disposición relativa entre las discontinuidades y el eje del túnel, distinguiendo entre cinco posibles estados, que discurren entre muy favorable y muy desfavorable, con una constante de corrección que varía entre 0 y –12. Esta penalización del índice obtenido, así como la presencia o

no de agua, sólo deben considerarse cuando se pretenda llevar a cabo una aplicación del índice RMR muy concreta, como por ejemplo la asignación empírica de sostenimientos mediante el cuadro propuesto por Bieniawski.

PARÁMETRO			RANGO DE VALORES						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		R. compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	Valoración		15	12	7	4	2	1	0
2	RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%		
	Valoración		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm		
	Valoración		20	15	10	8	5		
4	Estado de les discontinuidades		Superficies muy rugosas. Sin separación. Bordes sanos y duros	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm Bordes ligeramente alterados	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm Bordes muy alterados	Superficies estriadas o con rellenos < 5mm o abiertas 1-5 mm. Continuas	Rellenos blandos > 5 mm ó apertura > 5 mm. Continuas		
	Valoración		30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Caudal por 10 m de túnel	Nulo	< 10 litros/min	10-25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Relación: Presión agua / Presión principal mayor	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Estado General	Completamente seco	Ligeramente húmedo	Húmedo	Goteando	Fluyendo		
	Valoración		15	10	7	4	0		

Tabla 21. Cuadro de sostenimientos de Bieniawski

De acuerdo con los criterios de Bieniawski y en función del RMR obtenido, los macizos se clasifican en las cinco categorías (Rocas de Calidad I a VI), los cuales se detallan a continuación:

RMR	TIPO	CALIDAD
81 – 100	I	Muy bueno
61 – 80	II	Bueno
41 – 60	III	Medio
21 – 40	IV	Malo
< 20	V	Muy malo

Tabla 22. Clasificación de los macizos rocosos.

Para la valoración de los diferentes parámetros que conforman el índice RMR, se emplean como fuentes de información principales las estaciones geomecánicas efectuadas, así como los sondeos y ensayos de laboratorio disponibles.

Para túneles de sección en herradura con anchura máxima de 10 m y una tensión vertical máxima de 250 kg/cm² Bieniawski propone los siguientes sostenimientos en función de la calidad de la roca estimada según el RMR (Rock Mass Rating).

CLASE ROCA	RMR	EXCAVACIÓN	SOSTENIMIENTO PRIMARIO		
			Bulonado (*) (longitudes, túneles de 10 m de luz)	Gunitado	Cerchas
I	100 - 81	A sección completa. Avances de 3 m	Innecesario, salvo algún bulón ocasional		
II	80 - 61	Plena sección. Avances de 1-1,5 m	Bulonado local en bóveda, con longitudes de 2-3 m y separación de 2-2,5 m, eventualmente con mallazo	5 cm en bóveda para impermeabilización	No
III	60 - 41	Galería en clave y bataches. Avances de 1,5 a 3 m en la galería	Bulonado sistemático de 3-4 m con separaciones de 1,5 a 2 m en bóveda y hastiales. Mallazo en bóveda	5 a 10 cm en la bóveda y 3 cm en hastiales	No
IV	40 - 21	Galería en la clave y bataches Avances de 1 a 1,5 m en la galería	Bulonado sistemático de 4-5 m con separaciones de 1-1,5 m en bóveda y hastiales, con mallazo	10-15 cm en bóveda y 10 cm en hastiales. Aplicación según avanza la excavación	Entibación ligera ocasional, con separaciones de 1,5 m
V	> 20	Galerías múltiples. Avances de 0,5-1 m en la galería de clave	Bulonado sistemático de 5-6 m, con separaciones de 1-1,5 m en bóveda y hastiales, con mallazo. Bulonado de la solera	15-20 cm en bóveda, 15 cm en hastiales y 5 cm en el frente. Aplicación inmediata después de cada voladura	Cerchas fuertes separadas 0,75 m con blindaje de chapas, y cerradas en solera

(*) Bulones de 20 mm de diámetro, con resina.

Tabla 23. Sostenimientos propuestos según Bieniawski

Por lo tanto, atendiendo a los rangos de RMR utilizados previamente en el Predimensionamiento realizado por el ábaco de Barton, los elementos de sostenimiento recomendados por Bieniawski son los siguientes:

SECCION TIPO	CALIDAD GEOTÉCNICA	RANGO APROXIMADO Q	RANGO APROXIMADO RMR	ESPESOR GUNITA	REFUERZO	CERCHA	BULONES
ST-I	FAVORABLE	Q > 2	RMR > 50	5 - 10 cm en bóveda 3 cm en hastiales	Mallazo en bóveda	NO	LONG. BULON 3-4 m espaciado 1,5-2 m
ST-II	MEDIA	2 > Q > 0,2	50 > RMR > 30	10 - 15 cm en bóveda 10 cm en hastiales	Mallazo	OCASIONAL espaciado 1,5 m	LONG. BULON 4-5 m espaciado 1-1,5 m
ST-III	DESFAVORABLE	Q < 0,2	RMR < 30	15 - 20 cm en bóveda 15 cm en hastiales 5 cm frente excavación	Mallazo	CERCHAS FUERTES espaciado 0,75 m	LONG. BULON 5-6 m espaciado 1-1,5 m
ST-IV	EMBOQUILLES Y ZONAS SINGULARES						

Tabla 24. Secciones tipo de sostenimientos según recomendaciones de Bieniawski

5.3. SOSTENIMIENTOS PROPUESTOS

Una vez valoradas las recomendaciones de sostenimientos para los rangos adoptados, se proponen las siguientes secciones tipo. Son muy similares a las obtenidas en el Predimensionamiento de Barton y Bieniawski. La sección tipo ST-IV se ha diseño atendiendo a experiencias en terrenos y situaciones similares.

SECCIONES TIPO DE SOSTENIMIENTO								
SECCION TIPO	CALIDAD GEOTÉCNICA	RANGO APROXIMADO Q BARTON	RANGO APROXIMADO RMR	LONGITUD DE PASE	ESPESOR GUNITA	FIBRAS DE ACERO	CERCHA	BULONES
ST-I	FAVORABLE	Q > 2	RMR > 50	3,5 m	10 cm H/MP-30	40 Kg/m³		SWELLEX O SIMILAR 24 T 4 m de longitud en malla 1,75 m x 1,75 m
ST-II	MEDIA	2 > Q > 0,2	50 > RMR > 30	1,5 m	18 cm H/MP-30	40 Kg/m³	TH-29 a 1,5 m	
ST-III	DESFAVORABLE	Q < 0,2	RMR < 30	1,0 m	25 cm H/MP-30	40 Kg/m³	HEB-180 a 1,0 m	
ST-IV	EMBOQUILLES Y ZONAS SINGULARES			0,5 m	30 cm H/MP-30	40 Kg/m³	HEB-180 a 0,5 m	
				Paraguas de micropilotes de refuerzo: Øexc. 150 mm, Øext. tubo 114,3 mm, espesor 10 mm. Longitud 9 m, solape 3 m, espaciado entre tubo 30 cm. Bulones de fibra de vidrio en el frente. Malla 1,75 x 1,75 m, longitud 9, solape 3 m Sellado del frente 10 cm de H/MP-30. Machón central.				

Tabla 25. Tabla de sostenimientos propuestos para el Estudio Informativo

6. REVESTIMIENTO

Toda obra subterránea debe tener un revestimiento que no ejerza un papel estructural a corto plazo, pero que pueda asegurar la estabilidad de la obra a largo plazo ante una eventual degradación de las características mecánicas del terreno o de los elementos de sostenimiento.

El problema que se plantea es definir qué tipo de exigencias debe tener el revestimiento de un túnel para que sea compatible con las condiciones de utilización y con un costo de ejecución razonable.

A continuación se señalan algunos de los motivos por los que se considera que su colocación es necesaria:

- El revestimiento aporta un coeficiente de seguridad adicional, colaborando con el sostenimiento a corto plazo. A largo plazo no se puede confiar plenamente en el sostenimiento, pues al estar en contacto directo con las humedades del terreno, éste tiende a alterarse perdiendo alguna de sus características resistentes. La estabilidad a largo plazo se garantiza con el revestimiento.
- El revestimiento de hormigón permite disminuir significativamente las labores de mantenimiento y conservación, crecientes con la edad del túnel, que son normalmente muy costosas y que además entorpecen el tráfico.
- Evita la posible incidencia de convergencias residuales.
- El revestimiento reduce la rugosidad y por tanto mejora la circulación del aire y gases.
- Protege al sostenimiento frente a un posible incendio, el efecto de la agresividad y envejecimiento.

Se procederá al revestimiento del túnel una vez estabilizadas las convergencias e impermeabilizado el túnel.

Antes de proceder al revestimiento del túnel, se comprobará mediante laser scanner las secciones que entren dentro de la sección de revestimiento, procediendo al picado de estas zonas puntuales, y siempre reponiendo el sostenimiento en el caso de que se destruya el que había con anterioridad.

Se propone un espesor de revestimiento de 30 cm de HM-30 reforzado con 2 kg de fibra de polipropileno por cada m³ de hormigón.

7. TRATAMIENTOS ESPECIALES

Una vez definidas las secciones tipo de sostenimiento a aplicar, mediante las recomendaciones de Barton y Bieniawski, se logrará estabilizar la excavación en todas las calidades de terreno previstas. No obstante, cabe la posibilidad de que se intercepten zonas en que la calidad geotécnica de los materiales sea tan mala, que puede no ser suficiente con los sostenimientos anteriormente definidos, y sea necesario recurrir a tratamientos de refuerzo complementario, conocido con el nombre genérico de tratamientos especiales.

Los tratamientos especiales se usan de forma puntual, con objeto de atravesar zonas muy concretas de terreno. Se aplicarán, eventualmente, según la misión que tenga encomendada el tratamiento:

7.1. TRATAMIENTOS DE ESTABILIDAD DE LA BÓVEDA Y DE FRENTE DE EXCAVACIÓN

En esta fase del proyecto todos ellos se incluyen en la sección tipo ST-IV, en principio según las características del terreno a atravesar se proyectan asociados a esta sección tipo, sin embargo, es posible que, en futuras fase, con un estudio más ajustado del trazado, en lo que a cualidades geológicas – geotécnicas se refiere, puedan independizarse de esta sección tipo ST-IV. También en ocasiones puede ser necesario la utilización de uno o varios de estos tratamientos asociado a otra sección tipo de sostenimiento.

Estos tratamientos son:

- Paraguas de micropilotes: se empleará para evitar sobre excavaciones en clave. Consiste en la colocación de elementos lineales paralelos al túnel en toda la bóveda de este.

Se emplearán para tubos de acero de diámetro 114 mm y espesor 10 mm. El diámetro de perforación será de 150 mm y se inyectaran lechada de cemento. Cuando la zona a atravesar es muy amplia, se colocan paraguas sucesivos, con un solape mínimo entre uno y otro de 3 metros.

- Gunita sobre-acelerada: se dispondrá en el frente de excavación para evitar la descompresión del terreno y mejorar la estabilidad de la excavación. Este tipo de hormigón proyectado presenta una dosificación de acelerante superior a la empleada para la gunita de sostenimiento, lo que le permite desarrollar altas resistencias iniciales, la reducción en las resistencias finales del hormigón proyectado, que supone el empleo de acelerantes, no resulta problemático en este caso, ya que esta gunita se eliminara con la excavación del siguiente pase.
- Machón central. Es otra medida de estabilización del frente, de esta manera evitamos que la excavación del frente sea completamente vertical, ayudando a la mejora de la estabilidad. El tamaño e inclinación del machón debe de compatibilizarse con la excavación, de manera que no repercuta en una disminución del rendimiento.

- Bulones de fibra de vidrio. Se disponen en el frente para mejorar su estabilidad. En lugar de utilizar bulones de acero se colocarán bulones de fibra vidrio, estos últimos poseen unas buenas características de resistencia a tracción con la ventaja de son muy fáciles de excavar. Se disponen de forma horizontal, con una ligera inclinación, y se han diseñado con una longitud y solape igual a la del paraguas de micropilotes. Su puesta en obra es sencilla y consiste en un replanteo inicial, perforación de los taladros, colocación de los bulones e inyección de lechada de cemento.

Evidentemente un aumento de la presión de inyección por encima de los límites de presión fijados, también significa la paralización de la inyección.

8. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE

Para proteger el revestimiento de la acción de las aguas subterráneas, y para evitar posibles goteos sobre la plataforma, así como aliviar las presiones intersticiales sobre aquel, se considera conveniente la impermeabilización completa de los túneles.

El sistema que se considera más eficaz está constituido por una lámina porosa de protección, situada en contacto con el sostenimiento, lámina de tipo geotextil, y otra lámina de impermeabilización propiamente dicha colocada a continuación, ésta de tipo sintético (P.V.C. o P.E.). El geotextil se ocupará de filtrar los finos procedentes del lavado del sostenimiento y drenar los caudales para aliviar las presiones intersticiales, así como proteger la lámina frente a las irregularidades del sostenimiento.

Estas láminas se aplican sobre el hormigón proyectado, sujetándolas con anclajes mecánicos y soldando térmicamente las distintas piezas necesarias para recubrir los paramentos del túnel.

La lámina de impermeabilización tendrá continuidad, mediante termo-soldado, hasta alcanzar los tubos dren de PVC ranurado que se colocarán longitudinalmente a lo largo de los túneles, cerca de los paramentos y que conectarán con un canal de pequeñas dimensiones adosado al paramento.

9. RIESGOS GEOLOGICO-GEOTECNICOS

Los principales riesgos geotécnicos asociados a la excavación de los túneles contemplados en el presente Proyecto de Construcción son los siguientes:

- a) Riesgos asociados a fenómenos kársticos
- b) Afección a zonas de falla.
- c) Presencia de Techos planos y formación de cuñas inestables
- d) Aportes de agua
- e) Agresividad de las aguas

9.1. Riesgos asociados a fenómenos kársticos

En la zona de estudio existen numerosas evidencias de procesos kársticos. Además, los trabajos geotécnicos (sondeos mecánicos) realizados en la zona han puesto de manifiesto la existencia de algunas cavidades y conductos kársticos que pueden ser afectados por las infraestructuras proyectadas.

La ejecución de túneles afectando a macizos kársticos presentan riesgos relacionados con el agua, riesgos asociados a la presencia de rellenos blandos y riesgos asociados a la presencia de cavidades.

Los riesgos asociados a la afección del acuífero kárstico son los más difíciles de combatir y los que pueden propiciar un mayor número de problemas. Las principales incidencias que pueden provocar son:

- Afluencia de importantes caudales de agua a la excavación al atravesar conductos kársticos. Además, en eventos de lluvias importantes o prolongados en el tiempo los caudales drenados por estos conductos aumentan considerablemente pudiendo llegar a provocar la inundación de la excavación.
- Elevadas cargas hidrostáticas sobre los revestimientos. Así, en aquellas ocasiones en los que el túnel discurre en zona freática, u obstruye un conducto en zona vadosa pueden desarrollarse presiones hidrostáticas sobre el revestimiento que pueden llegar a superar las presiones máximas para las que ha sido diseñado.
- Por otro lado, otro riesgo asociado con la presencia de cavidades, es la incertidumbre que se genera sobre la estabilidad del túnel, así cuando un túnel intercepta una cavidad el nivel tensional del entorno se modifica, ya que el hueco resultante puede ser mayor. Esta situación puede crear inestabilidades en la cavidad y necesidades adicionales de sostenimiento. La existencia de cavidades de tamaño inferior al diámetro del túnel provoca que en las zonas que interceptan las cavidades se pierda el contorno del túnel no siendo posible colocar los sostenimientos previstos.
- Otro posible riesgo de este tipo es el debido a las inestabilidades que se pueden producir en las cavidades cercanas como consecuencia vibraciones producidas por las voladuras. Este aspecto puede evitarse con la realización de voladuras controladas.
- Destaponamiento de conductos rellenos con arcillas. Estos golpes de agua se producen súbitamente, y pueden causar grandes daños materiales y personales. Estas inundaciones suponen una pérdida considerable en los rendimientos de

excavación, además de la posibilidad de que queden atrapadas personas y/o maquinaria en el frente de la excavación durante los mismos.

- Asociado al destaponamiento de conductos rellenos de arcilla, se encuentra el riesgo de subsidencias localizadas en superficie.
- Otro riesgo relacionado con la presencia de cavidades rellenas con suelos blandos o bloques, es la creación de inestabilidades en el túnel y en el frente de excavación debiendo recurrir a sostenimientos pesados.
- Por último, existe la posible afección parcial o total a los manantiales del entorno tanto en sus caudales como en su calidad, pudiendo dejar mermadas las capacidades de abastecimiento de agua en las localidades cercanas.

9.2. Afección a zonas de falla.

Los principales riesgos asociados a la presencia de fallas se deben a la baja calidad geomecánica que suelen presentar, la existencia de posibles suelos blandos con deficientes propiedades mecánicas, inestabilidades del frente de la excavación, así como posible aumento de la afluencia de agua a la excavación.

Los trazados atraviesan distintas zonas de falla, dispuestas generalmente de forma transversal al mismo, que generan una banda de material fracturado y alterado y, por tanto, con unas características geotécnicas deficientes frente a la roca circundante. En estas zonas podrán producirse fenómenos de plastificación, inestabilidad en el frente, caída de bloques y cuñas y posibles afluencias de agua hacia la excavación.

El principal riesgo asociado a las fallas en la zona de calizas, será la posible karstificación que presenten en cuyo caso sus riesgos serán más propios de los asociados a la presencia de fenómenos kársticos descritos anteriormente.

En cuanto al desarrollo de bandas de deformación relacionadas con los sistemas de fracturación indicaremos que las fallas en materiales rígidos, como las areniscas, generarán un material granular de mayor permeabilidad y mayor espesor de zona de falla. En los materiales margosos se producen cajas de falla de menores dimensiones, puesto que la deformación de los labios es de tipo dúctil. Por lo tanto, en las proximidades de las fallas puede haber repliegues y desarrollo de pizarrosidad, laminaciones, etc.

Con mucha frecuencia los contactos entre formaciones de distinta competencia, como entre areniscas y margas, están mecanizados, siendo sus características muy similares a las de las fallas antes descritas.

9.3. Presencia de techos planos y formación de cuñas inestables

Los macizos rocosos afectados por los túneles proyectados, pueden presentar una fracturación que aisle bloques de roca o cuñas que pueden llegar a ser inestables y poner en peligro la excavación.

Con el fin de prever estas circunstancias, en fases posteriores deberá realizarse una sectorización en detalle de las principales discontinuidades según dominios estructurales, y a

partir de ahí, realizar simulaciones de las posibles cuñas que puedan formarse. De esta forma se calculará el sostenimiento mínimo que deberá disponerse para que sean estables.

Por otro lado, los bajos buzamientos que presentan algunas litologías, pueden desarrollar techos planos que pueden implicar desprendimientos que generen sobre-excavaciones así como dificultades para la construcción de la bóveda del túnel.

9.4. Aportes de agua

El riesgo inherente a los aportes de agua no se elimina con el hecho de que la perforación de los túneles se efectúe por encima del nivel piezométrico; cabe la posibilidad de interceptar flujos verticales de recarga a través de la zona no saturada (agua en tránsito) que pueden dar lugar a caudales importantes. Estos eventos presentan magnitudes similares a los golpes susceptibles de tener lugar al interceptar conductos kársticos saturados, y es más frecuente que se generen en los niveles de arenisca y zonas de falla, que suponen las vías preferentes de entrada de agua, a excepción de las zonas karstificadas.

9.5. Agresividad de las aguas

Como ya se ha comentado, en algunos de los túneles proyectados se interceptarán litologías con abundante contenido en yesos. Por otro lado, existe también la probabilidad de encontrar glauberita, con el riesgo intrínseco asociado a sus transformaciones, lo cual puede producir en ambos casos, ataques químicos al hormigón de revestimiento en los túneles.

Por ello, al menos en los sectores en los que los túneles presenten filtraciones de agua, se recomienda adoptar las siguientes medidas en cuanto al hormigón de revestimiento:

- Limitar el empleo de cementos con adición de filler calizo; muy habitual en hormigones autocompactantes.
- Aplicar cementos sulforresistentes.

A continuación, se muestra una tabla con los principales riesgos asociados a cada uno de los túneles estudiados en el presente proyecto.

TRAMO	ALTERNATIVA	TUNEL	LONG. TOTAL (m)	TIPO	LITOLOGIAS	ESTRUCTURA TECTÓNICA	PROBLEMÁTICA
BURGOS - PANCORBO	Alternativa Centro	HOYAS	1952	Monotubo	C5: Dolomías y calizas,C3,C2 : Calizas nodulosas y margas	Plegada, fallas y un cabalgamiento en el tramo final	C5: Karstificación
		CARRAMONTE	402	Monotubo	T12: F. Cerezo: Yesos y margas yesíferas	Capas subhorizontales, alguna deformación por proceso de yesificación de sales	T12: Expansividad, agresividad suelo y agua, karstificación, suelos y rocas evolutivos
	Alternativa Oeste	CARRASQUILLA	1846	Monotubo	C9: Margocalizas, margas y calizas tableadas	Anticlinal abierto	C9: Karstificación
		RUBLACEDO	1202	Monotubo	T15: F. Gris-Blanca: calizas y margas blancas y grises lacustres	Capas subhorizontales alternando capas duras y blandas	T15: Expansividad
PANCORBO-VITORIA	Variante de Miranda 1 y 3	PANCORBO	3896	Monotubo	T9: F. Altable: Margas grises y arenas,T3: F. Pancorbo: Arcillas rojas y grises, arenas, calizas lacustres ,C3: Calizas nodulosas y margas ,C2: Calizas bioclásticas ,C1: F. Utrillas: Arenas, arenas conglomeráticas y arcilla ,J1:Carniolas, dolomías y calizas ,C4: Calizas marmóreas ,C5: Dolomías y calizas,C6: Calizas arenosas,C11: F. Garumn. Margas y arenas blancas y rojas con lignito ,T1: F. Garumn. Dolomías, margas y calizas,T2: Serie Terrígena Roja: Arcillas rojas y conglomerados ,K1: F. Keuper. Arcillas yesíferas	Muy compleja, sucesión de pliegues atravesados por diversas fallas y cabalgamientos, Keuper diapírico	T9: Agresividad suelo y agua, T3: Expansividad, presencia de niveles de lignito, C2, C4, C5, C6, T1: Karstificación, C1: Posibilidad de albergar manantiales, C11: Expansividad, presencia de niveles de lignito, T2: Acarcavamiento, deslizamiento y caída de bloques, K1: Expansividad, agresividad suelo y agua
	Variante de Miranda 2 y 4			Monotubo			
	Variante de Miranda 5 y 6			Monotubo			
	Variante de Miranda 1 y 3	AMEYUGO I	565	Monotubo	C2: Calizas bioclásticas ,C3: Calizas nodulosas y margas,C4: Calizas marmóreas ,C5: Dolomías y calizas,C6: Calizas arenosas	Capas muy verticalizadas, invertidas, buzando al N	C2, C4, C5, C6: Karstificación
	Variante de Miranda 2 y 4			Monotubo			
	Variante de Miranda 5 y 6			Monotubo			
	Variante de Miranda 1 y 3	AMEYUGO II	550	Monotubo	T20: Conglomerados poligénicos, limolitas y arcillas rojas	Sinclinal abierto	T 20. Caída de techos planos
	Variante de Miranda 2 y 4			Monotubo			
	Variante de Miranda 5 y 6			Monotubo			
	Variante de Miranda 1 y 3	QUINTANILLA	1875	Doble tubo	T4: F. Lacustre: Margas y lutitas blancas, ocre-gris, con areniscas y conglomerados ,T17: Areniscas con niveles de conglomerados y de limolita y/o lutitas ocre y grises, T18: Areniscas calcáreas, margas y arcillas limolíticas	Estratos paralelos buzando Suavemente al N	T4: Expansividad, presencia de niveles de lignito T18: Karstificación, Caída de techos planos
	Variante de Miranda 2 y 4			Doble tubo			
	Variante de Miranda 5 y 6			Monotubo			
	Variante de Miranda 1 y 3	MANZANOS	432 D	Doble tubo	T18: Areniscas calcáreas, margas y arcillas limolíticas	Estratos paralelos buzando suavemente al norte	T18: Karstificación, Caída de techos planos
			325 I				
	Variante de Miranda 2 y 4		404 D	Doble tubo			
			325 I				
	Variante de Miranda 5 y 6		325	Monotubo			
Variante de Miranda 1 y 3	LA PUEBLA	2735	Monotubo	T7: Conglomerados calcáreos con niveles de areniscas, rojizos , T10: F. Grisaleña: Margas grises y areniscas yesíferas	Estratos paralelos buzando suavemente al S	T7: Karstificación	
Variante de Miranda 2 y 4		2480	Monotubo				

Tabla 26. Resumen de los principales riesgos asociados a cada uno de los túneles estudiados en el presente proyecto

10. TÚNEL ESTANCO

Como ya se ha comentado, los túneles de Hoyas y La Puebla se excavarán bajo ambiente saturado en agua. Esto conllevará a que la sección del túnel en mina se diseñe mediante una sección tipo estancia, donde no se permita el drenaje del agua, salvo en circunstancias muy especiales.

Estas circunstancias especiales son aquellas en las cuales el nivel freático supera una determinada cota de nivel de altura de agua y para cumplir con los requisitos de cálculo de la sección estanca del proyecto, se debe de dar salida al agua. A continuación se desarrolla de forma genérica cómo sería la ejecución de dicho túnel.

Para evitar la entrada de agua por cualquier parte de la sección del túnel en mina, se procede primeramente y antes de realizar el revestimiento armado de la sección, a la ejecución de unas **inyecciones de sectorización**, las cuales se realizarán exclusivamente para diferenciar los distintos sectores hidrogeológicos.

Las inyecciones de sectorización consisten en unas inyecciones de doble corona con taladros de 51 mm de 5 m de longitud en malla de 1(L)x1(T). Dichas inyecciones de sectorización se realizarán exclusivamente para diferenciar los distintos sectores hidrogeológicos.

Esta corona de sectorización hará que los flujos de agua queden compartimentados cada 100 m sin conexión hidráulica entre ellos y el flujo de agua vaya únicamente en un solo sentido.

Complementariamente a este tratamiento se proyecta la colocación en el trasdós del revestimiento de una lámina de material drenante con una lámina de PVC de 2 mm de espesor. Sobre esta lámina de PVC se dispondrá un geotextil con la única misión de proteger la misma frente al punzonamiento.

La lámina drenante cumplirá las siguientes características esenciales:

- Elevada permeabilidad (capacidad de drenaje del orden de 1l/s por metro de lámina)
- Alta resistencia al aplastamiento (al menos 300kPa)
- Elevada rigidez en el plano perpendicular a la lámina.

Tanto las inyecciones de sectorización como la lámina del material drenante y lámina de PVC se ejecutarán **a lo largo de todo el perímetro de la sección**, en toda la longitud del túnel.

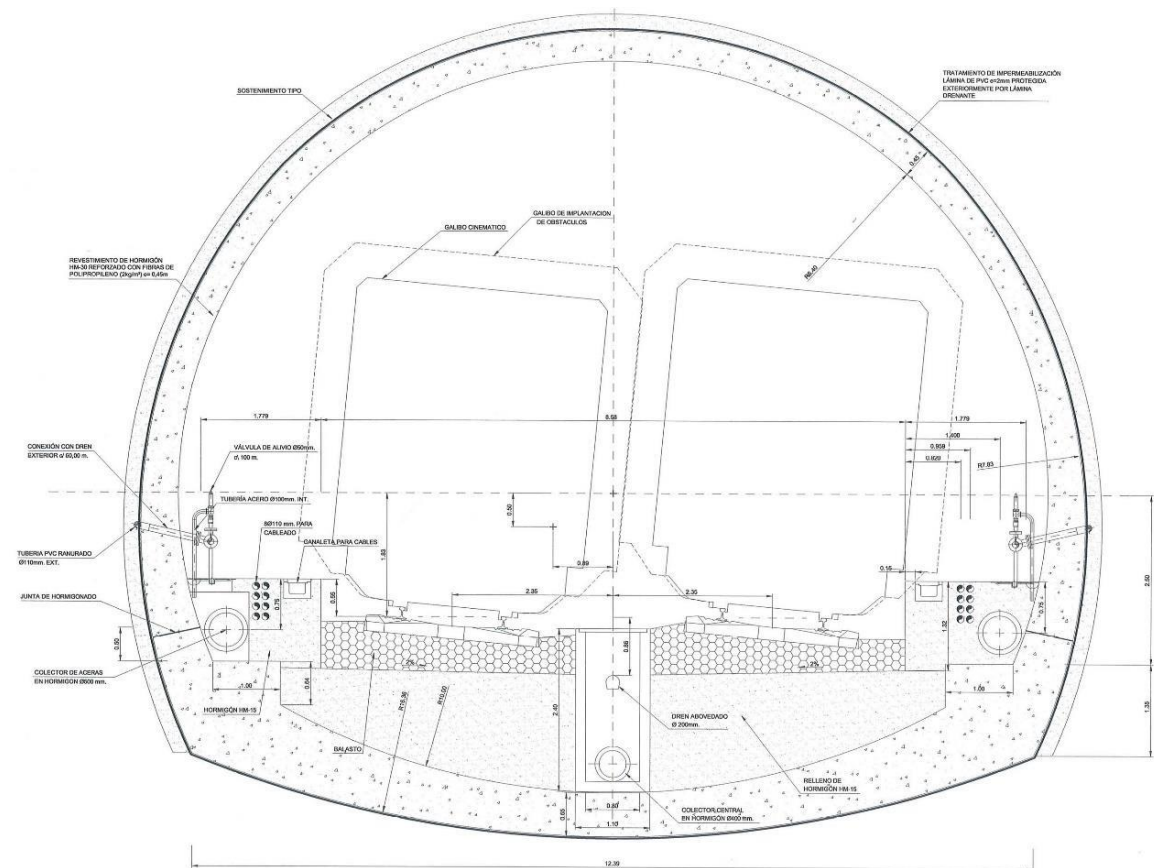


Figura 33. Ejemplo de sección tipo estanca con sistema de alivio de sobrepresiones. Fuente: Proyecto de construcción de plataforma de la línea de Alta Velocidad Vitoria – Bilbao - San Sebastián.

Adicionalmente, para mayor control del sistema, si las prestaciones que se exigen a la impermeabilización de los túneles son especialmente elevadas, se dota al mismo de un mecanismo de control y tratamiento en caso de fallo del mismo.

Este sistema pretende crear sectores independientes mediante la colocación de juntas waterstop termosoldadas a la lámina de PVC de la impermeabilización principal. Estas juntas quedarán embebidas en el revestimiento de hormigón y se dispondrán longitudinalmente a lo largo de todo el túnel en el contacto muretes/hastiales y de modo circunferencial cada 12 m, coincidiendo con las juntas de hormigonado o longitud del carro que se utilice.

Los sectores de impermeabilización así delimitados se equiparán con tubos de inyección instalados a través del revestimiento. Estos tubos de inyección servirán para detectar eventuales fugas, a la vez de permitir el tratamiento mediante la inyección de resinas bicomponente.

Las siguientes figuras muestran la disposición y soldadura de estas juntas waterstop. Y también muestra los tubos propuestos para la inyección en trasdós de revestimiento, los cuales se soldarán puntualmente a la lámina de PVC.



Figura 34. Ejemplos de disposición y soldadura de juntas waterstop.

Finalmente, el sistema de impermeabilización puede resultar ineficiente si por el cruce de tubos o tomas de tierra, éste resulta perforado y no se da ningún tipo de tratamiento a esa zona. Para resolver este aspecto, se prevé la solución con elementos similares a los tubos de inyección antes comentados. Se trata de emplear también tubos tipo trumpet o, lo que es lo mismo, ejecutar un tratamiento equivalente consistente en una corona o arandela de PVC soldada térmicamente a la lámina de PVC principal y, posteriormente embridada al tubo pasante, interponiendo como medida adicional masilla de poliuretano expansiva. En la figura siguiente se muestra un esquema de la propuesta.

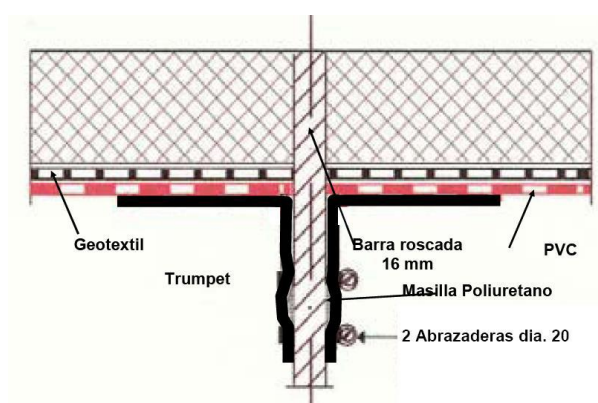


Figura 35. Esquema de la solución propuesta.

En fases posteriores, donde el estudio hidrogeológico sea más detallado, se deberá acotar la necesidad de proyectar un túnel estanco y en caso de ser necesario, acotar la longitud de túnel donde deba ser aplicado, así como la exigencia de un sistema de alivio de sobrepresiones.

11. AUSCULTACIÓN

El presente apartado tiene como objeto servir de base para el desarrollo del futuro Plan de Auscultación que deberá quedar definido en fases posteriores, adaptándolo en detalle a la construcción de la obra.

La auscultación tiene como finalidad controlar los movimientos de las estructuras, así como el comportamiento de los terrenos anejos, durante las distintas fases de construcción.

Para cumplir tales objetivos se instalarán los instrumentos y sistemas de auscultación que, en cada momento, informen de las reacciones con las que el terreno, estructuras e instalaciones, responden a las distintas fases constructivas que se lleven a cabo.

11.1. MAGNITUDES A CONTROLAR E INSTRUMENTOS

En el caso del trazado propuesto, las distintas magnitudes a controlar serían las siguientes:

- Comportamiento estructural del revestimiento del túnel. Para ello se instalarán secciones instrumentadas formadas por células de presión en clave y contrabóveda, y extensómetros de cuerda vibrante. Llevarán asociadas una sección de convergencias formada por 5 puntos de control, uno en clave y dos en cada hastial para el seguimiento de las deformaciones del terreno sobre el túnel.
- Movimientos en el terreno. El control de los movimientos en el terreno en profundidad se realizará mediante la instalación de extensómetros de varillas desde el interior del túnel, sobre todo en las zonas de peor calidad geotécnica, para verificar las condiciones de estabilidad del terreno circundante. También se instalarán inclinómetros para comprobar si se están produciendo movimientos horizontales que puedan generar subsidencias en el entorno, sobre todo si existen estructuras próximas al túnel. Los movimientos del terreno en superficie se controlarán mediante la instalación de hitos de nivelación que serán controlados mediante topografía de precisión.

Movimientos en los edificios o estructuras existentes. El control de los movimientos que sufran los edificios o estructuras existentes durante la excavación será de importancia vital, por la repercusión social y económica que puede suponer la aparición de desperfectos en los mismos a causa de la subsidencia. Los parámetros fundamentales a controlar serán:

- Movimientos verticales, mediante la instalación de regletas en fachada.
- Giros, mediante la instalación de desplomes.
- Evolución del tamaño de grietas, ya sean existentes o de nueva aparición.
- Nivel freático. Las variaciones en el nivel freático, sobre todo cuando se producen depresiones del mismo, originará un cambio de volumen en el suelo, que se suele manifestar en forma de movimientos verticales en la superficie (subsidencias). Para controlar las variaciones del nivel freático se instalarán piezómetros.

A continuación, se expone un cuadro resumen con las magnitudes que serán controladas y los instrumentos que se emplearán para ello:

	MAGNITUDES A CONTROLAR	SENSORES
COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DEL REVESTIMIENTO DEL TÚNEL	Esfuerzos en el revestimiento-sostenimiento.	Células de presión total.
	Deformaciones del revestimiento-sostenimiento.	Extensómetros de cuerda vibrante.
	Empuje del terreno sobre el revestimiento-sostenimiento.	Pernos de convergencia.
MOVIMIENTOS DEL TERRENO	Movimientos en profundidad del terreno.	Extensómetros de varillas Inclinómetros
	Movimientos en superficie	Verticales: Hitos de nivelación
MOVIMIENTOS EN EDIFICIOS O ESTRUCTURAS EXISTENTES	Movimientos verticales	Regletas de nivelación
	Movimientos de giro	Desplomes
	Evolución de fisuras	Fisurómetros
NIVEL FREÁTICO	Variaciones del nivel freático	Piezómetros

Tabla 27. Resumen de las magnitudes a controlar y de los correspondientes instrumentos.

11.2. SECCIONES DE INSTRUMENTACIÓN

11.2.1. Túnel convencional

Durante la excavación con métodos convencionales, se propone la instalación se secciones de instrumentación en túnel (ST) formadas por los siguientes dispositivos:

- 3 Células de presión en bóveda y 3 en contrabóveda
- 6 Extensómetros de cuerda vibrante doble (trasdós e intradós) junto con las células de presión
- 5 Pernos de convergencia combinados (miniprisma+perno), uno en clave y dos en cada hastial.

Cuando las condiciones geotécnicas sean peores, como por ejemplo en las zonas de falla, y siempre que se emplee el sostenimiento tipo IV, se hará coincidir al menos una de estas secciones, a la cual podrá añadirse una sección de extensómetros de varillas. De esta forma se obtiene una sección de instrumentación en túnel intensificada (STI) que permitirá tener un conocimiento exhaustivo de las condiciones del túnel y del terreno circundante.

A lo largo de la excavación de todo el túnel se dispondrán secciones de convergencias cada 25 metros formadas por 5 puntos de control, uno en clave y dos en cada hastial (SC).

Cuando sea necesario emplear el sostenimiento tipo IV, las secciones de convergencias de dispondrán cada 10 metros durante todo el tramo afectado por dicho sostenimiento.

La ubicación exacta de las secciones de convergencias y secciones intensificadas se realizará según el avance de obra y en función de la calidad de los materiales encontrados durante la excavación.

11.2.2. Edificios y estructuras existentes

Por norma general, se colocarán regletas en los edificios más próximos, así como en los que estén en la cubeta de asientos, o tengan alturas elevadas. Además, para medir el desplome que puedan sufrir, se instalarán dos miniprismas en la vertical.

En el caso de fisuras existentes o de nueva aparición, se instalarán fisurómetros de control para medir la evolución de las mismas durante la obra.

11.3. Definición de umbrales y frecuencias

Atendiendo al criterio de movimientos admisibles, se clasifican los niveles de riesgo de cara a establecer la frecuencia de lecturas de los instrumentos y para considerar las posibles medidas de actuación. Tanto los umbrales como las frecuencias quedarán definidos en fases posteriores a este estudio informativo, siendo de carácter orientativo la clasificación que se muestra a continuación:

NIVEL DE RIESGO	TÚNEL/ESTRUCTURAS EN EJECUCIÓN	EDIFICIOS/INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES	MOVIMIENTO DEL TERRENO(SECCIONES INSTRUMENTADAS)
VERDE	La excavación está estabilizada	Los movimientos inducidos en edificaciones y servicios no superan el umbral menos restrictivo.	El terreno se comporta según lo previsto y los movimientos medidos son aceptables
ÁMBAR	La excavación no se comporta según lo previsto, pero tiende a la estabilización	Los movimientos inducidos a cota de cimentación que superan el límite establecido, sin alcanzar, en su punto pésimo, los niveles de deformación equivalentes al umbral "rojo".	Los movimientos medidos sobrepasan los valores aceptables, pero tienden a estabilizarse
ROJO	La situación supera los límites considerados como aceptables y la excavación no está estabilizada	Los movimientos inducidos a cota de cimentación superan los establecidos para el umbral "rojo".	Los movimientos medidos sobrepasan los valores aceptables, y no se estabilizan

Tabla 28. Definición de niveles de riesgo y alarmas

11.4. MEDIDAS DE ACTUACIÓN

Una vez establecidos los umbrales de control y la frecuencia de lecturas, se deberán prever medidas de actuación en cada caso. A continuación se proponen unos criterios generales, que serán válidos para todos los métodos constructivos y deberán concretarse con la correspondiente aprobación de la Dirección de Obra.

UMBRAL DE CONTROL	MEDIDAS DE ACTUACIÓN
VERDE	Seguir con el control de movimientos establecido por el Plan de Auscultación de la Obra.
AMBAR	Incrementar la frecuencia de lecturas evaluando la situación a partir de la velocidad de variación del parámetro registrado. Efectuar una inspección visual somera. Continuar con el proceso de ejecución de las obras según lo previsto.
ROJO	Establecer un análisis específico de la situación, instalando instrumentación complementaria si fuera preciso. Revisión del proceso constructivo para introducir modificaciones en el mismo, si es posible. Valorar la necesidad de introducir medidas correctoras, refuerzo o protección de las estructuras o elementos afectados.

Tabla 29. Medidas de actuación según los umbrales de control

11.5. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y ELABORACIÓN DE INFORMES

Los resultados de la auscultación serán incorporados diariamente y a medida que se vayan generando, a las bases de datos u hojas de cálculo correspondientes para su procesado inmediato y almacenamiento, de manera que en cualquier momento puedan ser consultados.

Una vez analizada dicha información, se emitirá un informe con la periodicidad definida en el Plan de Auscultación que recogerá toda la información actualizada hasta la fecha de emisión del informe y con los datos a origen.

Esta información se emitirá en forma de tablas y gráficas, y deberá ir acompañada de una valoración de los resultados en relación a los umbrales de control. Además, y junto a los resultados, deberán adjuntarse unos planos donde se defina la situación de la instrumentación, y esquemas relativos al avance de las obras.

12. SEGURIDAD EN TÚNELES

Las normas aplicadas en España en relación con la seguridad en los túneles ferroviarios son:

- La Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa a «la seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario transeuropeo convencional y de alta velocidad.
- Borrador de la Instrucción para el proyecto y construcción del subsistema de Infraestructura Ferroviaria (IFI-2011)

El enfoque de la normativa en vigor, incluyendo la ETI «Seguridad en los túneles ferroviarios» se refiere ante todo a la protección de las vidas humanas. Establece una serie de medidas que permiten evacuar a los pasajeros en condiciones de seguridad adecuadas en caso de incidente, así como el acceso a los servicios de emergencia.

La resistencia al hundimiento de la infraestructura está por lo tanto dimensionada tanto para asegurar la evacuación de los pasajeros y del personal como también el acceso a los servicios de emergencia.

A continuación, se indica cada una de las características necesarias a tener por cada uno de los aspectos relacionados anteriormente. Se señala el artículo de la mencionada **ETI de Seguridad en Túneles** que hace referencia a cada aspecto:

Art. 4.2.1.1. Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas: Esta especificación se aplicará a todos los túneles.

- a) Se debe impedir el acceso no autorizado a las salas técnicas.
- b) Cuando se bloqueen las salidas de emergencia por motivos de seguridad, debe garantizarse que siempre se puedan abrir desde dentro.

Art. 4.2.1.2. Resistencia al fuego de las estructuras del túnel: Esta especificación se aplicará a todos los túneles:

- a) Esta especificación se aplica a los productos y materiales de construcción del interior de los túneles.
- b) El material de construcción del túnel cumplirá los requisitos de la clase A2 de la Decisión 2000/147/CE de la Comisión. Los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B de la Decisión 2000/147/CE de la Comisión.
- c) Se enumerarán los materiales que no contribuyan significativamente a una carga de fuego. Dichos materiales no están obligados a cumplir con lo anteriormente mencionado.

Art. 4.2.1.3. Reacción al fuego de los materiales de construcción: Esta especificación se aplica a todos los túneles:

- a) Esta especificación se aplica a los productos y materiales de construcción del interior de los túneles.

- b) El material de construcción del túnel cumplirá los requisitos de la clase A2 de la Decisión 2000/147/CE de la Comisión. Los paneles no estructurales y demás equipamiento cumplirán los requisitos de la clase B de la Decisión 2000/147/CE de la Comisión.
- c) Se enumerarán los materiales que no contribuyan significativamente a una carga de fuego. Dichos materiales no están obligados a cumplir con lo anteriormente mencionado.

Art. 4.2.1.4. Detección de incendios en las salas técnicas: Esta especificación se aplicará a túneles de más de 1 km de longitud. Las salas técnicas estarán equipadas con detectores que alerten al administrador de la infraestructura en caso de incendio.

Art. 4.2.1.5.1. Zona Segura: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

- a) Una zona segura permitirá la evacuación de los trenes que utilicen el túnel. Tendrá una capacidad acorde con la capacidad máxima de los trenes que se prevea que circulen en la línea donde se localiza el túnel.
- b) La zona segura garantizará condiciones de supervivencia para pasajeros y personal del tren durante el tiempo necesario para realizar una evacuación completa desde la zona segura hasta el lugar seguro final.
- c) En caso de zonas seguras subterráneas o submarinas, las instalaciones permitirán que las personas se desplacen desde la zona segura hasta la superficie sin tener que volver a entrar en el tubo afectado del túnel.
- d) El diseño de una zona segura y su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto-evacuación.

Art. 4.2.1.5.2 Acceso a la zona segura: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

- a) Las zonas seguras serán accesibles para las personas que inicien la auto-evacuación desde el tren, así como para los servicios de intervención en emergencias.
- b) Se elegirá una de las siguientes soluciones para el acceso desde el tren hasta la zona segura:
 - 1) salidas de emergencia a la superficie laterales y/o verticales. Deberá haber este tipo de salidas, como mínimo, cada 1.000 m;
 - 2) galerías de conexión transversales entre tubos independientes y contiguos del túnel que permitan utilizar el tubo contiguo del túnel como zona segura. Deberán disponerse estas galerías transversales, como mínimo, cada 500 m;
 - 3) se permiten soluciones técnicas alternativas que proporcionen una zona segura con un nivel de seguridad, como mínimo, equivalente. El nivel de seguridad equivalente

para pasajeros y personal del tren se verificará mediante el método común de seguridad para la evaluación del riesgo.

- c) Las puertas de acceso desde el pasillo de evacuación a la zona segura tendrán una abertura libre de al menos 1,4 m de ancho por 2 m de alto. De manera alternativa, se permite utilizar múltiples puertas contiguas de menor anchura siempre que se verifique que la capacidad total de paso de personas es equivalente o superior.
- d) Una vez atravesadas las puertas, la abertura libre deberá seguir siendo de al menos 1,5 m de ancho por 2,25 m de alto.
- e) Se describirá en el plan de emergencia el modo en que los servicios de intervención en emergencias accederán a la zona segura.

Art. 4.2.1.5.3. Medios de comunicación en zonas seguras: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud. La comunicación será posible, bien por teléfono móvil, bien mediante conexión fija, entre las zonas seguras subterráneas y el centro de control del administrador de la infraestructura.

Art. 4.2.1.5.4. Alumbrado de emergencia en las rutas de evacuación: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 0,5 km de longitud.

- a) Se instalará alumbrado de emergencia para guiar a los pasajeros y al personal del tren hacia una zona segura en caso de emergencia.
- b) La iluminación deberá cumplir los siguientes requisitos:
 - 1) en tubo de vía única: en el lado del pasillo de evacuación;
 - 2) en tubo de vías múltiples: en ambos lados del tubo;
 - 3) posición de las luces:
 - Por encima del pasillo de evacuación, lo más bajo posible, y de forma que no interrumpan el espacio libre para el paso de personas, o bien integradas en los pasamanos;
 - la iluminancia deberá mantenerse en el tiempo en al menos 1 lux en cualquier punto del plano horizontal a nivel del pasillo.
- c) Autonomía y fiabilidad: deberá disponerse de un suministro eléctrico alternativo durante un período de tiempo apropiado tras la interrupción del suministro eléctrico principal. El tiempo requerido deberá adecuarse a los escenarios de evacuación y estar definido en el plan de emergencia.
- d) Si las luces de emergencia se desconectan en condiciones normales de funcionamiento, será posible encenderlas por los dos medios siguientes:
 - 1) manualmente desde el interior del túnel a intervalos de 250 m;

2) por el explotador del túnel mediante control remoto.

Art.4.2.1.5.5. Señalización de evacuación: Esta especificación se aplica a todos los túneles.

- a) La señalización de la evacuación indicará las salidas de emergencia, la distancia a la zona segura y la dirección hacia esta.
- b) Todas las señales se ajustarán a las disposiciones de la Directiva 92/58/CEE, de 24 de junio de 1992, relativa a las disposiciones en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo y a lo especificado en el apéndice A, índice no 1.
- c) Las señales de evacuación se instalarán en los hastiales a lo largo de los pasillos de evacuación.
- d) La distancia máxima entre las señales de evacuación será 50 m.
- e) Se instalarán señales en el túnel para indicar la posición del equipamiento de emergencia, en los lugares donde esté situado dicho equipamiento.
- f) Todas las puertas que conduzcan a salidas de emergencia o galerías de conexión transversal estarán señalizadas.

Art. 4.2.1.6. Pasillos de evacuación: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 0,5 km de longitud.

- a) Se construirán pasillos de evacuación en los túneles de vía única, como mínimo, a un lado de la vía, y en los túneles de vías múltiples, a ambos lados del túnel. En los túneles con más de dos vías, será posible el acceso a un pasillo de evacuación desde cada vía.
 - 1) La anchura del pasillo de evacuación será de al menos 0,8 m.
 - 2) La altura libre mínima por encima del pasillo de evacuación será de 2,25 m.
 - 3) La altura del pasillo estará al nivel de la parte superior del carril o incluso más alto.
 - 4) Se evitarán estrechamientos locales provocados por obstáculos dentro del gálibo de evacuación. La presencia de obstáculos no reducirá la anchura mínima a menos de 0,7 m y la longitud del obstáculo no superará los 2 m.
- b) Se instalarán pasamanos continuos entre 0,8 m y 1,1 m por encima del pasillo que marquen el rumbo hacia una zona segura.
 - 1) Los pasamanos se colocarán fuera del gálibo libre mínimo del pasillo de evacuación.
 - 2) Los pasamanos formarán un ángulo entre 30° y 40° respecto al eje longitudinal del túnel a la entrada y a la salida del obstáculo.

Art. 4.2.1.7. Puntos de lucha contra incendios: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

- a) A los efectos de la presente cláusula, dos o más túneles consecutivos serán considerados como un túnel único, a menos que se cumplan las dos condiciones siguientes:
 - 1) la separación a cielo abierto entre ellos supere en más de 100 m la longitud máxima del tren que vaya a circular en la línea, y
 - 2) el área a cielo abierto alrededor de la vía y su situación respecto de esta, en el tramo de separación entre los dos túneles, permiten a los pasajeros alejarse del tren hacia un espacio seguro. El espacio seguro deberá tener un tamaño suficiente para acoger a todos los pasajeros correspondientes al tren de mayor capacidad que se prevea que va a circular por la línea.
- b) Se crearán puntos de lucha contra incendios:
 - 1) fuera de ambas bocas de todos los túneles de menos de 1 km, y
 - 2) dentro del túnel, según la categoría del material rodante previsto para circular, tal y como se resume en el siguiente cuadro:

Longitud del túnel	Categoría del material rodante con arreglo al apartado 4.2.3	Distancia máxima desde las bocas hasta un punto de lucha contra incendios y entre dos de ellos
1 a 5 km	Categoría A o B	No se requiere ningún punto de lucha contra incendios
5 a 20 km	Categoría A	5 km
5 a 20 km	Categoría B	No se requiere ningún punto de lucha contra incendios
más de 20 km	Categoría A	5 km
más de 20 km	Categoría B	20 km

Tabla 30. Disposición de los puntos de lucha contra incendios con respecto a la longitud del túnel ya la categoría del material rodante.

- c) Requisitos para todos los puntos de lucha contra incendios:
 - 1) los puntos de lucha contra incendios estarán equipados con suministro de agua (de al menos 800 l/min durante dos horas) cerca de los puntos previstos para la detención del tren. El método de suministro del agua se describirá en el plan de emergencia;
 - 2) se deberá indicar al maquinista del tren el punto previsto para la detención del tren. Esto no requerirá equipamiento específico a bordo (todos los trenes que cumplan la presente ETI podrán usar el túnel);

- 3) los puntos de lucha contra incendios serán accesibles a los servicios de intervención en emergencias. En el plan de emergencia se describirá la forma en que los servicios de intervención en emergencias accederán al punto de lucha contra incendios y desplegarán el equipo;
 - 4) se podrá interrumpir la alimentación eléctrica de tracción y poner a tierra la instalación eléctrica en los puntos de lucha contra incendios, ya sea de forma presencial o por control remoto.
- d) Requisitos de los puntos de lucha contra incendios situados fuera de las bocas del túnel. Además de los requisitos descritos en la cláusula 4.2.1.7, letra c), los puntos de lucha contra incendios fuera de las bocas del túnel cumplirán las siguientes condiciones:
- 1) La zona a cielo abierto en torno al punto de lucha contra incendios dispondrá de una superficie de al menos 500 m².
- e) Requisitos de puntos de lucha contra incendios dentro del túnel. Además de los requisitos descritos en la cláusula 4.2.1.7, letra c), los puntos de lucha contra incendios dentro del túnel cumplirán las siguientes condiciones:
- 1) se podrá acceder a una zona segura desde el punto de detención del tren. En las dimensiones de la ruta de evacuación hacia la zona segura se deberá considerar el tiempo de evacuación (según lo especificado en la cláusula 4.2.3.4.1) y la capacidad prevista de los trenes (mencionada en la cláusula 4.2.1.5.1) que vayan a circular por el túnel. Se deberá demostrar que el tamaño de la ruta de evacuación resulta adecuado;
 - 2) la zona segura asociada con el punto de lucha contra incendios tendrá una superficie suficiente para que los pasajeros esperen de pie hasta ser evacuados a una zona segura final;
 - 3) existirá un acceso al tren afectado para los servicios de intervención en emergencias sin que tengan que atravesar la zona segura ocupada;
 - 4) el diseño del punto de lucha contra incendios y de su equipamiento deberá tener en cuenta el control de humos para, en particular, proteger a las personas que utilicen las instalaciones de auto-evacuación para acceder a la zona segura.

Art. 4.2.1.8. Comunicaciones de emergencia: Esta especificación se aplica a todos los túneles de más de 1 km de longitud.

- a) Deberá haber comunicación por radio entre el tren y el centro de control del administrador de la infraestructura en cada túnel, mediante GSM-R.

Asimismo, tendrá que haber continuidad por radio para que los servicios de intervención en emergencias se comuniquen in situ con sus centros de mando. El sistema permitirá que los servicios de intervención en emergencias puedan usar su propio equipo de comunicación.

13. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS

13.1. COSTES DE SOSTENIMIENTOS

Para realizar la valoración económica se ha establecido una tramificación de los túneles de las distintas alternativas. Esta tramificación se ha realizado en función de las características geológico-geotécnicas del terreno. Cada tramo lleva asignado una sección tipo de sostenimiento, con su coste por metro lineal. A continuación, se muestran una serie de tablas con dichos costes de sostenimiento para cada túnel y alternativa estudiada.

En el caso concreto del tramo Pancorbo – Vitoria, se presentan los 3 casos posibles, cuya combinación dan lugar a las 6 variantes que se estudian en el Proyecto Informativo.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	RMR	TIPO SOSTENIMIENTO	PRECIO m/I	COSTE PARCIAL
CENTRO	HOYAS	14+380,0	16+332,0	1952	105	T16	14+380	14+410	30	40-50	ST-II	14.455,38 €	433.661,40 €
						C5	14+410	15+750	1340	40-50	ST-II	14.455,38 €	19.370.209,20 €
						ZF	15+750	15+760	10	30-40	ST-IV	36.186,88 €	361.868,80 €
						C5	15+760	16+270	510	40-50	ST-II	14.455,38 €	7.372.243,80 €
						ZF	16+270	16+280	10	30-40	ST-IV	36.186,88 €	361.868,80 €
						T1	16+280	16+332	52	40-50	ST-II	14.455,38 €	751.679,76 €
	CARRAMONTE	30+617,0	31+019,0	402	85	T12	30+617	31+019	402	40	ST-II	12.564,21 €	5.050.810,47 €

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	RMR	TIPO SOSTENIMIENTO	PRECIO m/I	COSTE PARCIAL
OESTE	CARRASQUILLA	16+520,0	18+366,0	1846	105	C9	16+520	18+366	1846	50-60	ST-I	10.525,72 €	19.430.479,12 €
	RUBLACEDO	23+798,0	25+000,0	1202	105	T15	23+798	25+000	1202	40-50	ST-II	14.455,38 €	17.375.366,76 €

Tabla 31. Resumen de Costes de Sostenimiento en las Alternativas Centro y Oeste.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	RMR	TIPO SOSTENIMIENTO	PRECIO m/l	COSTE PARCIAL
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 1	PANCORBO	0+292,0	4+188,0	3896	85	T9	0+292	0+670	378	40-50	ST-II	12.564,21 €	4.749.269,55 €
						T3	0+670	1+550	880	50-60	ST-I	9.082,78 €	7.992.846,02 €
						ZF	1+550	1+570	20	30-40	ST-IV	31.282,73 €	625.654,69 €
						C5	1+570	1+605	35	60-70	ST-I	9.082,78 €	317.897,28 €
						ZF	1+605	1+615	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C4	1+615	1+630	15	50-60	ST-I	9.082,78 €	136.241,69 €
						C2	1+630	1+700	70	60-70	ST-I	9.082,78 €	635.794,57 €
						C1	1+700	1+780	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						J1	1+780	1+870	90	60-70	ST-I	9.082,78 €	817.450,16 €
						ZF	1+870	1+880	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						J1	1+880	1+960	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						C1	1+960	2+035	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						ZF	2+035	2+045	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C1	2+045	2+120	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						C2	2+120	2+150	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C3	2+150	2+180	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C4	2+180	2+240	60	50-60	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C5	2+240	2+440	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €
						C6	2+440	2+490	50	50-60	ST-I	9.082,78 €	454.138,98 €
						C11	2+490	2+540	50	40-50	ST-II	12.564,21 €	628.210,26 €
						T1	2+540	2+570	30	40-50	ST-II	12.564,21 €	376.926,15 €
						C11	2+570	2+610	40	40-50	ST-II	12.564,21 €	502.568,21 €
						T1	2+610	2+630	20	40-50	ST-II	12.564,21 €	251.284,10 €
						C11	2+630	2+690	60	40-50	ST-II	12.564,21 €	753.852,31 €
						C6	2+690	2+715	25	50-60	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						ZF	2+715	2+725	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C5	2+725	2+840	115	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.044.519,65 €
						C4	2+840	2+850	10	50-60	ST-I	9.082,78 €	90.827,80 €
						C3	2+850	2+880	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C2	2+880	2+920	40	60-70	ST-I	9.082,78 €	363.311,18 €
						C1	2+920	2+980	60	60-70	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C2	2+980	3+065	85	60-70	ST-I	9.082,78 €	772.036,26 €
						ZF	3+065	3+075	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C3	3+075	3+100	25	60-70	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						C4	3+100	3+120	20	50-60	ST-I	9.082,78 €	181.655,59 €
						C5	3+120	3+340	220	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.998.211,50 €
						C6	3+340	3+450	110	60-70	ST-I	9.082,78 €	999.105,75 €
						C11	3+450	3+620	170	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.544.072,53 €
						T1	3+620	3+700	80	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.005.136,41 €
						C11	3+700	3+900	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €
						T2	3+900	4+045	145	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.821.809,75 €

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG.	SECCIÓN (m2)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	RMR	TIPO	PRECIO m/I	COSTE PARCIAL
						ZF	4+045	4+055	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						T2	4+055	4+120	65	40-50	ST-II	12.564,21 €	816.673,33 €
						K1	4+055	4+188	133	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.671.039,28 €
	AMEYUGO	5+635,0	6+200,0	565	105	C2	5+635	5+730	95	60-70	ST-I	10.525,72 €	999.943,40 €
						C3	5+730	5+770	40	60-70	ST-I	10.525,72 €	421.028,80 €
						C4	5+770	5+930	160	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.684.115,20 €
						C5	5+930	6+020	90	60-70	ST-I	10.525,72 €	947.314,80 €
						C6	6+020	6+200	180	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.894.629,60 €
	AMEYUGO II	6+800,0	7+350,0	550	105	T20	6+800	7+350	550	40	ST-II	14.455,38 €	7.950.459,00 €
	QUINTANILLA VIA IZD	21+850,0	23+765,0	1915	52	T4	21+850	22+060	210	50-60	ST-I	6.691,63 €	1.405.241,70 €
						T17	22+060	22+490	430	50-60	ST-I	6.691,63 €	2.877.399,68 €
						T18	22+490	23+765	1275	40-50	ST-II	9.433,46 €	12.027.661,60 €
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+860,0	23+735,0	1875	52	T4	21+860	22+070	0+210	50-60	ST-I	6.691,63 €	1.405.241,70 €
						T17	22+070	22+500	430	50-60	ST-I	6.691,63 €	2.877.399,68 €
						T18	22+500	23+735	1235	40-50	ST-II	9.433,46 €	11.650.323,20 €
	MANZANOS VIA IZD	24+100,0	24+532,0	432	52	T18	24+100	24+532	432	40-50	ST-II	9.433,46 €	4.075.254,75 €
	MANZANOS VIA DRCHA	24+113,0	24+545,0	432	52	T18	24+113	24+545	432	40-50	ST-II	9.433,46 €	4.075.254,75 €
	LA PUEBLA	30+825,0	33+560,0	2735	105	T7	30+825	31+400	575	40-50	ST-II	14.455,38 €	8.311.843,50 €
						C10	31+400	33+560	2160	50-60	ST-I	10.525,72 €	22.735.555,20 €

Tabla 32. Resumen de Costes de Sosténimiento en la Alternativa Variante Exterior de Miranda 1.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m2)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (M)	RMR	TIPO SOSTENIMIENTO	PRECIO m/I	COSTE PARCIAL
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 2	PANCORBO	0+292,0	4+188,0	3896	85	T9	0+292	0+670	378	40-50	ST-II	12.564,21 €	4.749.269,55 €
						T3	0+670	1+550	880	50-60	ST-I	9.082,78 €	7.992.846,02 €
						ZF	1+550	1+570	20	30-40	ST-IV	31.282,73 €	625.654,69 €
						C5	1+570	1+605	35	60-70	ST-I	9.082,78 €	317.897,28 €
						ZF	1+605	1+615	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C4	1+615	1+630	15	50-60	ST-I	9.082,78 €	136.241,69 €
						C2	1+630	1+700	70	60-70	ST-I	9.082,78 €	635.794,57 €
						C1	1+700	1+780	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						J1	1+780	1+870	90	60-70	ST-I	9.082,78 €	817.450,16 €
						ZF	1+870	1+880	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						J1	1+880	1+960	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						C1	1+960	2+035	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						ZF	2+035	2+045	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C1	2+045	2+120	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						C2	2+120	2+150	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C3	2+150	2+180	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C4	2+180	2+240	60	50-60	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C5	2+240	2+440	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €
						C6	2+440	2+490	50	50-60	ST-I	9.082,78 €	454.138,98 €
						C11	2+490	2+540	50	40-50	ST-II	12.564,21 €	628.210,26 €
						T1	2+540	2+570	30	40-50	ST-II	12.564,21 €	376.926,15 €
						C11	2+570	2+610	40	40-50	ST-II	12.564,21 €	502.568,21 €
						T1	2+610	2+630	20	40-50	ST-II	12.564,21 €	251.284,10 €
						C11	2+630	2+690	60	40-50	ST-II	12.564,21 €	753.852,31 €
						C6	2+690	2+715	25	50-60	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						ZF	2+715	2+725	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C5	2+725	2+840	115	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.044.519,65 €
						C4	2+840	2+850	10	50-60	ST-I	9.082,78 €	90.827,80 €
						C3	2+850	2+880	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C2	2+880	2+920	40	60-70	ST-I	9.082,78 €	363.311,18 €
						C1	2+920	2+980	60	60-70	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C2	2+980	3+065	85	60-70	ST-I	9.082,78 €	772.036,26 €
						ZF	3+065	3+075	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C3	3+075	3+100	25	60-70	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						C4	3+100	3+120	20	50-60	ST-I	9.082,78 €	181.655,59 €
						C5	3+120	3+340	220	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.998.211,50 €
						C6	3+340	3+450	110	60-70	ST-I	9.082,78 €	999.105,75 €
						C11	3+450	3+620	170	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.544.072,53 €
						T1	3+620	3+700	80	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.005.136,41 €
						C11	3+700	3+900	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €

					T2	3+900	4+045	145	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.821.809,75 €	
					ZF	4+045	4+055	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €	
					T2	4+055	4+120	65	40-50	ST-II	12.564,21 €	816.673,33 €	
					K1	4+055	4+188	133	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.671.039,28 €	
	AMEYUGO	5+635,0	6+200,0	565	105	C2	5+635	5+730	95	60-70	ST-I	10.525,72 €	999.943,40 €
						C3	5+730	5+770	40	60-70	ST-I	10.525,72 €	421.028,80 €
						C4	5+770	5+930	160	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.684.115,20 €
						C5	5+930	6+020	90	60-70	ST-I	10.525,72 €	947.314,80 €
						C6	6+020	6+200	180	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.894.629,60 €
	AMEYUGO II	6+800,0	7+350,0	550	105	T20	6+800	7+350	550	40	ST-II	14.455,38 €	7.950.459,00 €
	QUINTANILLA VIA IZD	21+730,0	23+605,0	1875	52	T4	21+730	22+100	0+370	50-60	ST-I	6.691,63 €	2.475.902,05 €
						T17	22+100	22+550	450	50-60	ST-I	6.691,63 €	3.011.232,22 €
						T18	22+550	23+605	1055	40-50	ST-II	9.433,46 €	9.952.300,38 €
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+732,0	23+607,0	1875	52	T4	21+732	22+110	0+378	50-60	ST-I	6.691,63 €	2.529.435,07 €
						T17	22+110	22+550	440	50-60	ST-I	6.691,63 €	2.944.315,95 €
						T18	22+550	23+607	1057	40-50	ST-II	9.433,46 €	9.971.167,30 €
	MANZANOS VIA IZD	23+968,0	24+400,0	432	52	T18	23+968	24+400	432	40-50	ST-II	9.433,46 €	4.075.254,75 €
	MANZANOS VIA DRCHA	23+978,0	24+410,0	432	52	T18	23+978	24+410	432	40-50	ST-II	9.433,46 €	4.075.254,75 €
	LA PUEBLA	30+945,0	33+425,0	2480	105	T7	30+945	31+550	605	40-50	ST-II	14.455,38 €	8.745.504,90 €
						C10	31+550	33+425	1875	50-60	ST-I	10.525,72 €	19.735.725,00 €

Tabla 32. Resumen de Costes de Sosténimiento en la Alternativa Variante Exterior de Miranda 2.

La combinación de las variantes 1 y 2 dan lugar a las variantes 3 y 4 de la siguiente forma:

ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 3	PANCORBO	común
	AMEYUGO	común
	AMEYUGO II	común
	QUINTANILLA VIA IZD	= var 1
	QUINTANILLA VIA DRCHA	= var 1
	MANZANOS VIA IZD	= var 1
	MANZANOS VIA DRCHA	= var 1
	LA PUEBLA	= var 2

Tabla 33. Resumen de combinación de las variantes en la Alternativa Variante Exterior de Miranda 3.

ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 4	PANCORBO	común
	AMEYUGO	común
	AMEYUGO II	común
	QUINTANILLA VIA IZD	= var 2
	QUINTANILLA VIA DRCHA	= var 2
	MANZANOS VIA IZD	= var 2
	MANZANOS VIA DRCHA	= var 2
	LA PUEBLA	= var 1

Tabla 34. Resumen de combinación de las variantes en la Alternativa Variante Exterior de Miranda 3.

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	SECCIÓN (m²)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	RMR	TIPO SOSTENIMIENTO	PRECIO m/I	COSTE PARCIAL
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 5 Y 6	PANCORBO	0+292,0	4+188,0	3896	85	T9	0+292	0+670	378	40-50	ST-II	12.564,21 €	4.749.269,55 €
						T3	0+670	1+550	880	50-60	ST-I	9.082,78 €	7.992.846,02 €
						ZF	1+550	1+570	20	30-40	ST-IV	31.282,73 €	625.654,69 €
						C5	1+570	1+605	35	60-70	ST-I	9.082,78 €	317.897,28 €
						ZF	1+605	1+615	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C4	1+615	1+630	15	50-60	ST-I	9.082,78 €	136.241,69 €
						C2	1+630	1+700	70	60-70	ST-I	9.082,78 €	635.794,57 €
						C1	1+700	1+780	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						J1	1+780	1+870	90	60-70	ST-I	9.082,78 €	817.450,16 €
						ZF	1+870	1+880	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						J1	1+880	1+960	80	60-70	ST-I	9.082,78 €	726.622,37 €
						C1	1+960	2+035	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						ZF	2+035	2+045	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C1	2+045	2+120	75	60-70	ST-I	9.082,78 €	681.208,47 €
						C2	2+120	2+150	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C3	2+150	2+180	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C4	2+180	2+240	60	50-60	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C5	2+240	2+440	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €
						C6	2+440	2+490	50	50-60	ST-I	9.082,78 €	454.138,98 €
						C11	2+490	2+540	50	40-50	ST-II	12.564,21 €	628.210,26 €
						T1	2+540	2+570	30	40-50	ST-II	12.564,21 €	376.926,15 €
						C11	2+570	2+610	40	40-50	ST-II	12.564,21 €	502.568,21 €
						T1	2+610	2+630	20	40-50	ST-II	12.564,21 €	251.284,10 €
						C11	2+630	2+690	60	40-50	ST-II	12.564,21 €	753.852,31 €
						C6	2+690	2+715	25	50-60	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						ZF	2+715	2+725	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C5	2+725	2+840	115	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.044.519,65 €
						C4	2+840	2+850	10	50-60	ST-I	9.082,78 €	90.827,80 €
						C3	2+850	2+880	30	60-70	ST-I	9.082,78 €	272.483,39 €
						C2	2+880	2+920	40	60-70	ST-I	9.082,78 €	363.311,18 €
						C1	2+920	2+980	60	60-70	ST-I	9.082,78 €	544.966,77 €
						C2	2+980	3+065	85	60-70	ST-I	9.082,78 €	772.036,26 €
						ZF	3+065	3+075	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						C3	3+075	3+100	25	60-70	ST-I	9.082,78 €	227.069,49 €
						C4	3+100	3+120	20	50-60	ST-I	9.082,78 €	181.655,59 €
						C5	3+120	3+340	220	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.998.211,50 €
						C6	3+340	3+450	110	60-70	ST-I	9.082,78 €	999.105,75 €
						C11	3+450	3+620	170	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.544.072,53 €
						T1	3+620	3+700	80	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.005.136,41 €
						C11	3+700	3+900	200	60-70	ST-I	9.082,78 €	1.816.555,91 €
						T2	3+900	4+045	145	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.821.809,75 €

						ZF	4+045	4+055	10	30-40	ST-IV	31.282,73 €	312.827,35 €
						T2	4+055	4+120	65	40-50	ST-II	12.564,21 €	816.673,33 €
						K1	4+055	4+188	133	40-50	ST-II	12.564,21 €	1.671.039,28 €
	AMEYUGO	5+635,0	6+200,0	565	105	C2	5+635	5+730	95	60-70	ST-I	10.525,72 €	999.943,40 €
						C3	5+730	5+770	40	60-70	ST-I	10.525,72 €	421.028,80 €
						C4	5+770	5+930	160	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.684.115,20 €
						C5	5+930	6+020	90	60-70	ST-I	10.525,72 €	947.314,80 €
						C6	6+020	6+200	180	50-60	ST-I	10.525,72 €	1.894.629,60 €
	AMEYUGO II	6+800,0	7+350,0	550	105	T20	6+800	7+350	550	40	ST-II	14.455,38 €	7.950.459,00 €
	QUINTANILLA	21+860,0	23+735,0	1875	105	T4	21+860	22+070	0+210	50-60	ST-I	10.525,72 €	2.210.401,20 €
						T17	22+070	22+500	430	50-60	ST-I	10.525,72 €	4.526.059,60 €
						T18	22+500	23+735	1235	40-50	ST-II	14.455,38 €	17.852.394,30 €
	MANZANOS	24+113,0	24+545,0	432	85	T18	24+113	24+545	432	40-50	ST-II	12.564,21 €	5.427.736,62 €

Variante 5	LA PUEBLA	30+945,0	33+425,0	2480	105	T7	30+945	31+550	605	40-50	ST-II	14.455,38 €	8.745.504,90 €
						C10	31+550	33+425	1875	50-60	ST-I	10.525,72 €	19.735.725,00 €

Variante 6	La Puebla Var 1	30+825,0	33+560,0	2735	105	T7	30+825	31+400	575	40-50	ST-II	14.455,38 €	8.311.843,50 €
						C10	31+400	33+560	2160	50-60	ST-I	10.525,72 €	22.735.555,20 €

Tabla 35. Resumen de Costes de Sostenimiento en las Alternativas Variante Exterior de Miranda 5 y 6.

13.2. COSTES DE EMBOQUILLES Y GALERÍAS DE EVACUACIÓN

Para obtener el resto de costes se ha calculado también un coste medio por metro lineal de galería vehicular y falsos túneles, y un coste medio por unidad de emboquille, tanto del túnel principal como de las galerías de evacuación. En la siguiente tabla se muestran los resultados para los distintos túneles y alternativas estudiadas.

Las variantes 3 y 4 no se incluyen ya que resultan de la combinación de las variantes 1 y 2, según la configuración dispuesta en el apartado anterior.

					EMBOQUILLE											
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	FRONTAL			GALERÍAS EVACUACIÓN			GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)	COSTE m/l	COSTE PARCIAL
					nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial	nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial						
CENTRO	HOYAS	14+380,0	16+332,0	1952	2	103.500,00 €	207.000,00 €	1	51.750,00 €	51.750,00 €	1	15+357,0	16+332,0	975	4.863,81 €	4.742.216,50 €
	CARRAMONTE	30+617,0	31+019,0	402	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	FRONTAL			GALERÍAS EVACUACIÓN			GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)	COSTE m/l	COSTE PARCIAL
					nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial	nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial						
OESTE	CARRASQUILLA	16+520,0	18+366,0	1846	2	103.500,00 €	207.000,00 €	1	51.750,00 €	51.750,00 €	1	17+500	0+400	400	4.863,81 €	1.945.524,72 €
	RUBLACEDO	23+798,0	25+000,0	1202	2	103.500,00 €	207.000,00 €	1	51.750,00 €	51.750,00 €	1	23+798	24+018	220	4.863,81 €	1.070.038,59 €

					EMBOQUILLE											
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	FRONTAL			GALERÍAS EVACUACIÓN			GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)	COSTE m/l	COSTE PARCIAL
					nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial	nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial						
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 1	PANCORBO	0+292,0	4+188,0	3896	2	103.500,00 €	207.000,00 €	4	51.750,00 €	207.000,00 €	1			72	4.863,81 €	350.194,45 €
											2			320	4.863,81 €	1.556.419,77 €
											3			136	4.863,81 €	661.478,40 €
											4			190	4.863,81 €	924.124,24 €
	AMEYUGO	5+635,0	6+200,0	565	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	AMEYUGO II	6+800,0	7+350,0	550	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	QUINTANILLA VIA IZD	21+850,0	23+765,0	1915	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	3	22+350,0	0+015,0	15	3.380,92 €	152.141,40 €
												22+850,0	0+015,0	15		
												23+350,0	0+015,0	15		
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+860,0	23+735,0	1875	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	MANZANOS VIA IZD	24+100,0	24+532,0	432	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	MANZANOS VIA DRCHA	24+113,0	24+545,0	432	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	LA PUEBLA	30+825,0	33+560,0	2735	2	103.500,00 €	207.000,00 €	2	51.750,00 €	103.500,00 €	1	30+825	31+800	975	4.863,81 €	7.660.503,58 €
											2	32+800	0+600	600		

Tabla 36. Resumen de Costes de galerías, falsos túneles y emboquilles en las Alternativas Centro, Oeste y Variante Exterior de Miranda 1.

					EMBOQUILLE											
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	TÚNEL PRINCIPAL			GALERÍAS EVACUACIÓN			GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)	COSTE m/l	COSTE PARCIAL
					nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial	nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial						
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 2	PANCORBO	0+292,0	4+188,0	3896	2	103.500,00 €	207.000,00 €	4	51.750,00 €	207.000,00 €	1			72	4.863,81 €	350.194,45 €
											2			320	4.863,81 €	1.556.419,77 €
											3			136	4.863,81 €	661.478,40 €
											4			190	4.863,81 €	924.124,24 €
	AMEYUGO	5+635,0	6+200,0	565	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	AMEYUGO II	6+800,0	7+350,0	550	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	QUINTANILLA VIA IZD	21+730,0	23+605,0	1875	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	3	22+230,0	0+015,0	15	3.380,92 €	152.141,40 €
												22+730,0	0+015,0	15		
												23+230,0	0+015,0	15		
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+732,0	23+607,0	1875	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	MANZANOS VIA IZD	23+968,0	24+400,0	432	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	MANZANOS VIA DRCHA	23+978,0	24+410,0	432	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	LA PUEBLA	30+945,0	33+425,0	2480	2	103.500,00 €	207.000,00 €	2	51.750,00 €	103.500,00 €	1	30+945	31+920	975	4.863,81 €	7.660.503,58 €
											2	32+800	0+600	600		

Tabla 37. Resumen de Costes de galerías, falsos túneles y emboquilles en la Alternativa Variante Exterior de Miranda 2.

					EMBOQUILLE											
ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	TÚNEL PRINCIPAL			GALERÍAS EVACUACIÓN			GALERÍAS EVACUACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONGITUD (m)	COSTE m/l	COSTE PARCIAL
					nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial	nº	Precio Tratamiento frontal	Coste parcial						
Alternativa Variante Exterior de Miranda 5 y 6	Pancorbo	0+292,0	4+188,0	3896	2	103.500,00 €	207.000,00 €	4	103.500,00 €	414.000,00 €	1			72	4.863,81 €	350.194,45 €
											2			320	4.863,81 €	1.556.419,77 €
											3			136	4.863,81 €	661.478,40 €
											4			190	4.863,81 €	924.124,24 €
	Ameyugo	5+635,0	6+200,0	565	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Ameyugo II	6+800,0	7+350,0	550	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Quintanilla	21+860,0	23+735,0	1875	2	103.500,00 €	207.000,00 €	1	51.750,00 €	51.750,00 €	1	21+855	22+735	880	4.863,81 €	4.280.154,38 €
	Manzanos	24+113,0	24+545,0	432	2	103.500,00 €	207.000,00 €	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Variante 5	La Puebla	30+945,0	33+425,0	2480	2	103.500,00 €	207.000,00 €	2	51.750,00 €	103.500,00 €	1	30+945	31+920	975	4.863,81 €	7.660.503,58 €
											2	32+800	0+600	600		
Variante 6	La Puebla	30+825,0	33+560,0	2735	2	103.500,00 €	207.000,00 €	2	51.750,00 €	103.500,00 €	1	30+825	31+800	975	4.863,81 €	7.660.503,58 €
											2	32+800	0+600	600		

Tabla 38. Resumen de Costes de galerías, falsos túneles y emboquilles en las Alternativas Variante Exterior de Miranda 5 y 6.

13.3. RESUMEN DE COSTES TOTALES

El coste total de ejecución de los túneles, galerías de evacuación, emboquilles, tratamientos especiales y túneles estancos, se resume en la siguiente tabla:

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL POR TÚNEL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
CENTRO	HOYAS	28.651.531,76 €	207.000,00 €	51.750,00 €	4.742.216,50 €		1652	4.922.960,00 €	38.575.458,26 €	45.147.721,35 €
	CARRAMONTE	5.050.810,47 €	207.000,00 €			1.314.452,62 €			6.572.263,09 €	

*Debido a la proximidad del túnel con respecto al frente de materiales evaporíticos (anhidritas y glauberitas) se presupuesta un 25% del túnel en tratamientos de inyecciones de resinas y cementos sulforresistentes en toda la longitud del mismo para evitar crear posibles vías de agua permanentes que provoquen una degradación evolutiva de los materiales.

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
OESTE	CARRASQUILLA	19.430.479,12 €	207.000,00 €	51.750,00 €	1.945.524,72 €				21.634.753,84 €	40.338.909,19 €
	RUBLACEDO	17.375.366,76 €	207.000,00 €	51.750,00 €	1.070.038,59 €				18.704.155,35 €	

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 1	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	147.998.121,68 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €						6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €						8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA IZD	16.310.302,98 €	207.000,00 €		152.141,40 €				16.669.444,38 €	
	QUINTANILLA DRA	15.932.964,58 €	207.000,00 €						16.139.964,58 €	
	MANZANOS IZD	4.075.254,75 €	207.000,00 €						4.282.254,75 €	
	MANZANOS DRA	4.075.254,75 €	207.000,00 €						4.282.254,75 €	
	LA PUEBLA	31.047.398,70 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2735	8.150.300,00 €	47.168.702,28 €	

Tabla 39. Resumen de Costes Totales en las Alternativas Centro, Oeste y Variante Exterior de Miranda 1.

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 2	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	143.313.138,29 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €						6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €						8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA IZD	15.439.434,65 €	207.000,00 €		152.141,40 €				15.798.576,05 €	
	QUINTANILLA DRA	15.444.918,32 €	207.000,00 €						15.651.918,32 €	
	MANZANOS IZD	4.075.254,75 €	207.000,00 €						4.282.254,75 €	
	MANZANOS DRA	4.075.254,75 €	207.000,00 €						4.282.254,75 €	
	LA PUEBLA	28.481.229,90 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2480	7.390.400,00 €	43.842.633,48 €	
		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 3	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	144.672.052,88 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €	0,00 €					6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €	0,00 €					8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA IZD	16.310.302,98 €	207.000,00 €	0,00 €	152.141,40 €				16.669.444,38 €	
	QUINTANILLA DRA	15.932.964,58 €	207.000,00 €	0,00 €					16.139.964,58 €	
	MANZANOS IZD	4.075.254,75 €	207.000,00 €	0,00 €					4.282.254,75 €	
	MANZANOS DRA	4.075.254,75 €	207.000,00 €	0,00 €					4.282.254,75 €	
	LA PUEBLA	28.481.229,90 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2480	7.390.400,00 €	43.842.633,48 €	
		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 4	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	146.639.207,09 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €	0,00 €					6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €	0,00 €					8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA IZD	15.439.434,65 €	207.000,00 €	0,00 €	152.141,40 €				15.798.576,05 €	
	QUINTANILLA DRA	15.444.918,32 €	207.000,00 €	0,00 €					15.651.918,32 €	
	MANZANOS IZD	4.075.254,75 €	207.000,00 €	0,00 €					4.282.254,75 €	
	MANZANOS DRA	4.075.254,75 €	207.000,00 €	0,00 €					4.282.254,75 €	
	LA PUEBLA	31.047.398,70 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2735	8.150.300,00 €	47.168.702,28 €	

Tabla 40. Resumen de Costes Totales en las Alternativas Variante Exterior de Miranda 2, 3 y 4.

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 5	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	138.060.630,51 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €						6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €						8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA DRA	24.588.855,10 €	207.000,00 €	51.750,00 €	4.280.154,38 €				29.127.759,48 €	
	MANZANOS DRA	5.427.736,62 €	207.000,00 €						5.634.736,62 €	
	LA PUEBLA	28.481.229,90 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2480	7.390.400,00 €	43.842.633,48 €	

		TÚNEL PRINCIPAL	EMBOQUILLES		GALERÍAS	TRAT ESPECIALES *	TÚNEL ESTANCO		COSTE TOTAL	COSTE TOTAL POR ALTERNATIVA
		EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO	TÚNEL PRINCIPAL	GALERÍAS DE EVACUACIÓN	EXCAVACIÓN + SOTENIMIENTO		M AFECTADOS	COSTE ADICIONAL IMPERMEABILIZACIÓN ESTANCA		
ALTERNATIVA VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 6	PANCORBO	41.237.793,26 €	207.000,00 €	207.000,00 €	3.492.216,87 €				45.144.010,13 €	141.386.699,31 €
	AMEYUGO	5.947.031,80 €	207.000,00 €						6.154.031,80 €	
	AMEYUGO II	7.950.459,00 €	207.000,00 €						8.157.459,00 €	
	QUINTANILLA DRA	24.588.855,10 €	207.000,00 €	51.750,00 €	4.280.154,38 €				29.127.759,48 €	
	MANZANOS DRA	5.427.736,62 €	207.000,00 €						5.634.736,62 €	
	LA PUEBLA	31.047.398,70 €	207.000,00 €	103.500,00 €	7.660.503,58 €		2735	8.150.300,00 €	47.168.702,28 €	

Tabla 41. Resumen de Costes Totales en las Alternativas Variante Exterior de Miranda 5 y 6.

APÉNDICE 1. TABLA RESUMEN DE DATOS HIDROGEOLÓGICOS PARA CADA TÚNEL PROYECTADO

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
CENTRO	HOYAS	14+380	16+332	1952	960 - 910	C5	14+380.0	14+460.0	80	4.1%	S/D	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	aprox. 952 (AC-S01)	NO	---	---	---	S1-038 (856 m.s.n.m.) POSBLE AFECCIÓN	S1-035 (940 m.s.n.m.), ITGE 10003 (900 m.s.n.m.) POSBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos) POSBLE AFECCIÓN
						FALLA C5	14+460.0	14+470.0	10	0.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	---		NO	---	---	---			
						C5	14+470.0	15+605.0	1135	58.1%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	1135	58.1%	10 - 15 m sobre rasante			
						C3 - C2	15+605.0	15+810.0	205	10.5%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		SÍ	205	10.5%	10-20 m sobre rasante			
						C5	15+810.0	16+230.0	420	21.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	420	21.5%	10-20 m sobre rasante			
						T1	16+230.0	16+332.0	102	5.2%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		SÍ	102	5.2%	5 - 10 m sobre rasante			
	CARRAMONTE	30+617	31+019	402	819 - 812	T12	30+617.0	31+019.0	402	100.0%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	812 (AC-S05)	---	---	---	---	---	S/D (779 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---
OESTE	CARRASQUILLA	16+520	18+366	1846	925 - 932 - 920	C9	16+520.0	18+366.0	1846	100.0%	S/D	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	930 (AO-S01)	NO	---	---	---	NO	NO	SÍ (P. Protección Embotelladora) SIN AFECCIÓN PREVISTA
	RUBLACEDO	23+798	25+000	1202	804 - 779	T15	23+798.0	25+000.0	1202	100.0%	---	PRÁCT. IMPERMEABLE	MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 1	PANCORBO	0+292	4+188	3896	661 - 672	T9	0+292	0+620	328	8.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T3	0+620	1+550	930	23.9%		PRÁCT. IMPERMEABLE	MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					672 - 671	FALLA C3	1+550	1+570	20	0.5%	AC. IGLESIA	ACUIFERO POBRE	MEDIA	---	aprox. 657 (ST-51+020)	NO	---	---	---	Surg. difusas a R. Oroncillo, S3-043 (761 m.s.n.m.), S3-062 (635 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-033 (635 m.s.n.m.), S3-034 (635 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
						C3	1+570	1+605	35	0.9%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						FALLA C3	1+605	1+615	10	0.3%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	---		NO	---	---	---			
						C3	1+615	1+630	15	0.4%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						C2	1+630	1+700	70	1.8%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					670,5	C1	1+700	1+780	80	2.1%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					670,5 - 668,5	J1	1+780	1+870	90	2.3%	AC. JURA. PANCORBO	ACUIFERO	ALTA	SÍ	625 - 630 (ST-51+030, ST-51+280, S-2)	NO	---	---	---	Surg. difusas a R. Oroncillo SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
						FALLA J1	1+870	1+880	10	0.3%		ACUIFERO	ALTA	---		NO	---	---	---			
						J1	1+880	1+960	80	2.1%		ACUIFERO	ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					668,5 - 666,5	C1	1+960	2+035	75	1.9%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						FALLA (*) C1	2+035	2+045	10	0.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						C1	2+045	2+115	70	1.8%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					666,5 - 658	C2	2+115	2+150	35	0.9%	AC. ONTORIA	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	583 - 617 (ST-51+490, ST-51+675)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
						C3	2+150	2+180	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						C4	2+180	2+240	60	1.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
						C5	2+240	2+440	200	5.1%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
						C6	2+440	2+485	45	1.2%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
					658 - 653,5	C11	2+485	2+540	55	1.4%	AC. GARUM. DEL MAZO	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	650 - 640 (ST-51+920, ST-51+920B, S-3, S-4)	---	---	---	---	S3-032 Galería del Túnel Ferroviario (640 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
						T1	2+540	2+570	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		POSIBLEMENTE SÍ	30	0.8%	pocos metros sobre rasante			
						C11	2+570	2+610	40	1.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
						T1	2+610	2+630	20	0.5%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		POSIBLEMENTE SÍ	20	0.5%	pocos metros sobre rasante			
						C11	2+630	2+690	60	1.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
					653,5 - 648,5	C6	2+690	2+715	25	0.6%	S/D (continuación AC. ONTORIA Y OBARENES)	ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ	607 (ST-52+175)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
						FALLA (*) C6	2+715	2+725	10	0.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	---		NO	---	---	---			
						C5	2+725	2+840	115	3.0%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
						C4	2+840	2+850	10	0.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
						C3	2+850	2+880	30	0.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						C2	2+880	2+920	40	1.0%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					648,5 - 646	C1	2+920	2+980	60	1.5%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
					646 - 635	C2	2+980	3+050	70	1.8%	S/D (continuación AC. ONTORIA Y OBARENES)	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	582,5 (ST-52+715)	NO	---	---	---	S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-030 (590 m.s.n.m.), S3-031 (621 m.s.n.m.), S3-048 (666 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-039 (927 m.s.n.m.), S3-040 (906 m.s.n.m.), S3-041 (868 m.s.n.m.), S3-050 (586 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
						C3	3+050	3+065	15	0.4%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						FALLA (*) C3	3+065	3+075	10	0.3%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	---		NO	---	---	---			
						C3	3+075	3+100	25	0.6%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						C4	3+100	3+120	20	0.5%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
						C5	3+120	3+340	220	5.6%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
						C6	3+340	3+450	110	2.8%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
					635 - 623,7	C11	3+450	3+610	160	4.1%	AC. SAGREDO	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	600 - 610 (ST-53+190, ST-53+275, ST-53+470)	---	---	---	---	S3-026 (578 m.s.n.m.), S3-029 (582 m.s.n.m.), S3-049 (594 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-027 (599 m.s.n.m.), S3-028 (583 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
						T1	3+610	3+680	70	1.8%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ		NO	---	---	---			
						C11	3+680	3+880	200	5.1%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---		---	---	---	---			
					623,7 - 619	T2	3+880	4+045	165	4.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						FALLA (*) T2	4+045	4+055	10	0.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T2	4+055	4+120	65	1.7%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						K1	4+120	4+188	68	1.7%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
	AMEYUGO	5+635	6+200	565	607 - 600	C2	5+635	5+730	95	16.8%	AC. AMEYUGO	ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ	545 (S3-065) SECO (ST-55+120, ST-55+230)	NO	---	---	---	S3-065 (570 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO	NO
						C3	5+730	5+770	40	7.1%		ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO		NO	---	---	---			
						C4	5+770	5+930	160	28.3%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ (EN POTENCIA)		NO	---	---	---			
						C5	5+930	6+020	90	15.9%		ACUIFERO	MEDIA a ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
						C6	6+020	6+200	180	31.9%		ACUIFERO	MUY ALTA	SÍ		NO	---	---	---			
	AMEYUGO II	6+800	7+350	550	586 - 572,5	T20	6+800	7+350	550	100.0%	CONGLOM. PLOCENOS AMEYUGO	ACUIFERO POBRE	MEDIA	---	590 (ST-56+290)	POSIBLEMENTE SÍ	550	100.0%	pocos metros sobre rasante	S3-008 (570 m.s.n.m.), S3-009 (580 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	S3-001 (562 m.s.n.m.), S3-002 (563 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN PREVISTA	NO
	QUINTANILLA VIA IZD	21+860	23+775	1915	527,5 - 548,2 - 546	T4	21+860	22+060	200	10.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+060	22+500	440	23.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T18	22+500	23+775	1275	66.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1275	66.6%	20 – 40 m sobre rasante	NO	NO	
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+870	23+745	1875	530 - 548,9 - 546,5	T4	21+870	22+070	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T17	22+070	22+500	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T18	22+500	23+745	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	66.4%	20 – 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO
	MANZANOS VIA IZD	24+100	24+532	432	542,2 - 536	T18	24+100	24+532	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	MANZANOS VIA DRCHA	24+113	24+545	432	542,4 - 536,5	T18	24+113	24+545	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	LA PUEBLA	30+825	33+560	2735	493,1 - 533	T7	30+825	31+410	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+410	33+560	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	2150.0	78.6%				
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 2	PANCORBO	0+292.0	4+188.0	3896		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO	5+635.0	6+200.0	565		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO II	6+800.0	7+350.0	550		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	QUINTANILLA VIA IZD	21+730.0	23+605.0	1875	527,6 - 548,2 - 546,7	T4	21+730.0	22+100.0	370	19.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+100.0	22+500.0	400	21.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	---	---
						T18	22+500.0	23+605.0	1105	58.9%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1105	58.9%	20 – 40 m sobre rasante	NO	NO	
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+732.0	23+607.0	1875	529 - 548,2 - 546,8	T4	21+732.0	22+110.0	378	20.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T17	22+110.0	22+550.0	440	23.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---
						T18	22+550.0	23+607.0	1057	56.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1057	56.4%	20 – 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
	MANZANOS VIA IZD	23+968.0	24+400.0	432	542 - 535,7	T18	23+968.0	24+400.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	MANZANOS VIA DRCHA	23+978.0	24+410.0	432	542 - 535,9	T18	23+978.0	24+410.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	LA PUEBLA	30+945.0	33+425.0	2480	529,5 - 542,5	T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.)	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)
C10						31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	1875.0	75.6%	S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO				
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 3	PANCORBO	0+292.0	4+188.0	3896		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO	5+635.0	6+200.0	565		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO II	6+800.0	7+350.0	550		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	QUINTANILLA VIA IZD	21+860.0	23+775.0	1915		T4	21+860.0	22+060.0	200	10.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+060.0	22+500.0	440	23.0%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---		---		
						T18	22+500.0	23+775.0	1275	66.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1275	66.6%		S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	NO	NO
	QUINTANILLA VIA DRCHA	21+870.0	23+745.0	1875		T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	---	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---		---	---	
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	66.4%		ID VIA IZQ.	NO	NO
	MANZANOS VIA IZD	24+100.0	24+532.0	432		T18	24+100.0	24+532.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	MANZANOS VIA DRCHA	24+113.0	24+545.0	432		T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO
	LA PUEBLA	30+945.0	33+425.0	2480		T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.)	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)
						C10	31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	1875.0	75.6%		S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO		
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 4	PANCORBO	0+292.0	4+188.0	3896		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO	5+635.0	6+200.0	565		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	AMEYUGO II	6+800.0	7+350.0	550		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado									YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado		
	QUINTANILLA VIA IZD	21+730.0	23+605.0	1875		T4	21+730.0	22+100.0	370	19.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+100.0	22+500.0	400	21.3%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---		---		
						T18	22+500.0	23+605.0	1105	58.9%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1105	58.9%		S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO	NO	NO
QUINTANILLA VIA DRCHA	21+732.0	23+607.0	1875		T4	21+732.0	22+110.0	378	20.2%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---		

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS	
						T17	22+110.0	22+550.0	440	23.5%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
						T18	22+550.0	23+607.0	1057	56.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1057	56.4%	20 – 40 m sobre rasante	ID VIA IZQ.	NO	NO	
	MANZANOS VIA IZD	23+968.0	24+400.0	432		T18	23+968.0	24+400.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO	
	MANZANOS VIA DRCHA	23+978.0	24+410.0	432		T18	23+978.0	24+410.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO	
	LA PUEBLA	30+825.0	33+560.0	2735		T7	30+825.0	31+410.0	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.)	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)	
						C10	31+410.0	33+560.0	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	2150.0	78.6%		S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO			
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 5	PANCORBO	0+292.0	4+188.0	3896		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	AMEYUGO	5+635.0	6+200.0	565		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	AMEYUGO II	6+800.0	7+350.0	550		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	QUINTANILLA	21+870.0	23+745.0	1875		T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---		
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	65.0%	S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO		NO	NO	
	MANZANOS	24+113.0	24+545.0	432		T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO	
	LA PUEBLA VAR 2	30+945.0	33+425.0	2480		T7	30+945.0	31+550.0	605.0	24.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)	
						C10	31+550.0	33+425.0	1875.0	75.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	1875.0	75.6%		S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO			
VARIANTE EXTERIOR DE MIRANDA 6	PANCORBO	0+292.0	4+188.0	3896		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	AMEYUGO	5+635.0	6+200.0	565		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	AMEYUGO II	6+800.0	7+350.0	550		YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado					YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado								YA ANALIZADO EN LA ALTERNATIVA ANTERIOR. Mismo trazado				
	QUINTANILLA	21+870.0	23+745.0	1875		T4	21+870.0	22+070.0	200	10.7%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA a MUY BAJA	---	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (526 m.s.n.m.), S/D (523 m.s.n.m.) SIN AFECCIÓN	---	---
						T17	22+070.0	22+500.0	430	22.9%		ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	---		---		
						T18	22+500.0	23+745.0	1245	66.4%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	585 (VO-S01)	SÍ	1245	65.0%	S/D (626 m.s.n.m.) PROB. COLGADO		NO	NO	
	MANZANOS	24+113.0	24+545.0	432		T18	24+113.0	24+545.0	432	100.0%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	SÍ	539,5 (VO-S02)	NO	---	---	---	NO	NO	NO	
	LA PUEBLA VAR 2	30+825.0	33+560.0	2735		T7	30+825.0	31+410.0	585.0	21.4%	---	ACUITARDO - IMPERMEABLE	BAJA	---	---	---	---	---	20 – 40 m sobre rasante	S/D (544 m.s.n.m.), (592 m.s.n.m.) POSIBLE AFECCIÓN	S/D (528 m.s.n.m.), (537 m.s.n.m.), POSIBLE AFECCIÓN	SÍ (Z. P. Futuros Abastecimientos)	
						C10	31+410.0	33+560.0	2150.0	78.6%	S/D	ACUIFERO POBRE	MEDIA	NO	554 (VO-S03)	SÍ	2150.0	86.7%		S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO			

ALTERNATIVA	TUNEL	PK INICIO	PK FIN	LONG. TOTAL (m)	COTA RASANTE aprox. (m.s.n.m.)	FORMACIÓN	PK INICIO	PK FIN	LONG. (m)	% LONG. TUNEL	DENOM. ACUIFERO	TIPO ACUIFERO	PERMEABILIDAD	KARSTIFICACIÓN	COTA PIEZ. (m.s.n.m.)	ZONA SATURADA	LONG. Z. SATURADA (m)	% LONG. TUNEL	POSIBLE COLUMNA SOBRE RASANTE (m)	PUNTOS DE AGUA ASOCIADOS (COTA m.s.n.m.)	CAPTACIONES ASOCIADAS	ZONAS PROTEGIDAS PRÓXIMAS
																				S/D (675 m.s.n.m.) PROB. COLGADO		