

## **ANEJO Nº 13.- OBRAS SUBTERRÁNEAS, ESTRUCTURAS Y PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS**



**ÍNDICE**

1.- OBRAS SUBTERRÁNEAS.....	1	1.5.- CÁLCULO ESTRUCTURAL Y JUSTIFICACIONES DE LAS SECCIONES TIPO ADOPTADAS.....	21
1.1.- INTRODUCCIÓN .....	1	1.5.1.- Túnel en mina .....	21
1.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TIPOLOGÍA DE TÚNELES .....	1	1.5.2.- Tramos entre pantallas .....	25
1.2.1.- Túnel en mina de Bustiello.....	1	1.5.2.1.- Consideraciones geotécnicas en relación al Jet Grouting.....	25
1.2.2.- Falsos túneles de acceso al Túnel de Bustiello .....	2	1.5.2.2.- Túnel soterrado .....	26
1.2.3.- Zonas entre pantallas .....	3	1.5.2.3.- Rampas entre pantallas .....	29
1.2.3.1.- Criterio de prediseño de las pantallas y soterramiento .....	4	2.- CUMPLIMIENTO DE LOS TÚNELES A REQUISITOS DE SEGURIDAD.....	29
1.2.3.2.- Zona del Apeadero de La Rocica.....	5	3.- PASARELAS PEATONAL, PASOS SUPERIORES E INFERIORES .....	30
1.2.3.3.- Zona soterrada en el casco urbano de Avilés .....	5	3.1.- INTRODUCCIÓN .....	30
1.2.3.4.- Zona de rampas de acceso y de salida al soterramiento de Avilés.....	7	3.2.- PASOS SUPERIORES .....	30
1.2.3.5.- Resumen de diseño de tramos entre pantallas .....	7	3.2.1.- Reposición viaria de la Plaza Castañedo.....	30
1.3.- RIESGOS Y CONDICIONANTES DE LOS TÚNELES .....	9	3.2.1.1.- Descripción de la Estructura .....	30
1.3.1.- Túnel en Mina de Bustiello.....	9	3.2.1.2.- Característica de los Materiales .....	31
1.3.2.- Túnel Soterrado entre Pantallas .....	9	3.2.2.- Reposición Viaria del Camino de la Vía.....	31
1.3.3.- Subsidiencias en el Apeadero de la Rocica.....	10	3.2.2.1.- Descripción de la Estructura .....	31
1.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS.....	13	3.2.2.2.- Característica de los Materiales .....	32
1.4.1.- Túnel en Mina de Bustiello.....	13	3.3.- PASOS INFERIORES.....	32
1.4.1.1.- Excavación.....	13	3.3.1.- Reposición viaria de la Calle Avilés .....	32
1.4.1.2.- Ejecución del avance .....	13	3.3.1.1.- Descripción de la Estructura .....	32
1.4.1.3.- Ejecución de la destroza .....	16	3.3.1.2.- Característica de los Materiales .....	33
1.4.1.4.- Ejecución de la Impermeabilización, revestimiento y remates .....	16	3.4.- PASARELAS PEATONALES .....	33
1.4.2.- Túnel entre Pantallas .....	17	3.4.1.- Reposición peatonal de la Plaza Castañedo.....	33
1.4.3.- Excavación de las pantallas.....	20	3.4.2.- Reposición peatonal de la Calle Ráfaga .....	33
		3.4.3.- Reposición peatonal de la Calle Roble .....	34

**APÉNDICES**

APÉNDICE 1.- Cálculos Túnel Soterrado

APÉNDICE 2.- Cálculos de las rampas del Tramo Exterior

APÉNDICE 3.- Cálculos de las rampas del Tramo Urbano

**INDICE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Sección tipo túnel de Bustiello.....2

Ilustración 2: Ubicación Falso Túnel zona emboquille entrada (lado sur).....3

Ilustración 3: Criterio de prediseño del espesor de la losa superior .....4

Ilustración 4: Criterio de prediseño del empotramiento, en terrenos saturados con freático elevado.....4

Ilustración 5: Sección tipo rampa de La Rocica entre pantallas .....5

Ilustración 6: Sección tipo soterramiento para dos vías .....6

Ilustración 7: Sección tipo rampa de en el acceso y salida del soterramiento .....7

Ilustración 8: Presencia de edificaciones en el entorno del Túnel de Bustiello.....9

Ilustración 9: Riesgos en el túnel soterrado entre pantallas ..... 10

Ilustración 10: Esquema de sifonamiento y filtraciones en un túnel entre pantallas ..... 10

Ilustración 11: Edificios cercanos analizados ..... 10

Ilustración 12: Criterios de Movimientos admisibles adoptados en Proyecto, en función de la tipología de la edificación (Metro de Madrid) ..... 11

Ilustración 13: Modelo teórico de asentos para pantallas (Hsieh y Ou, 1999) ..... 11

Ilustración 14. Gráfico de desplazamientos verticales..... 12

Ilustración 15. Gráfico de distorsiones angulares ..... 12

Ilustración 16: Excavación de la sección en dos mitades (1): AVANCE y (2): DESTROZA ..... 13

Ilustración 17: Colocación de visera de protección en emboquille ..... 14

Ilustración 18: terminación de la visera de protección ..... 14

Ilustración 19: Máquina rozadora para túneles (excavación mecánica) ..... 15

Ilustración 20: Fase de avance en excavación con sostenimiento colocado ..... 15

Ilustración 21: Equipo de proyección de hormigón colocando la capa de sellado ..... 15

Ilustración 22: Plataforma de elevación hidráulica para colocación de cerchas y mallazo ..... 16

Ilustración 23: Vista del frente de excavación de la destroza de un túnel..... 16

Ilustración 24: Instalación de impermeabilización y revestimiento ..... 17

Ilustración 25: Zanja tablestacada ..... 17

Ilustración 26; Zonas a tratar con Jet Grouting ..... 19

Ilustración 27: Procedimiento de ejecución de túnel entre pantallas ..... 19

Ilustración 28: Trabajos bajo losa en un túnel entre pantallas ..... 19

Ilustración 29: Esquema de ejecución de un tratamiento con jet grouting ..... 20

Ilustración 30: Sistemas de ejecución de las pantallas ..... 20

Ilustración 31: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-I ..... 22

Ilustración 32: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-II ..... 23

Ilustración 33: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-III ..... 23

Ilustración 34: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-IV ..... 24

Ilustración 35: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-V ..... 24

Ilustración 35: Abaco de Chadeisson (Valores de Kh en T/m<sup>2</sup>/m) ..... 26

Ilustración 36: Fase 1 (Primer Vaciado)..... 27

Ilustración 37: Fase 2 (Losa Superior) ..... 27

Ilustración 38: Fase 3 (Fondo de excavación) ..... 27

Ilustración 39: Fase 4 (Servicio) ..... 28

Ilustración 40: Cuantías de armadura sección entre pantallas ..... 28

## 1.- OBRAS SUBTERRÁNEAS

### 1.1.- INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se describen las obras subterráneas incluidas en el Estudio informativo de integración del ferrocarril en Avilés.

A lo largo del trazado se, localizan tres obras subterráneas:

- Túnel de Bustiello, ejecutado en mina.
- Falso túnel sur de acceso al Túnel de Bustiello
- Zona soterrada en el casco urbano de Avilés, incluyendo sendas trincheras (rampas) a cielo abierto para acceso y salida.
- Zona entre pantallas del Apeadero de La Rocica, en trinchera, que aunque no es estrictamente una obra subterránea, constructivamente es similar al soterramiento del casco urbano de Avilés.

En los apartados que se incluyen a continuación, se definen los criterios de diseño, las secciones tipo a emplear, los métodos constructivos más adecuados, así como los riesgos que pueden tener lugar en la ejecución de estas obras.

ZONA	PP.KK		LONGITUD	TIPOLOGIA
	Inicio	Final	TRAMO L(m)	
RAMPA ROCICA	0+358,0	1+160,0	802,0	TRINCHERA ENTRE PANTALLAS
FALSO TÚNEL DE BUSTIELLO	1+160,0	1+260,0	100,0	FALSO TÚNEL ABOVEDADO
TÚNEL DE BUSTIELLO	1+260,0	1+600,0	340,0	TÚNEL EN MINA
RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO	2+225,0	2+620,0	395,0	TRINCHERA ENTRE PANTALLAS
SOTERRAMIENTO	2+620,0	3+080,0	460,0	SOTERRAMIENTO ENTRE PANTALLAS
RAMPA SALIDA SOTERRAMIENTO	3+080,0	3+400,9	320,9	TRINCHERA ENTRE PANTALLAS

**Tabla 1-1: Obras subterráneas**

### 1.2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TIPOLOGÍA DE TÚNELES

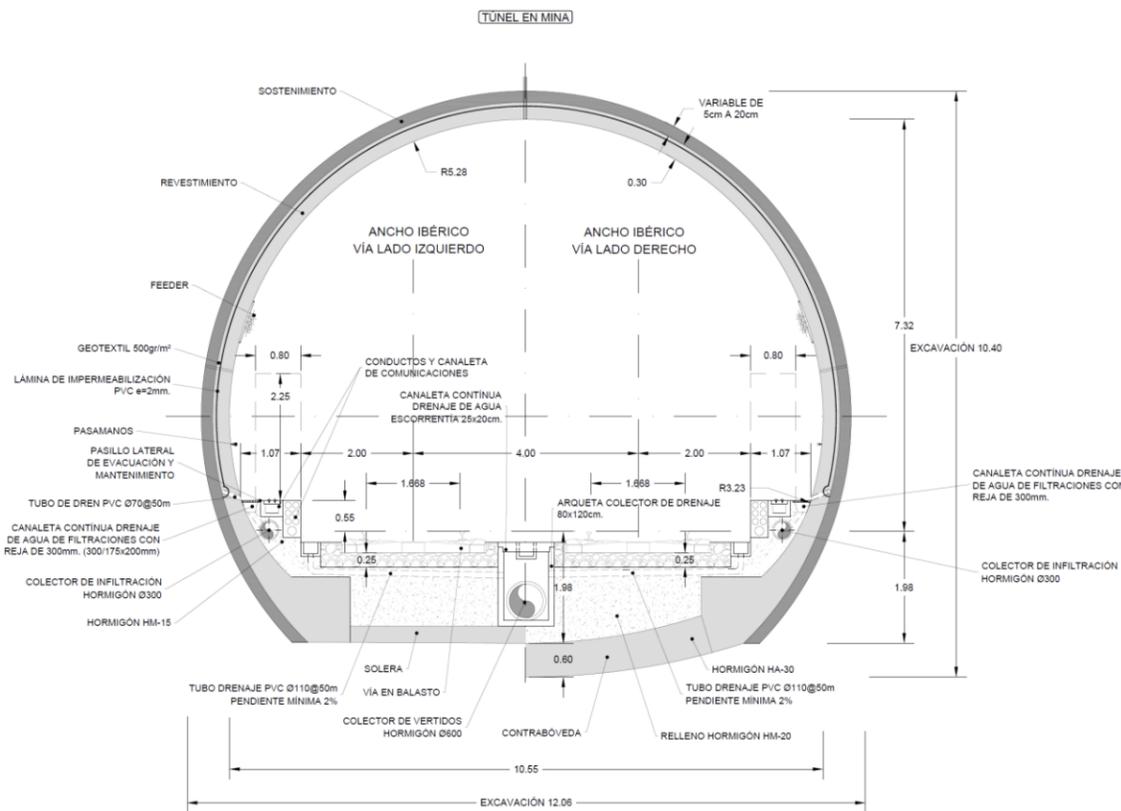
#### 1.2.1.- Túnel en mina de Bustiello

Se trata de un túnel de doble vía de 340 m de longitud cuya sección tipo se muestra en la siguiente figura.

Se trata de una sección circular de 5,28 m de radio, adaptada para dos vías. Se ha definido una sección con contrabóveda (terrenos de mala calidad) y otra sección con solera plana (terrenos de buena calidad).

Estructuralmente la sección dispone de un sostenimiento provisional, de hormigón proyectado, bulones y cerchas, y de un revestimiento definitivo de hormigón encofrado. Entre sostenimiento y revestimiento se instala una impermeabilización compuesta de lámina de PVC y geotextil.

Dispone de un sistema de drenaje de tipo separativo, que canaliza el agua del trasdós (procedente del terreno), por conductos distintos a el agua de escorrentía en plataforma. El agua del terreno es limpia, y se puede verter a cauces cercanos, mientras que la de la plataforma es sucia, y debe ser tratada antes de ser vertida.



**Ilustración 1: Sección tipo túnel de Bustiello**

Este túnel se llevará a cabo en calizas, dolomías y margas jurásicas. Puede que al final del tramo se lleguen a encontrar conglomerados, areniscas y arcillas rojas triásicas. En cualquier caso, se trata de un túnel en terreno rocoso.

Como todo túnel en mina excavado en roca, el método constructivo que se considera más adecuado es el Nuevo Método Austríaco con sostenimiento a base de hormigón proyectado, bulones y cerchas.

Se han definido para este túnel unos sostenimientos, que se aplican en cuantías variables en función de la calidad geotécnica del terreno. Con el fin de poder estimar un coste por metro lineal para este túnel se han definido diversas secciones tipo de sostenimiento, en función de la calidad del terreno.

En la siguiente tabla se muestran los elementos y cuantías de las distintas secciones definidas:

SOST. TIPO	RMR	HORMIGÓN PROYECTADO HP-30 CON FIBRA		PERNOS Ø25mm ANCLADOS CON RESINA (245kN) L=4m Malla (T)x(L) (m)	CERCHAS METÁLICAS		OTROS	LONGITUD AVANCE SIN SOSTENIMIENTO Longitud (m)	MÉTODO DE EXCAVACIÓN
		Espesor (cm)	Absorción de energía (J)		Tipo	Espaciado (m)			
ST-I	≥80	5	500	ocasionales	-			4	MECÁNICA
ST-II	80-61	10	500	2,0x2,0	-			4	MECÁNICA
ST-III	60-41	15	700	1,5x1,5	-			3	MECÁNICA
ST-IV	40-21	20	1000	1,0x1,0	TH-29	1	Mallazo #4x150x150 mm	1	MECÁNICA
ST-V	≤20 FALLAS	25	1000	-	HEB-160	1	Mallazo #4x150x150 mm Micropilotes Ø114 mm espaciados 40 cm L=9m	1	MECÁNICA

**Tabla 1-2: Secciones tipo de sostenimiento del túnel de Bustiello**

La excavación del túnel, en principio, será mecánica, mediante retroexcavadora dotada de martillo demoledor hidráulico, o con rozadora. La razón de esta elección, como se expondrá más adelante, es la presencia de viviendas en el entorno del túnel, de manera que las vibraciones de las voladuras podrían afectar a las mismas, por lo que de manera preliminar se prefiere la excavación mecánica.

La impermeabilización principal del túnel consiste en la disposición de una lámina de geotextil de 500 g/m<sup>2</sup> y una lámina de PVC de 2 mm de espesor. Ambas láminas conectan con unos drenes laterales de Ø70 mm y éstos a su vez disponen de salidas cada 50 m para conectar con el colector central del túnel de hormigón de Ø600 mm.

El revestimiento del túnel está formado por un espesor de 30 cm de hormigón de 30 MPa. En cuanto a la solera del túnel existen dos variantes: solera plana para los tipos de sostenimiento más ligeros (ST-I, ST-II y ST-III) y contrabóveda circular para los sostenimientos más pesados (ST-IV y ST-V).

El túnel dispone de pasillo lateral de evacuación y mantenimiento en ambos hastiales equipado con barandilla.

**1.2.2.- Falsos túneles de acceso al Túnel de Bustiello**

En la boca de entrada al túnel en mina de Bustiello se se ha previsto un falso túnel, de unos 100 m de longitud, que deberá integrarse con la carretera N632 existente.

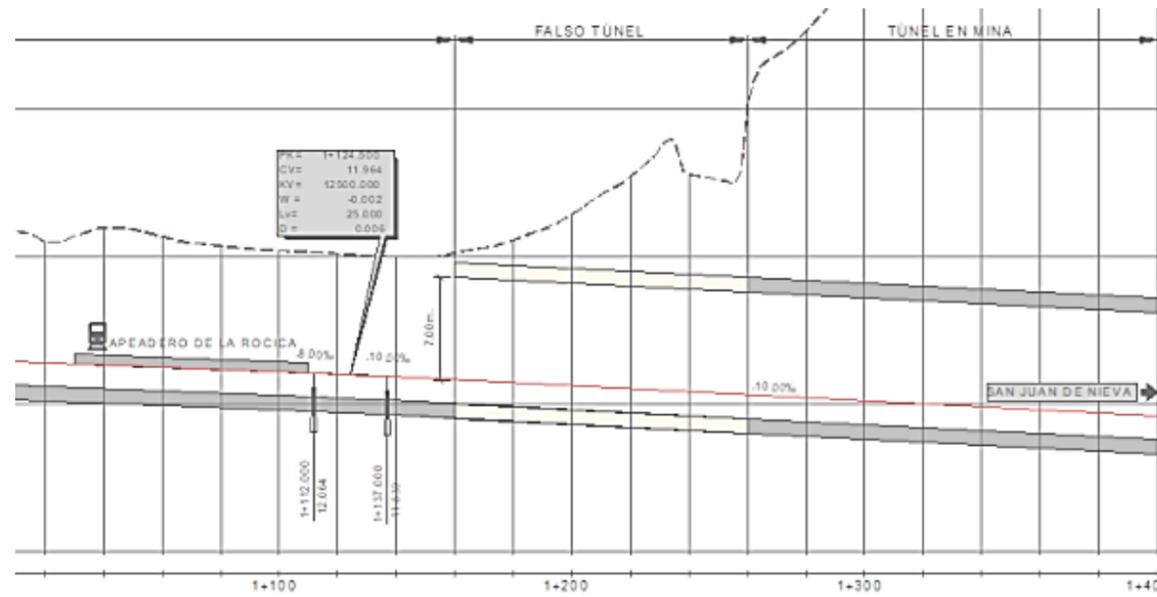
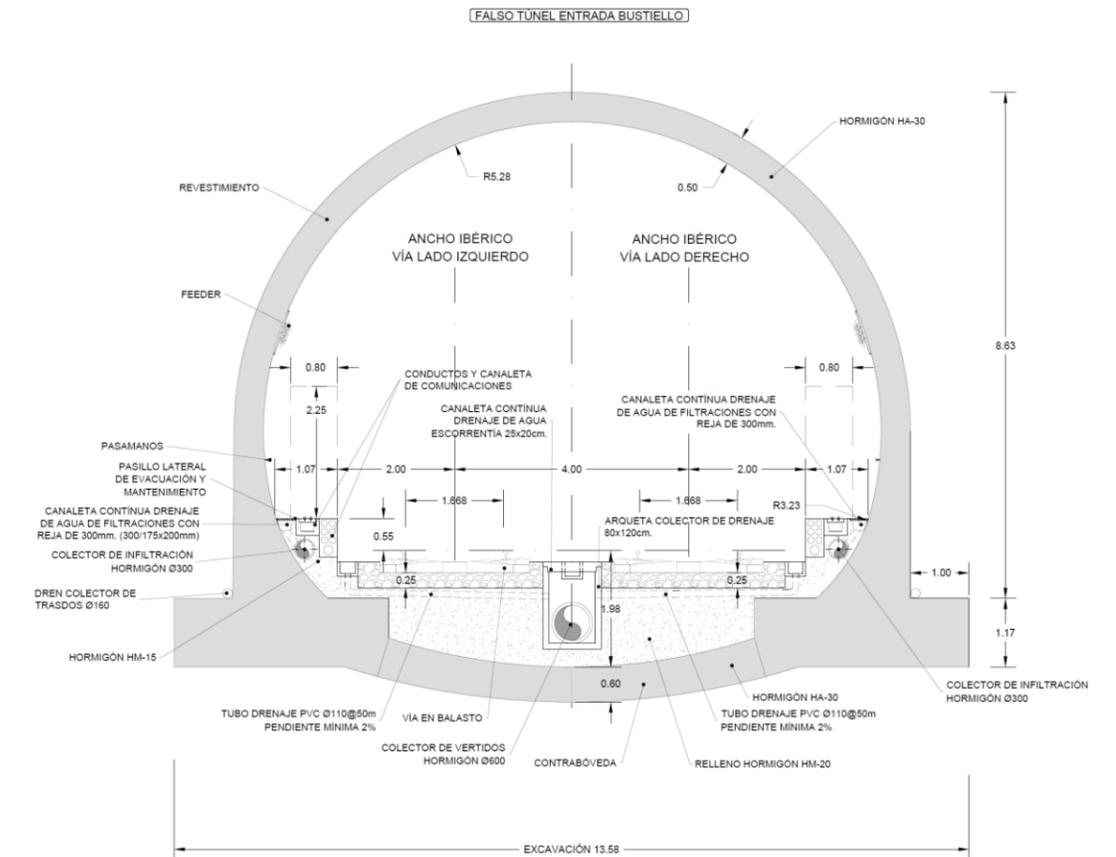


Ilustración 2: Ubicación Falso Túnel zona emboquille entrada (lado sur).

La geometría del intradós será la misma que en el túnel en mina, tal como se aprecia en la imagen que se incluye a continuación.



La sección tipo estará constituida por una bóveda de 0,5 m de espesor de hormigón armado HA-30.

En la zona de salida, al emboquille contra una pared prácticamente vertical, no se ha previsto un falso túnel de salida, aunque se instalaría una visera de un par de metros, para impedir caídas de piedras sobre la vía.

### 1.2.3.- Zonas entre pantallas

El tramo del Apeadero de la Rocica y el Soterramiento en el casco urbano de Aviles, se van a ejecutar entre pantallas. A continuación se definen los criterios de diseño de las pantallas, y se particulariza para cada uno de los tramos considerados.

1.2.3.1.- Criterio de prediseño de las pantallas y soterramiento

Las estructuras soterradas entre pantallas tienen dos elementos básicos que deben ser predimensionados: el canto de la losa de cubrición, y el empotramiento de las pantallas. A continuación se muestran los criterios aplicados.

**LOSA DE CUBRICIÓN**

Para definir el espesor de la losa de cubrición del soterramiento, se aplicarán las reglas habituales de prediseño de estas estructuras, que se resumen en el siguiente croquis (Estevez Cimadevilla, 2018):

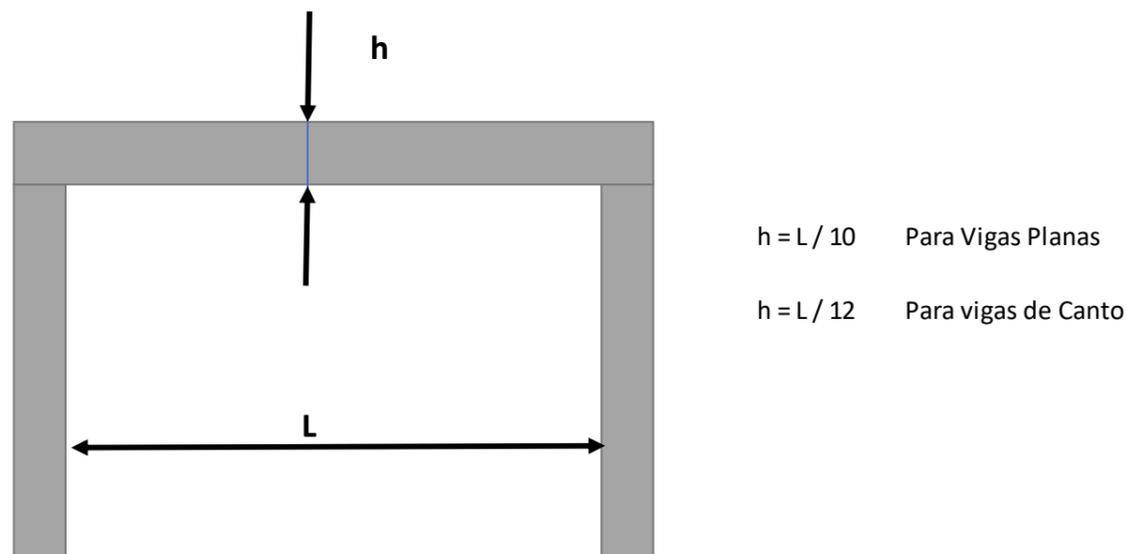


Ilustración 3: Criterio de prediseño del espesor de la losa superior

**EMPOTRAMIENTO DE LAS PANTALLAS**

Se van a considerar tres situaciones: pantallas en suelos saturados, pantallas en suelos tratados y pantallas en roca.

Para para **pantallas bajo el nivel freático en suelos saturados**, el criterio habitualmente aplicado es el siguiente:

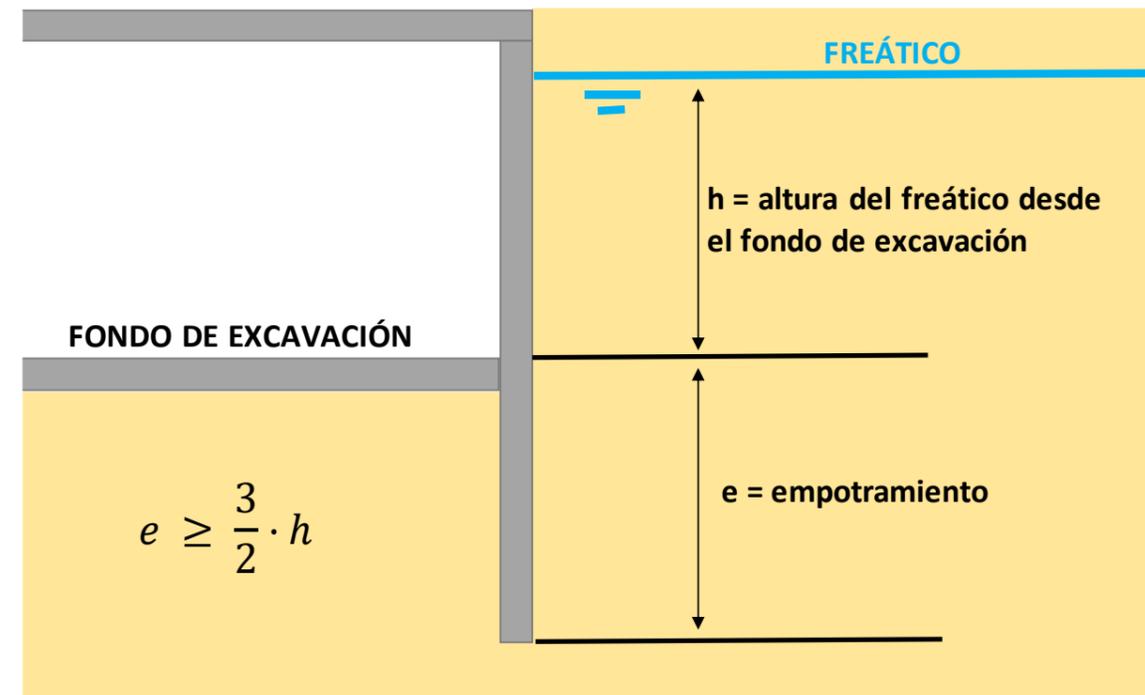
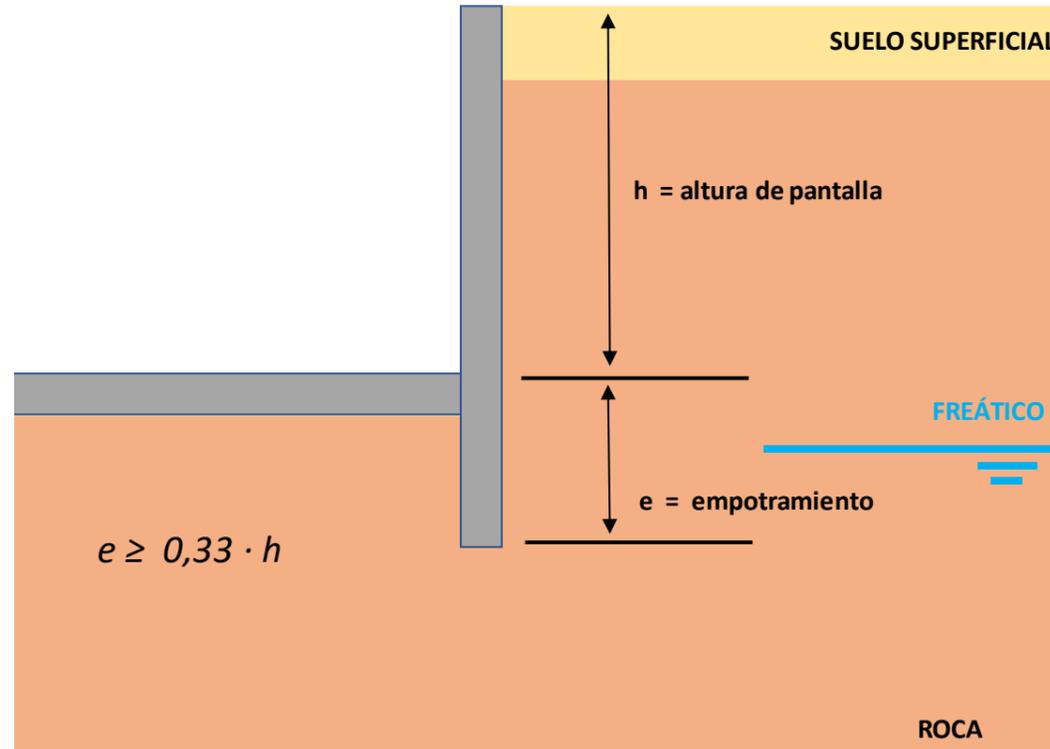


Ilustración 4: Criterio de prediseño del empotramiento, en terrenos saturados con freático elevado

El empotramiento debe ser al menos 1,5 veces la altura freática medida desde el fondo de excavación. Este criterio profundiza mucho el empotramiento para evitar sifonamientos

Cuando el suelo circundante se ha tratado o impermeabilizado mediante tratamientos del terreno (jet grouting o inyecciones), el riesgo de sifonamiento se reduce drásticamente, y es posible reducir el empotramiento a la mitad de lo indicado en el caso de suelos saturados.

Cuando se diseñan pantallas en terrenos rocosos sin nivel freático, la necesidad de empotramiento se reduce drásticamente, y suele recomendarse un empotramiento de un tercio de la altura de la pantalla, tal como se muestra en el croquis adjunto.



**Ilustración 6: Criterio de prediseño del empotramiento, en terrenos rocosos con freático**

**1.2.3.2.- Zona del Apeadero de La Rocica**

En esta zona, el terreno es mayoritariamente rocoso, presentando solo suelos en la zona más superficial. El nivel freático se sitúa en la cota de la losa de fondo.

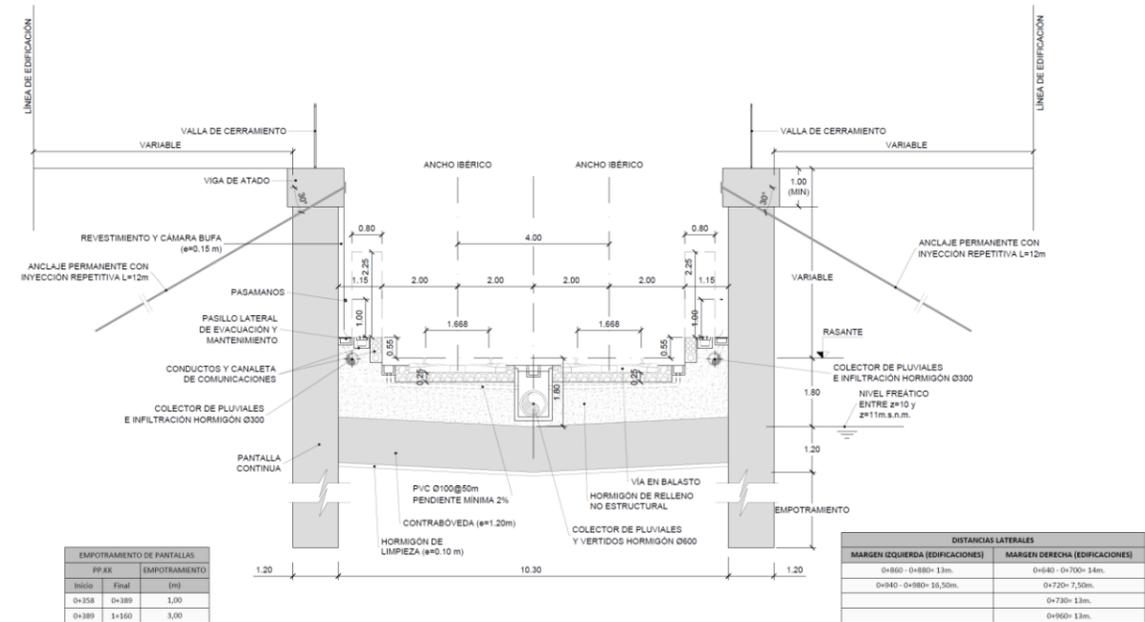
La altura máxima de pantalla es de unos 9 m de altura. De este modo, el empotramiento será  $e = 0.33 \cdot 9 = 3 \text{ m}$ .

Para evitar los efectos de las subsidencias, y con el fin de realizar un diseño estable, dada la gran altura del voladizo proyectado, se han considerado anclajes en la zona superior de la pantalla.

El diseño adoptado presenta la siguiente geometría:

- Las pantallas tienen un espesor de 1,20 m y llevan adosada cámara bufa.
- La contrabóveda tiene un espesor de 1,2 m.

En la figura que se muestra a continuación se aprecia la sección tipo definida:

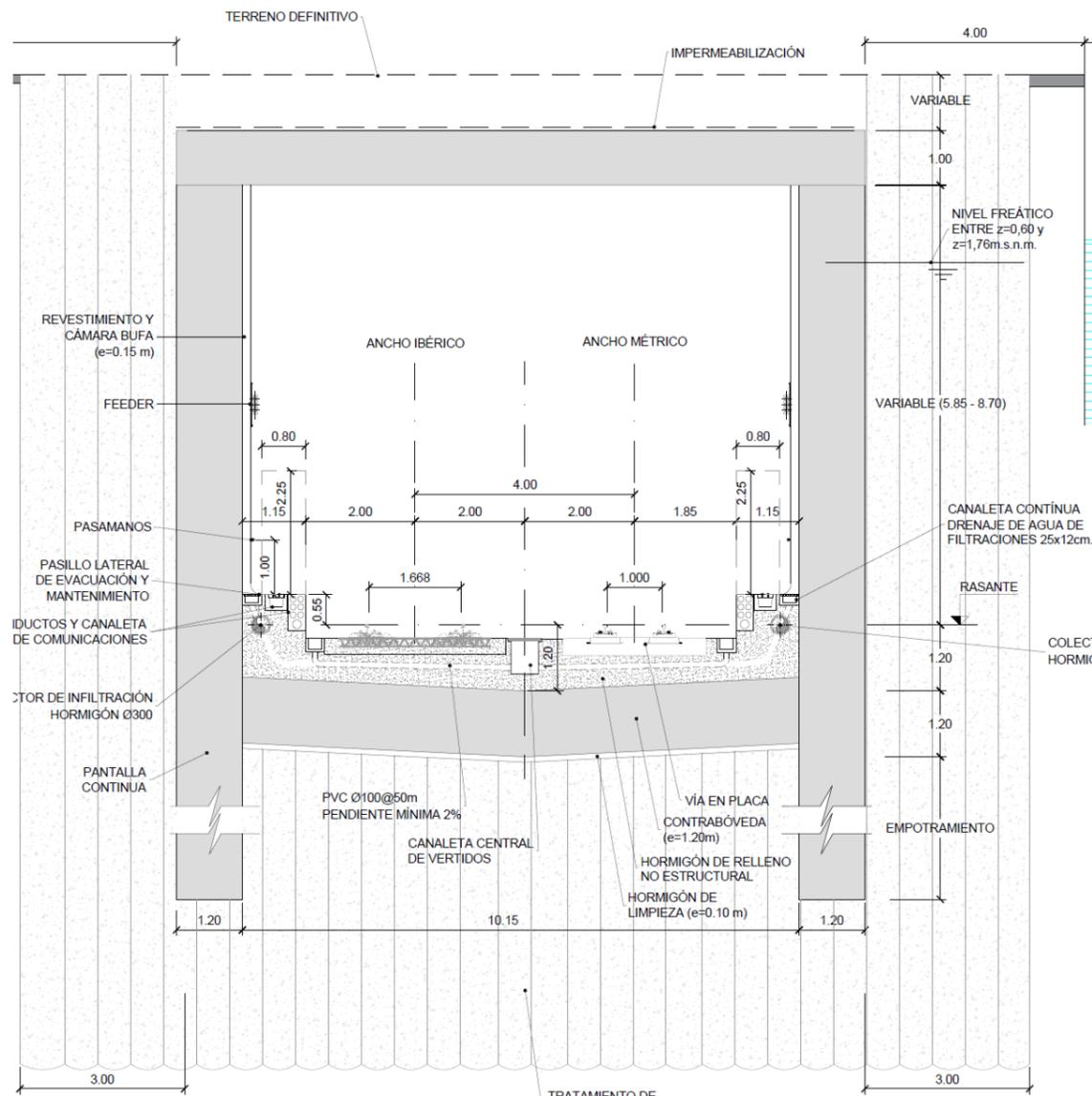


**Ilustración 5: Sección tipo rampa de La Rocica entre pantallas**

**1.2.3.3.- Zona soterrada en el casco urbano de Avilés**

A continuación del túnel de Bustiello se define una zona soterrada en el caso urbano de Avilés. Para esta zona se define una excavación entre pantallas, para una plataforma de dos vías. El ancho de hastial a hastial será de un mínimo de 10,15 m.

El acceso a esta zona se realiza mediante una rampa entre pantallas. A continuación de la rampa comienza la zona soterrada propiamente dicha cubierta por una losa superior cuya sección tipo se muestra en la siguiente figura:



**Ilustración 6: Sección tipo soterramiento para dos vías**

Esta zona se encuentra en depósitos de ría (suelos), completamente saturados de agua, y en comunicación hidráulica con dicho cauce. Por dicha razón, el terreno en torno al soterramiento será tratado con jet-grouting, que evitará el acceso de agua al interior del soterramiento.

En el caso que nos ocupa, en la zona más profunda del soterramiento el fondo de excavación se encuentra a unos 15 m de profundidad, y el freático se ubica

aproximadamente a 1 m bajo la superficie. De este modo  $h = 14$  m, y el empotramiento mínimo sería de valor  $e \geq 14 \cdot 3/2 = 21$  m.

Sin embargo, como se expondrá más adelante, dado el gran espesor de suelos saturados presentes, la situación elevada del nivel freático y la notable cercanía del cauce de la Ría de Avilés, se ha considerado un tratamiento de jet-grouting en el terreno, tanto en los hastiales como en solera, que en la práctica supone la eliminación del nivel freático sobre el trasdós de las pantallas. De este modo, podría considerarse un empotramiento la mitad del calculado, que sería de unos 11 m, lo que supone del orden del 40 % de altura de pantallas

Para este soterramiento entre pantallas se considera una viga plana de cubrición. Dado que la sección tiene una longitud de 10,15 m, de acuerdo al criterio de predimensionamiento indicado, el canto de la losa debería ser:

$$h = L / 10 = 10,15 / 10 = 1 \text{ m}$$

Si de forma puntual o local a lo largo del trazado es necesario reducir el espesor de la losa, deberá incrementarse la cuantía de refuerzo de acero.

Dada la proximidad de la Ría al hastial derecho del tramo soterrado, se ha considerado que no es conveniente instalar anclajes en las pantallas, pues estos serían de difíciles de ejecutar y mantener, pudiéndose descargar a medio-largo plazo. Por ello, la sección se define con espesores de pantalla, solera y losas, algo mayores, en la magnitud que el cálculo estructural realizado ha determinado.

De este modo, de acuerdo con los cálculos estructurales:

- Las pantallas tienen un espesor de 1,20 m y llevan adosada cámara bufa.
- La losa superior tiene un espesor de 1 m.
- La contrabóveda tiene un espesor de 1,2 m.

La sección interior es similar a la descrita para el túnel en mina con pasillos laterales de evacuación en ambos hastiales.

1.2.3.4.- Zona de rampas de acceso y de salida al soterramiento de Avilés

Como se ha indicado en el apartado anterior, tanto en el acceso como en la salida del soterramiento se han definido sendas rampas en trinchera.

Las características del terreno son similares a la del soterramiento, es decir, suelos saturados de agua. Por esta razón, se ha considerado un tratamiento de jet grouting, que es continuación del que se ejecutará en el soterramiento.

La altura de pantalla en esta rampa alcanza incluso los 9 m. Como se desarrollará un tratamiento con jet grouting, y al ser un terreno saturado bajo el freático, el empotramiento sería  $e = 1,5 \cdot 9 / 2 = 7 \text{ m}$ .

En esta zona, dada la altura que tiene el voladizo de las pantallas, se ha considerado la aplicación de una línea de anclajes. En estas, la ría se encuentra a algo más de distancia, lo que posibilita instalar anclajes.

En la figura que se muestra a continuación se ilustra el diseño ajustado para la sección entre pantallas en esta zona.

1.2.3.5.- Resumen de diseño de tramos entre pantallas

A continuación, se resumen las características principales de los diseños entre pantallas:

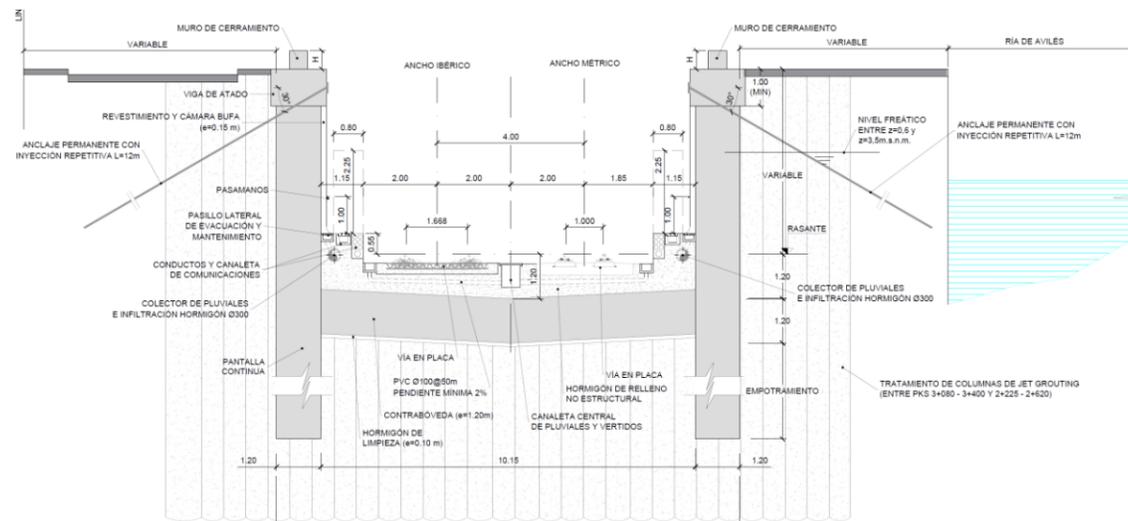


Ilustración 7: Sección tipo rampa de en el acceso y salida del soterramiento

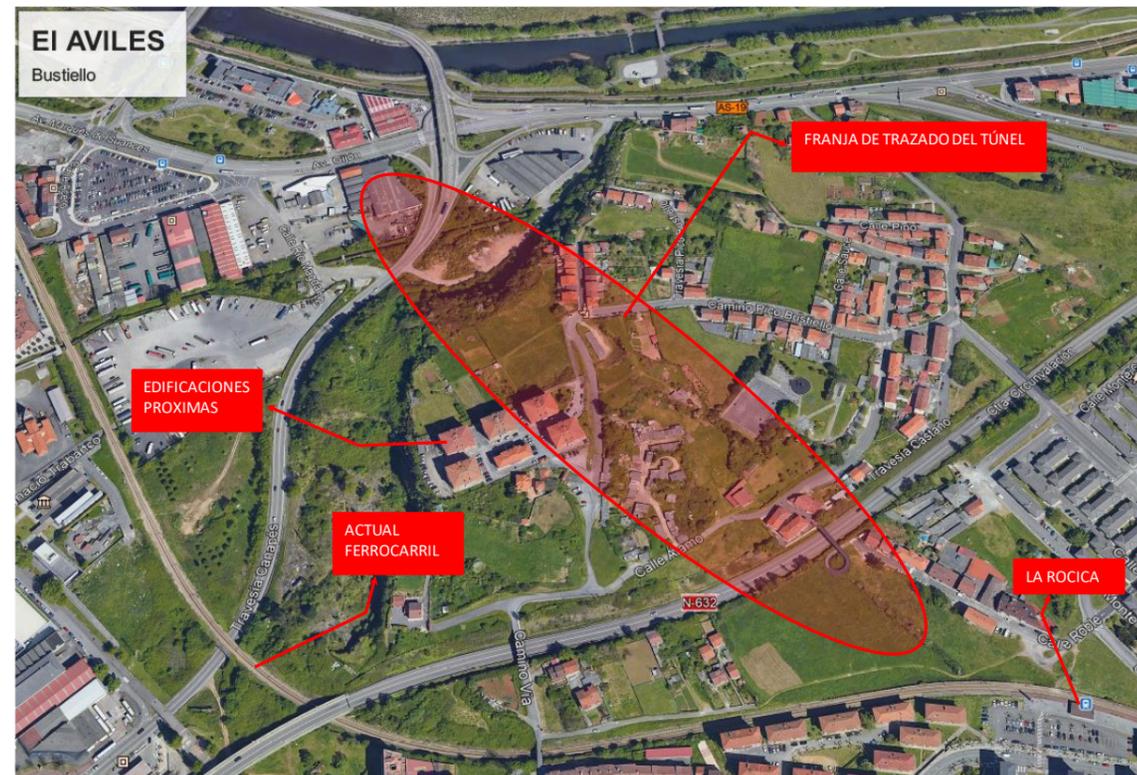
ZONA	PP.KK		LONGITUD	ALTURA PANTALLA	CARACTERISTICAS EMPOTRAMIENTO		EMPOTRAMIENTO	PAÑO	OBSERVACIONES
	Inicio	Final	TRAMO L(m)	MÁXIMA H (m)	TIPO TERRENO	CRITERIO	E (m)	P(m)	
RAMPA ROCICA	0+358,0	0+389,0	31,0	3,5	Roca	$E = 0,33 \cdot H$	1	4,5	
	0+389,0	1+160,0	771,0	9		$E = 0,33 \cdot H$	3	12	
RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO	2+225,0	2+231,0	6,0	3,5	Suelo saturado tratado con Jet Grouting	$E = (1,5 \cdot H) / 2$	3	6,5	
	2+231,0	2+400,0	169,0	5		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	4	9	
	2+400,0	2+420,0	20,0	5		Cota Colector	3	8	Paso Colector general en 2+422
	2+400,0	2+620,0	220,0	9		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	7	16	
SOTERRAMIENTO	2+620,0	2+800,0	180,0	11		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	9	20	
	2+800,0	2+920,0	120,0	14		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	11	25	
	2+920,0	3+080,0	160,0	11		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	9	20	
RAMPA SALIDA SOTERRAMIENTO	3+080,0	3+300,0	220,0	7		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	6	13	
	3+300,0	3+400,9	100,9	6		$E = (1,5 \cdot H) / 2$	4	10	

MEDICIONES PROMEDIO	PANTALLA		ANCLAJES		LOSA		CONTRABOVEDA		JET GROUTING
	CANTO (m)	ALTURA PAÑO (m)	LONG TRAMO (m)	MEDICIÓN POR ml	CANTO (m)	LONGITUD (m)	CANTO (m)	LONG (m)	AREA POR METRO LINEAL (m <sup>2</sup> /ml)
RAMPA ROCICA	1,2	11,7	802,0	12			1,2	10,15	
RAMPA ACCESO	1,2	12,6	415,0	12			1,2	10,15	106,2
SOTERRAMIENTO	1,2	21,3	460,0		1	10,15	1,2	10,15	158,3
RAMPA SALIDA	1,2	12,1	320,9	12			1,2	10,15	102,8

### 1.3.- RIESGOS Y CONDICIONANTES DE LOS TÚNELES

#### 1.3.1.- Túnel en Mina de Bustiello

Se trata de un túnel en roca, por lo que, en principio, sería factible aplicar voladuras para su excavación. Sin embargo, en la zona hay una fuerte presencia de edificaciones, lo que limita la posibilidad de emplear, tal como se ilustra en la imagen adjunta.



**Ilustración 8: Presencia de edificaciones en el entorno del Túnel de Bustiello**

Por esta razón, a falta de estudios más específicos a realizar en sucesivas fases, se ha considerado para este túnel la excavación mecánica con rozadora o martillo demoledor sobre retroexcavadora.

En todas las trazas analizadas se mantiene este problema, no habiendo ninguna de ellas que cobre ventaja respecto a las demás.

#### 1.3.2.- Túnel Soterrado entre Pantallas

Los principales riesgos asociados a la ejecución de las pantallas son:

- Filtraciones de agua de la ría de Avilés y acuíferos asociados.
- Efecto barrera del drenaje subterráneo de la zona urbana de Avilés.

Con objeto de mitigar los riesgos asociados a las filtraciones se propone un tratamiento de jet grouting previo a la ejecución de las pantallas abarcando:

- Zona de hastiales para proteger las pantallas de las filtraciones.
- Fondo de excavación para proteger la entrada de agua en el recinto por subpresión (sifonamiento).

En cuanto a los riesgos asociados al efecto barrera, se propone la ejecución de tubos pasantes a toda la infraestructura para dar continuidad al drenaje subterráneo procedente del casco urbano hacia la ría.

En el esquema que se incluye a continuación se ilustran estos riesgos y las posibles soluciones para paliarlos o eliminarlos.

Los cálculos de infiltraciones realizados en el anejo de hidrogeología avalan la solución basada en jet grouting para controlar las infiltraciones.

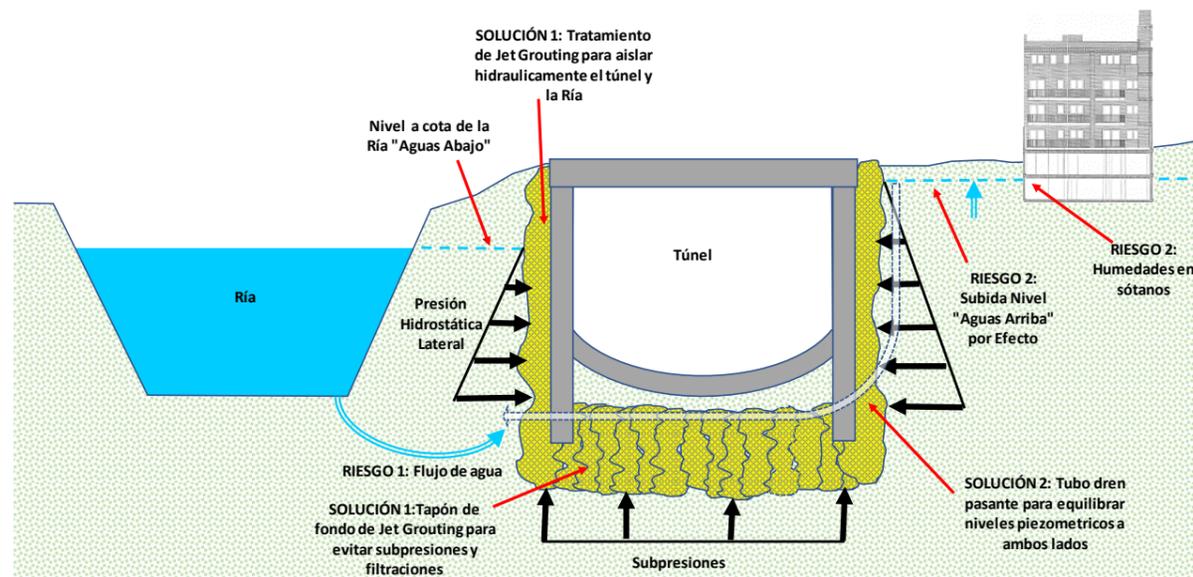


Ilustración 9: Riesgos en el túnel soterrado entre pantallas

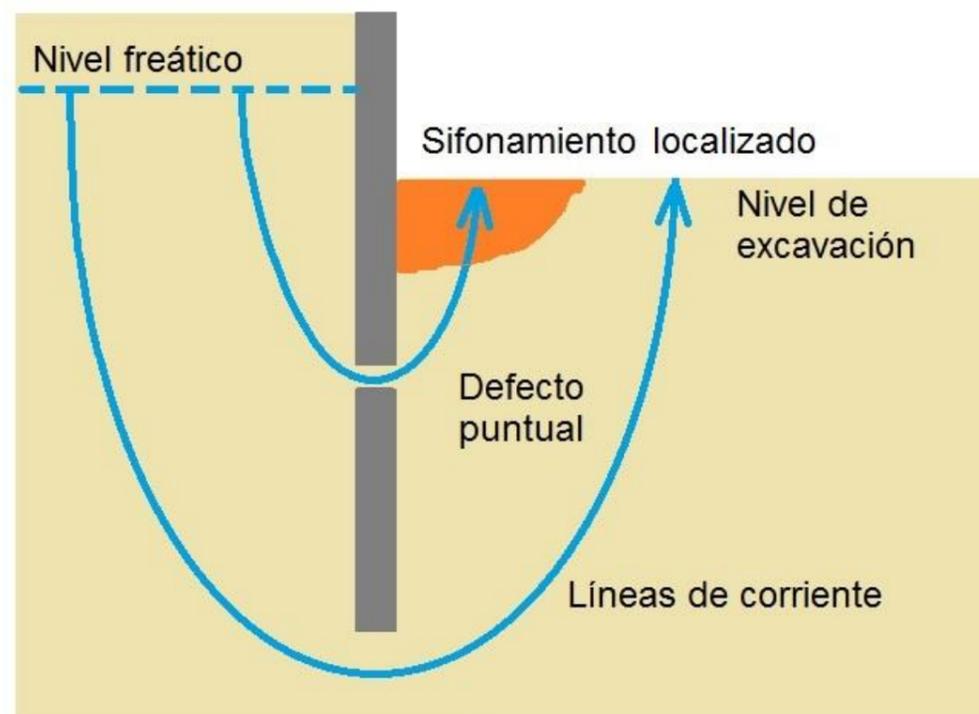


Ilustración 10: Esquema de sifonamiento y filtraciones en un túnel entre pantallas

En sucesivas fases de este estudio, se realizarán análisis hidrogeológicos más profundos, para determinar si estos tratamientos se deben aplicar en toda la longitud, o solo en una parte del trazado soterrado.

### 1.3.3.- Subsidiencias en el Apeadero de la Rocica

La zona susceptible de sufrir subsidiencias es el entorno de la Estación de La Rocica, donde se ubican al menos cuatro edificios a distancias menores de 20 m de la zona de pantallas. En este apartado se describe el análisis realizado para valorar la posible subsidencia que la ejecución de las pantallas podría generar en los edificios. Para ello, se ha partido de los datos obtenidos en los apéndices de cálculo que se incluye en el presente anejo.

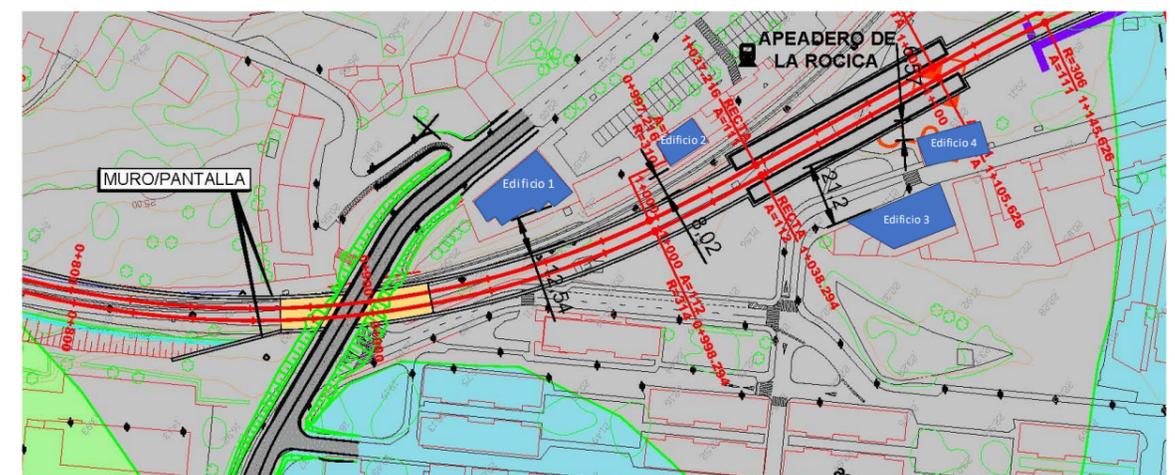
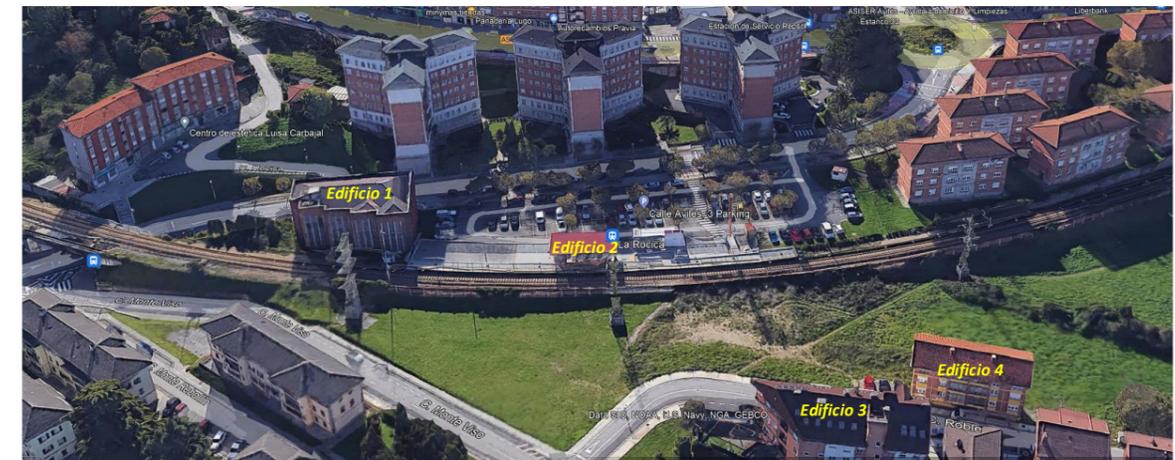


Ilustración 11: Edificios cercanos analizados

Tal como se aprecia en los gráficos incluidos, el edificio más cercano se sitúa a 6,5 m de las pantallas. Es por ello que el cálculo de subsidencias se realizará para este (Edificio 4).

Para evaluar la susceptibilidad a sufrir daños en los edificios, se van a considerar los umbrales de movimientos admisibles que se muestran en la tabla que se incluye a continuación, que es la que se considera en las obras de Metro en la ciudad de Madrid. Por la tipología de edificios observados, se asume el umbral correspondiente a “Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes” que fija un límite de 10 mm de asiento para el umbral verde 1 de 1/2000 para la distorsión angular.

UMBRAL DE CONTROL	MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES								
	ASIENTO ADMISIBLE (mm)			DISTORSIÓN ANGULAR			DEFORMACION HORIZONTAL UNITARIA (%)		
	VERDE	ÁMBAR	ROJO	VERDE	ÁMBAR	ROJO	VERDE	ÁMBAR	ROJO
*Zonas sin edificaciones	<50	50 – 100	>100	1/100	1/100 – 1/50	>1/50	<1,500	1,500 – 2,000	>2,000
* Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado * Conducciones no de gas	<20	20 – 30	>30	<1/1000	1/1000 – 1/500	>1/500	<0,150	0,150 – 0,200	>0,200
*Estructura subterránea o Túneles existentes	<15	15 – 25	>25	<1/2000	1/2000 – 1/1000	>1/1000	<0,150	0,150 – 0,200	>0,200
* Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes	<10	10 – 15	>15	<1/2000	1/2000 – 1/1000	>1/1000	<0,150	0,150 – 0,200	>0,200
* Edificios cimentados superficialmente con daños *Edificios monumentales * Edificios con más de 10 alturas * Tuberías de gas	<5	5 – 10	>10	<1/3000	1/3000 – 1/2000	>1/2000	<0,050	0,050 – 0,100	>0,100

Ilustración 12: Criterios de Movimientos admisibles adoptados en Proyecto, en función de la tipología de la edificación (Metro de Madrid)

Para valorar la situación de los edificios, se parte de los datos de deformación obtenidos en el cálculo realizado para las pantallas en esta zona (ver Apéndice 2), de los cuales se ha obtenido un desplazamiento vertical máximo de 0,6 mm. Este valor se ha introducido en el modelo de (Hsieh y Ou, 1999), que plantea una distribución teórica de asientos tipo “cóncavo” que se muestra a continuación, y que es el normal en subsidencias en pantallas. Este modelo establece como variables el asiento normalizado ( $\delta_v/\delta_{vm}$ ) y la proporción distancia/ profundidad de la pantalla ( $d/H_e$ )

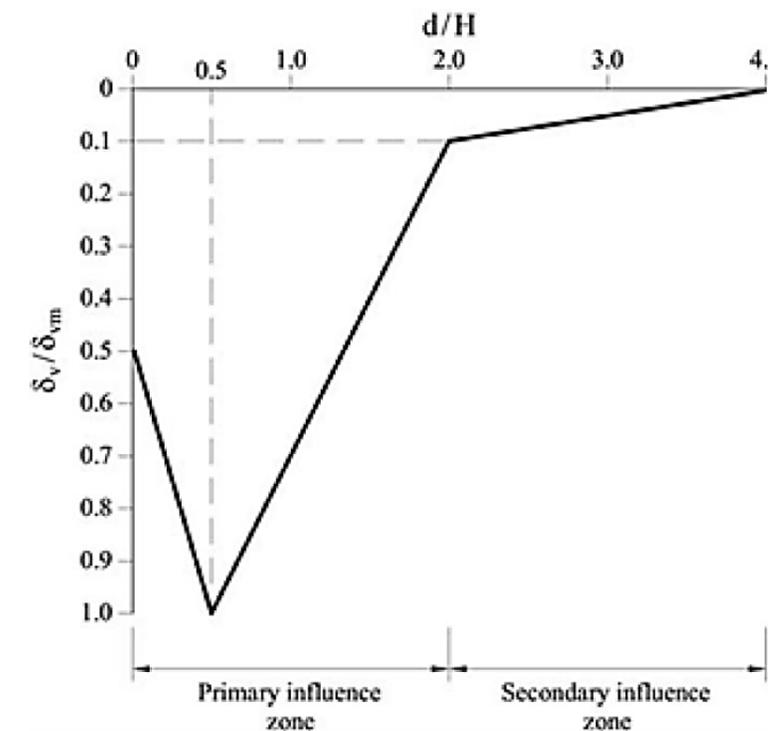


Ilustración 13: Modelo teórico de asientos para pantallas (Hsieh y Ou, 1999)

Aplicando el modelo, para un edificio situado a 6,5 m, se han obtenido las siguientes distribuciones de asientos y distorsiones angulares (en gris se ha marcado la situación del edificio).

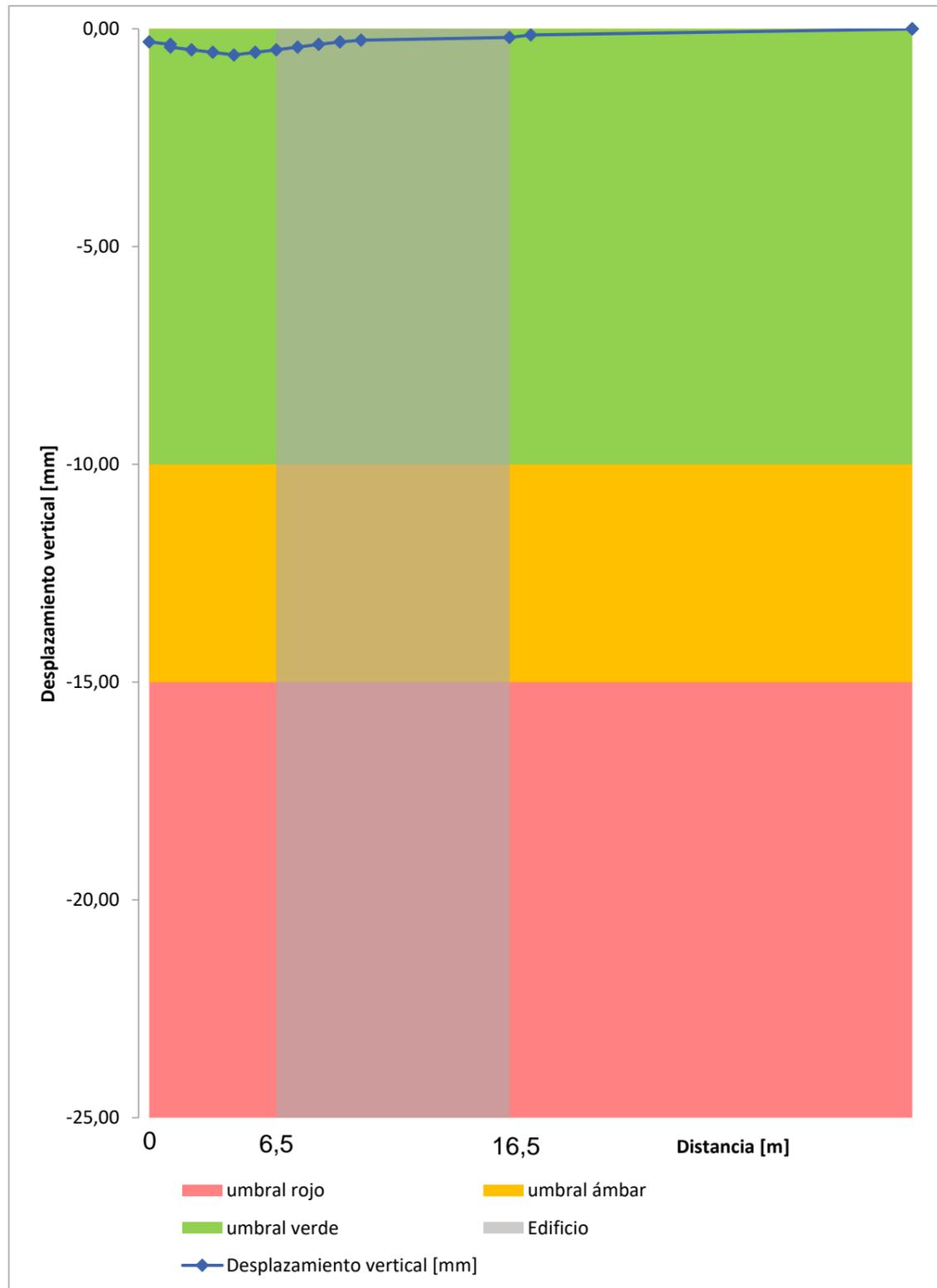


Ilustración 14. Gráfico de desplazamientos verticales

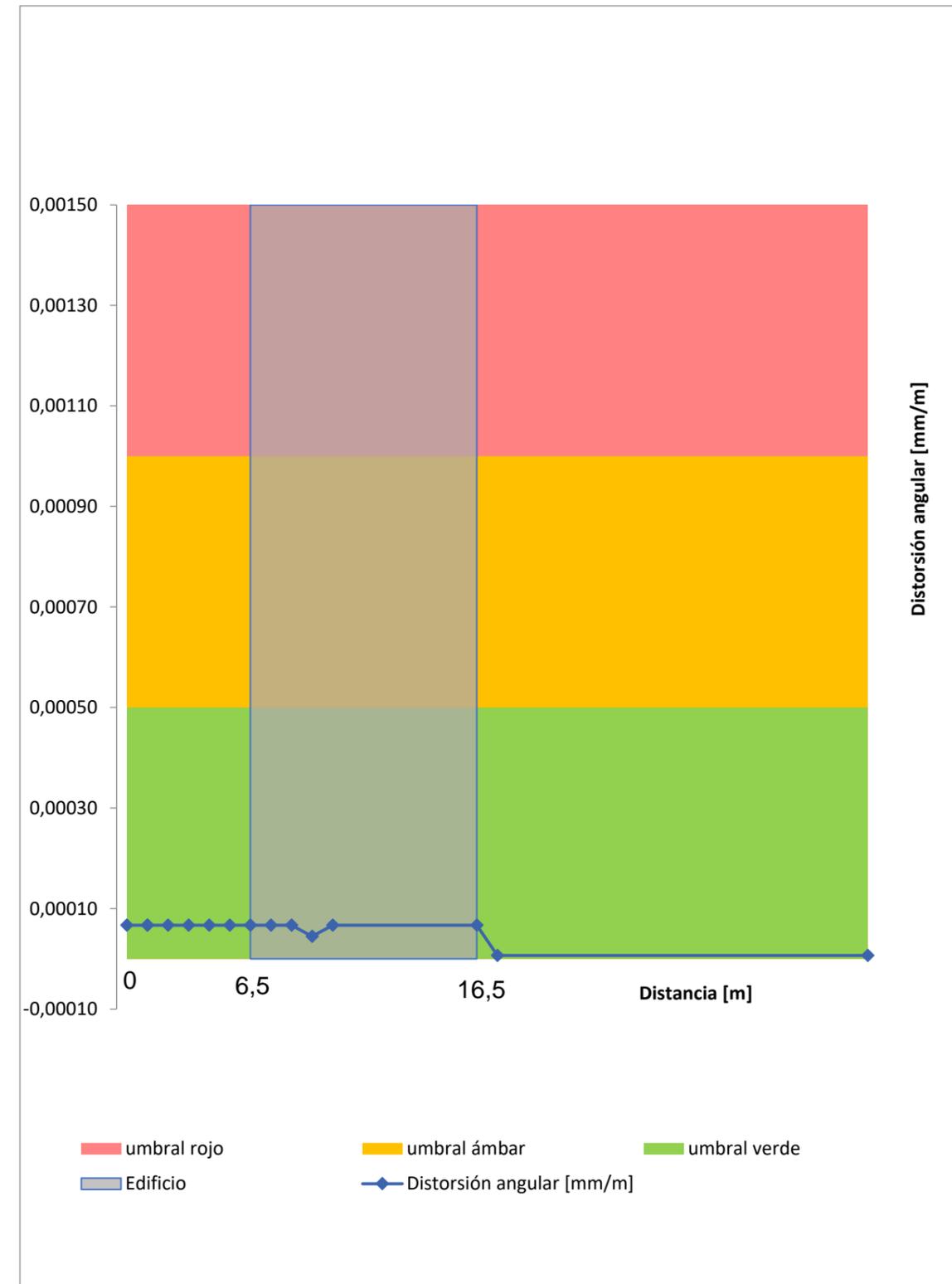


Ilustración 15. Gráfico de distorsiones angulares

A la vista de los resultados obtenidos, se obtiene los siguientes umbrales de riesgo:

**Tabla 3. Umbrales de riesgo**

Magnitud	Umbral
Asiento (mm)	VERDE
Distorsión angular	VERDE

Como se puede comprobar, los asientos alcanzan un valor máximo de 0,6 mm, que supone un umbral VERDE de riesgo. Dicho máximo se sitúa junto a la propia pantalla y no afecta a los edificios adyacentes. A su vez, se obtiene una distorsión angular de que también se encuentra en el umbral VERDE de riesgo. Por tanto, con el diseño de pantallas realizado, no se considera que las subsidencias en esta zona vayan a generar problemas relevantes, aunque esta cuestión deberá ser analizada con mayor detalle durante la redacción del Proyecto.

**1.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS**

1.4.1.- Túnel en Mina de Bustiello

1.4.1.1.- *Excavación*

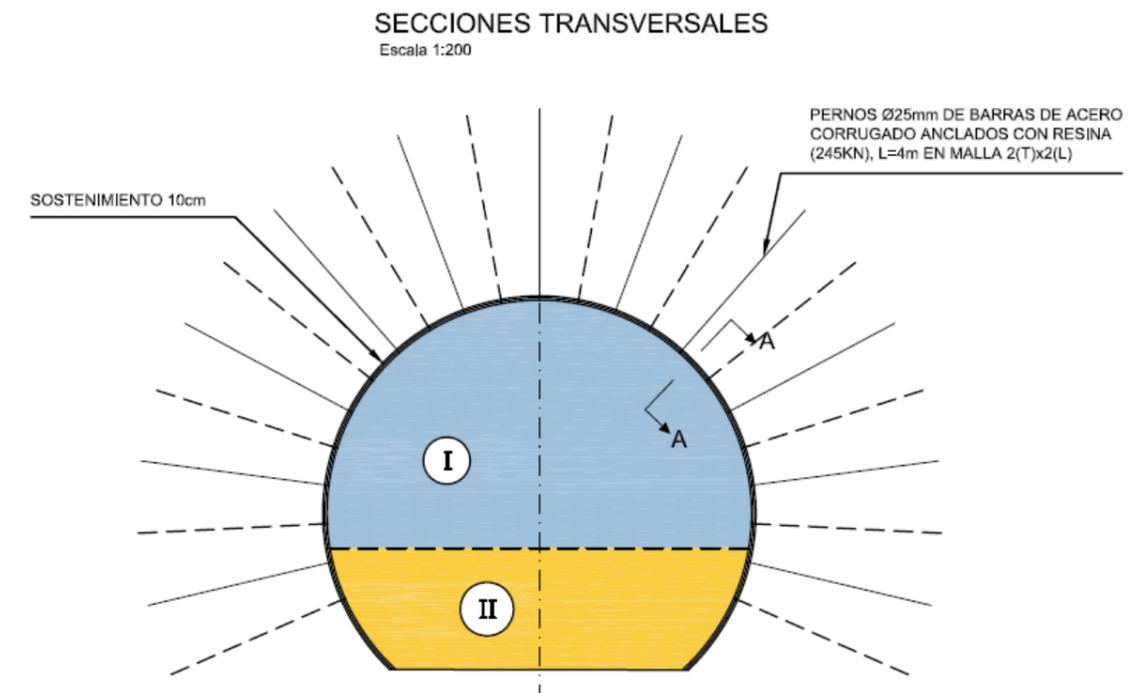
Al tratarse de un túnel en roca, como se ha mencionado, se aplicará el Método Austriaco, que es el estándar empleado en la actualidad para la ejecución de túneles mediante método convencional. Este método ha permitido ejecutar los túneles a menor coste y plazo. En esencia consiste en permitir que el terreno se auto soporte, ya que este presenta cierta resistencia y capacidad para hacerlo. Para ello, se aplica una capa de hormigón proyectado, así como otros elementos de sostenimiento (bulones, cerchas, etc.) que mantienen confinado el terreno, permitiendo así que el mismo se auto soporte. Para verificar que el túnel se está autososteniendo, se controla su deformación, mediante auscultación (medida de convergencias, etc.), de manera que cuando las deformaciones se detienen, el túnel ha alcanzado el equilibrio y se auto soporta.

En función de la calidad geotécnica del terreno presente en el frente de excavación, se colocará una cuantía mayor o menor de sostenimiento, tal como se refleja en los planos que se incluyen en el apéndice.

Dado el gran tamaño del túnel, su sección se excavará en dos mitades:

- Avance, que es la mitad superior del túnel.
- Destroza, que es la mitad inferior.

De este modo se consigue una mayor estabilidad en la excavación.

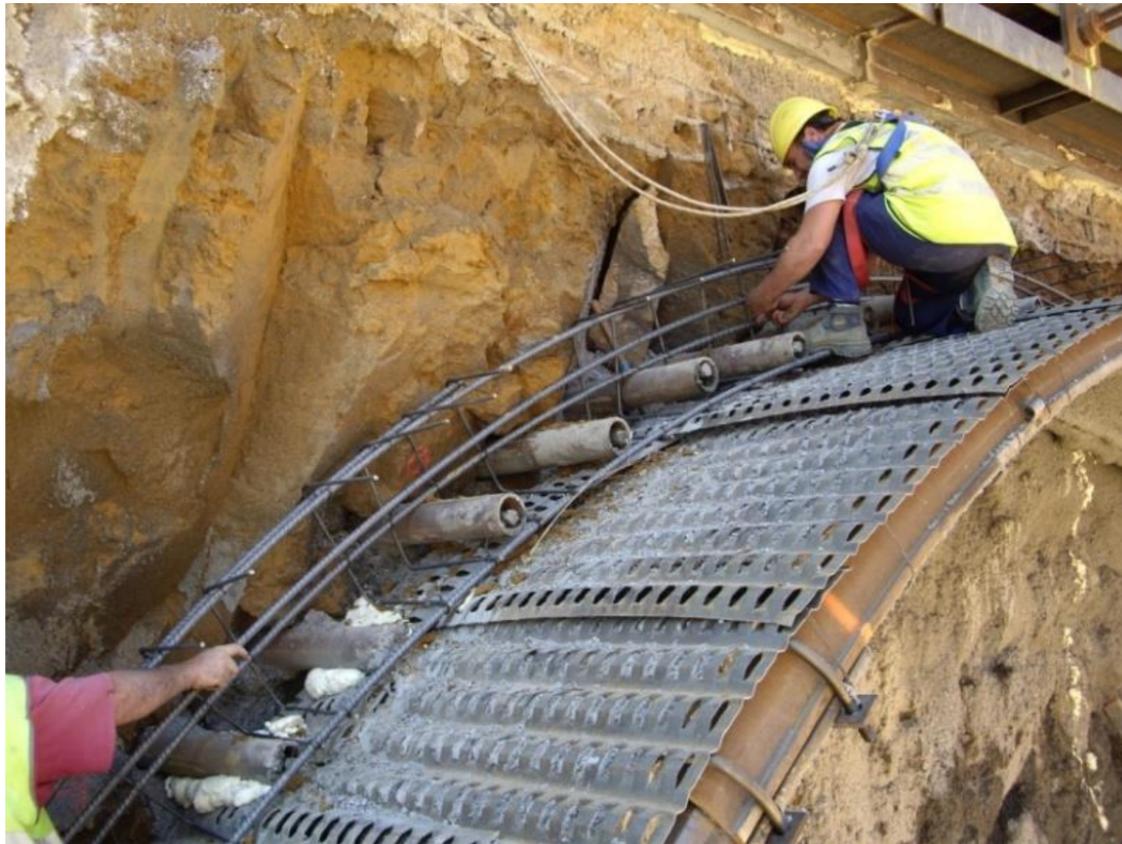


**Ilustración 16: Excavación de la sección en dos mitades (1): AVANCE y (2): DESTROZA**

1.4.1.2.- *Ejecución del avance*

Es la mitad superior de la sección del túnel (zona de bóveda). La sección de excavación de esta fase tiene una altura desde clave de 6,5 m, suficiente para la correcta movilidad de la maquinaria habitual de construcción de túneles.

La primera operación es la construcción de la visera de protección del portal. Los primeros metros de excavación en mina, al tener habitualmente una alteración mayor del terreno, deben tener un proceso constructivo que asegure la estabilidad durante los primeros avances de la excavación. En primer lugar se construye un paraguas de protección de micropilotes y su estructura de unión. A continuación, se construye una visera metálica de protección formada por cerchas y planchas de chapa de acero troquelado.



**Ilustración 17: Colocación de visera de protección en emboquille**

El resultado es una bóveda de protección que permite empezar las labores de excavación en mina con una protección extra frente algún desprendimiento en el talud frontal. El acabado final es con una capa de hormigón proyectado que cubrirá los elementos metálicos.

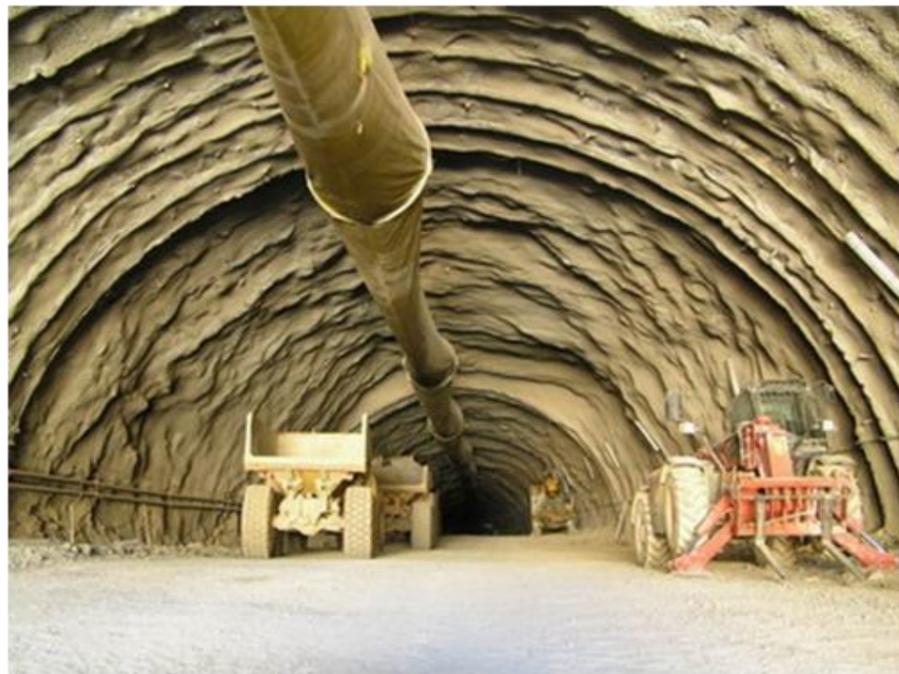


**Ilustración 18: terminación de la visera de protección**

Terminada la estructura de protección del portal se inicia la excavación en avance, empleando medios mecánicos. El primer paso es el replanteo del pase, cuya longitud será de 1 m.



**Ilustración 19: Máquina rozadora para túneles (excavación mecánica)**



**Ilustración 20: Fase de avance en excavación con sostenimiento colocado**

Cuando se emplea rozadora, el desescombro se realiza simultáneamente a la excavación. Pero si se emplea retroexcavadora con martillo demoledor, después de la excavación del pase se inicia la retirada del material resultante. Habitualmente se utilizan palas cargadoras de gran capacidad con chasis sobre neumáticos. Para el transporte del material hasta el lugar de acopio se emplean camiones tipo dumper de chasis articulado para mejorar la maniobrabilidad dentro del túnel.

A continuación, se inicia la colocación del sostenimiento. En una primera etapa se proyecta una capa de hormigón proyectado de 3 a 5 cm, cuya función es sellar los paramentos excavados y evitar que prosperen las fisuras producidas y mitigar pequeñas filtraciones si las hubiera. En la segunda etapa se colocan los elementos metálicos del sostenimiento, en este caso, pernos, cerchas, etc.



**Ilustración 21: Equipo de proyección de hormigón colocando la capa de sellado**



**Ilustración 22: Plataforma de elevación hidráulica para colocación de cerchas y mallazo**

Terminada la colocación de elementos metálicos que correspondan y con la cuantía que se haya establecido, se completa la proyección de hormigón cubriendo los elementos metálicos y alcanzado su espesor teórico. Finalizado el sostenimiento, comienza el proceso con el replanteo de la sección a excavar convirtiéndose en un proceso cíclico.

#### *1.4.1.3.- Ejecución de la destroza*

Es la mitad inferior de la sección del túnel. Esta fase se comenzará a excavar preferiblemente cuando se haya calado el túnel en sección de avance, aunque también podría hacerse simultáneamente al avance, siempre que se respete la distancia mínima fijada en los planos.



**Ilustración 23: Vista del frente de excavación de la destroza de un túnel**

#### *1.4.1.4.- Ejecución de la Impermeabilización, revestimiento y remates*

Una vez completada toda la sección del túnel, se procederá a instalar la impermeabilización, que consistirá en la aplicación de una capa de lámina de PVC y geotextil.

A continuación se ejecutarán las zapatas del revestimiento, en las que quedarán instaladas diversas conducciones y drenajes.

Tras esta operación, con ayuda de un carro-cimbra de encofrado, se ejecutará un revestimiento de hormigón en masa.

Por último, se ejecutarán las aceras, y los diversos remates necesarios para completar la sección del túnel.

Estas labores de ejecución se ilustran en la fotografía adjunta.



**Ilustración 24: Instalación de impermeabilización y revestimiento**

#### 1.4.2.- Túnel entre Pantallas

Dado el escaso recubrimiento de terreno presente en la zona soterrada del casco urbano de Avilés, y condicionado también por la presencia de terreno tipo suelo, se considera podrían emplearse dos posibles soluciones:

- OPCIÓN 1: Excavación en zanja y construcción de un falso túnel abovedado.
- OPCIÓN 2: Excavación entre pantallas

La **primera opción**, requiere la ejecución de una zanja previa, en la cual construir el falso túnel. Dada la escasa disponibilidad de espacio, especialmente en las zonas más urbanizadas próximas a la Ría, se descarta la aplicación de excavaciones convencionales en talud, que por otro lado generarían problemas de inestabilidad debido a la citada presencia de agua.

Para esta primera opción podría ejecutarse una solución de zanja con tablestacas, que son muy eficientes para trabajar en terrenos con agua, aunque requeriría un tratamiento del fondo de excavación para evitar supresiones en la solera.



**Ilustración 25: Zanja tablestacada**

Una vez ejecutada la zanja y tratado el fondo de excavación, se ejecutaría el túnel a cielo abierto, con sección abovedada, que es la que estructuralmente tiene mejor comportamiento.

Aunque este proceso sería viable, presenta dos inconvenientes principales:

- Durante la excavación, es necesario ejecutar un gran número de estampidores, de lado a lado de la zanja, para evitar que la presión hidrostática colapse las tablestacas. Además, los trabajos de ejecución del túnel se realizarían a cielo abierto, lo que conlleva la generación de ruido y polvo en el entorno urbano.
- Durante la explotación, esta solución suele presentar más filtraciones al túnel que otro tipo de soluciones, como es la ejecución entre pantallas acompañada de tratamientos del terreno.

Por estos motivos, se considera más adecuada la **Opción 2**, que a continuación se describe.

En esta opción, en primer lugar, se ejecuta un tratamiento del terreno. Este tratamiento permite impermeabilizar el terreno, evitando futuras filtraciones y subpresiones. Se trata de una labor fundamental, ya que, en una gran longitud del soterramiento, el trazado discurre en paralelo a la Ría, a muy escasa distancia.

El objetivo del tratamiento, es el de impermeabilizar el terreno, y mejorar la resistencia del mismo. De acuerdo con las recomendaciones del Ministerio de Fomento (2002), los tratamientos habituales son los siguientes:

TÉCNICA O TRATAMIENTO	TERRENO		MEJORA DE			PROFUNDIDAD EFICAZ DEL TRATAMIENTO
	GRANULAR	COHESIVO	RESISTENCIA	DEFORMABILIDAD	PERMEABILIDAD	
Sustitución del terreno	Cualquier suelo problemático (suelos blandos, arcillas expansivas, suelos colapsables)		Sí	Sí	Sí	Moderada (normalmente menos de 3 m)
Compactación con rodillo	Cualquier terreno no saturado		Sí	Sí	No	Pequeña (normalmente menos de 1 m).
Precargas	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Hasta varias decenas de metros
Mechas drenantes	No	Sí	No	No	Sí	Hasta varias decenas de metros
Vibración profunda	Sí Vibroflotación	Sí Vibrosustitución	Sí	Sí	No	Normalmente hasta 15 m de profundidad
Compactación dinámica	Cualquier tipo		Sí	Sí	No	Véase epígrafe 7.2.4
Inyecciones	Impregnación (véase nota al pie)	No aplicable	Algo	Algo	Sí	Hasta más de 100 m
	Hidrofracturación: cualquier terreno		Algo	Sí	Sí	
	Desplazamiento: cualquier terreno		Sí	Sí	Sí	
Jet-grouting	Cualquier tipo		Sí	Sí	Sólo con columnas secantes	Normalmente menos de 20 m
Columnas de grava	Cualquier tipo de suelo blando		Sí	Sí	Sí	Normalmente menos de 20 m
Columnas de suelo cemento	Cualquier tipo de suelo blando		Sí	Sí	No	Normalmente menos de 20 m
Claveteado o cosido del terreno	Suelos de consistencia media o superior		Sí	Sí	No	Normalmente menos de 10 m

Como puede comprobarse, los más eficientes tratamientos que mejoran la resistencia del terreno e impermeabilizan el mismo son las inyecciones y el jet grouting secante.

Las inyecciones no se recomiendan, pues es difícil controlar que zonas se han inyectado y cuales no.

Por ello, la mejor opción en aplicación de jet grouting. Se ejecutarían columnas secantes, desde la superficie hasta el fondo, en la zona de los hastiales laterales, y solo en el fondo en la zona bajo losa para constituir así un tapón de fondo contra sifonamiento y subpresiones, tal como se ilustra en el esquema adjunto:

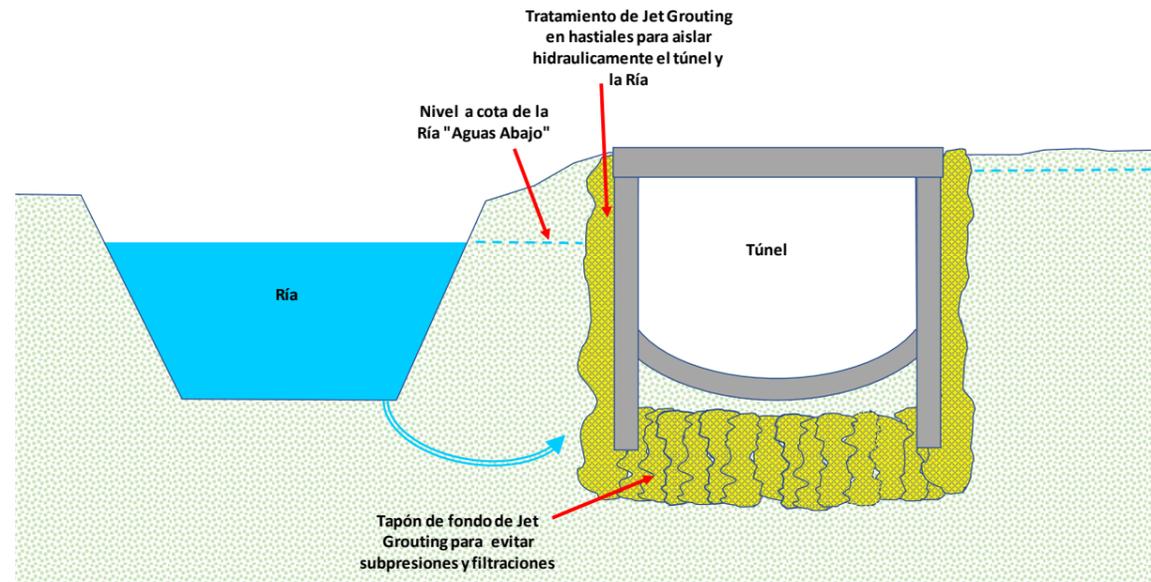


Ilustración 26; Zonas a tratar con Jet Grouting

Tras realizar el tratamiento, se ejecutan las pantallas laterales, y la losa de cubrición. A partir de ese momento, se trabaja en subterráneo bajo la losa, impidiendo que el ruido y el polvo de las obras perturben la ciudad. Este método resuelve los inconvenientes de la anterior opción, por lo que es la que se propone. A continuación, se ilustra la forma de desarrollar el proceso constructivo descrito tras realizar el tratamiento previo:

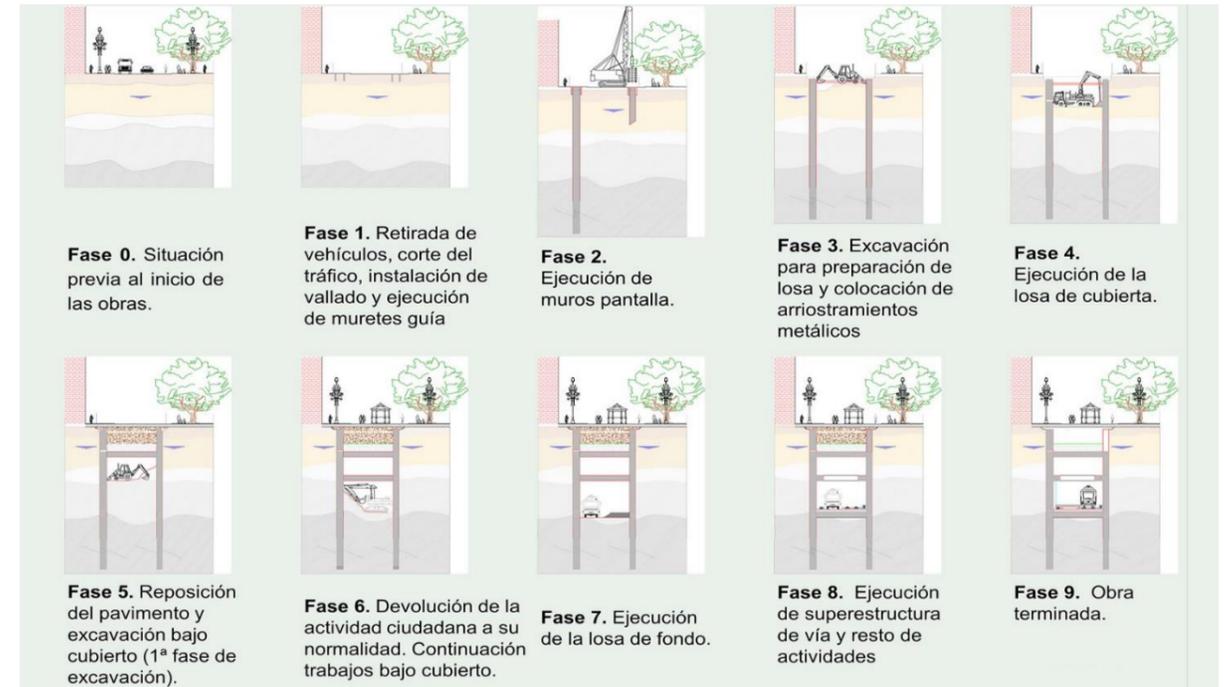


Ilustración 27: Procedimiento de ejecución de túnel entre pantallas



Ilustración 28: Trabajos bajo losa en un túnel entre pantallas

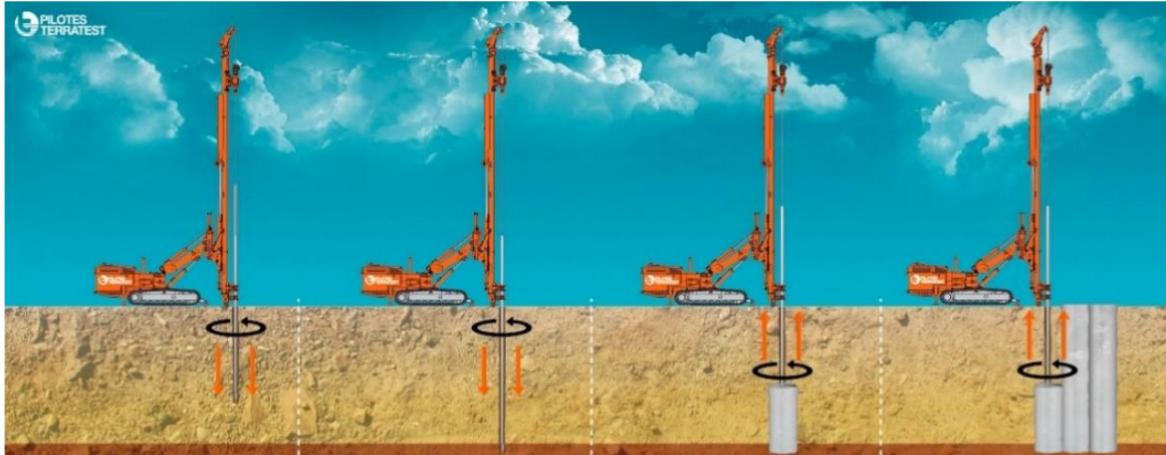


Ilustración 29: Esquema de ejecución de un tratamiento con jet grouting

#### 1.4.3.- Excavación de las pantallas

Tal como se ha indicado, se prevé la ejecución del soterramiento y rampas con pantallas continuas.

El terreno donde se van a ejecutar es duro y resistente. Esto, como se expondrá, condiciona el método de excavación.

En principio, podrían emplearse los siguientes sistemas:

- **Cuchara bivalva:** Se emplea en terrenos que lo permitan (no demasiado duros). Dependiendo del fabricante, pueden llegarse a excavar terrenos que tengan una resistencia a compresión en torno a los 5 MPa, aunque generalmente no suelen pasar de 2MPa.
- **Trépano:** Se emplea en terrenos duros o en roca, que no pueden ser arrancados por la cuchara bivalva. Es un elemento metálico, de entre 2 y 3 m de altura, que pesa entre 3 y 10 t, y que se deja caer desde una altura de 1 a 3 m. Al caer, rompe el terreno del fondo de la zanja, que se extrae con la cuchara bivalva. Tiene como inconveniente que produce vibraciones elevadas, lo que convierte al trépano en un sistema de excavación prácticamente en las proximidades de edificios o estructuras.

- **Hidrofresa:** Es un elemento excavador con ruedas dentadas que giran en sentidos contrarios, arrancando el terreno. La fricción que las ruedas dentadas producen al indentar en la roca, hace necesaria la refrigeración de las mismas. Para ello se lodo bentonítico como agente refrigerante. Los propios lodos se mezclan con los detritos de la excavación, gracias a lo cual se extraen del fondo de la zanja. Dado que los lodos bentoníticos se recirculan para permitir esta extracción, han de ser "reciclados", o limpiados, mediante la eliminación de los restos de terreno extraídos del fondo de la zanja. La hidrofresa apenas produce vibraciones y es el más rápido. Su rango de trabajo se extiende a rocas de hasta unos 40 MPa.



CUCHARA BIVALVA

TREPANO

HIDROFRESA

Ilustración 30: Sistemas de ejecución de las pantallas

Hasta una resistencia a compresión simple del terreno de 5 MPa las cucharas ofrecen un buen rendimiento. Para resistencias mayores (hasta 15 – 20 MPa), pueden ayudarse de trépano, pero si el terreno duro aparece de forma abundante, los rendimientos decrecen rápidamente. En obras con presencia abundante de terreno duro, la hidrofresa es la técnica más adecuada.

En resumen, las condiciones de trabajo adecuadas de cada una de estas técnicas de trabajo, se resume en la tabla que se incluye a continuación:

MÉTODO	LÍMITE DE RESISTENCIA TERRENO	OBSERVACIONES
Cuchara Bivalva	5 MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo aptos terrenos blandos</li> </ul>
Trépano	15 MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>En combinación con bivalva</li> <li>Genera fuerte vibración</li> <li>Bajos rendimientos si el volumen de terreno duro es grande</li> </ul>
Hidrofresa	40 MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta los mejores rendimientos, con escasa vibración.</li> </ul>

**Tabla 1-4: Resumen de características de excavabilidad de los diferentes métodos de ejecución de pantallas**

Los terrenos donde se van a ejecutar las pantallas presentan las siguientes resistencias:

- En la zona de La Rocica, tras un par de metros iniciales en suelos, el terreno es rocoso (calizas-dolomías), con una resistencia a compresión de 26 MPa.
- En el soterramiento y las rampas, se ha previsto un tratamiento con jet grouting, cuyas columnas pueden alcanzar una resistencia a compresión entre 4 – 7 MPa.

De acuerdo con estas resistencias, pueden alcanzarse las siguientes conclusiones:

- La cuchara bivalva, cuyo límite de excavabilidad es de 5 MPa, no es capaz de excavar ni el jet grouting (4 – 7 MPa) ni la roca caliza de la Rocica (26 MPa).
- Eventualmente podría emplearse una bivalva suplementada por un trépano en las zonas más duras, sin embargo, el trépano genera muchas vibraciones, y es muy lento de operación. Dado que las zonas duras van a ser muy extensas, se desaconseja su uso.

- La hidrofresa, que puede trabajar con rocas de hasta 40 MPa, es el método más adecuado, y por ello es el que se recomienda.

### 1.5.- CÁLCULO ESTRUCTURAL Y JUSTIFICACIONES DE LAS SECCIONES TIPO ADOPTADAS

#### 1.5.1.- Túnel en mina

Para comprobar la validez geotécnica de las secciones tipo de sostenimiento definidas, se han realizado cálculos tensodeformacionales por elementos finitos, empleando el software RS-2, de la casa canadiense Rocscience. Los cálculos se han realizado para cada una de las secciones de sostenimiento definidas para el Túnel de Bustiello (ST-I, ST-II, ST-III, ST-IV y ST-V).

De acuerdo a la normativa en vigor para sostenimientos de obras subterráneas en mina (ITC 04.6.05), se asume para los sostenimientos un factor de seguridad mínimo necesario de valor 1,5. En túneles en mina no se aplican criterios de minoración de propiedades y mayoración de cargas, pues en ellos no se aplican Códigos Estructurales.

Los materiales que se emplean presentan las siguientes propiedades:

- Hormigón proyectado: fck = 30 MPa.
- Bulones: capacidad límite 240 kN
- Cerchas: acero S355JR

El terreno en el que se realizan los cálculos son calizas-dolomias y margas, que presentan los siguientes parámetros:

RESISTENCIA COMPRESION (Mpa)	DEF.		RESISTENCIA TRACCIÓN (Mpa)	PARAMETRO HOEK	MÓDULO DE CORTE (MPa)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (MPa)
	COEFICIENTE POISSON	MOD. YOUNG (GPa)				
26	0,14	18,49	4,49	10	1142,33	2855,82

**Tabla 1-5: Parámetros de cálculo túnel en mina**

Los cálculos se realizan para el valor del RMR más bajo de cada intervalo de definición del sostenimiento. De acuerdo a este criterio, los valores de cálculo son los siguientes:

SOSTENIMIENTO	RMR DE CÁLCULO
ST-I	80
ST-II	60
ST-III	40
ST-IV	20
ST-V	15

Tabla 1-6: Valor del RMR de cálculo para cada sostenimiento

Los resultados del cálculo se han expresado como diagrama de iteración, incluyéndose a continuación los resultados. En todos los casos puede comprobarse que los puntos representativos del cálculo quedan en el interior de la envolvente del factor de seguridad considerado, lo que demuestra que todos los sostenimientos definidos son estables.

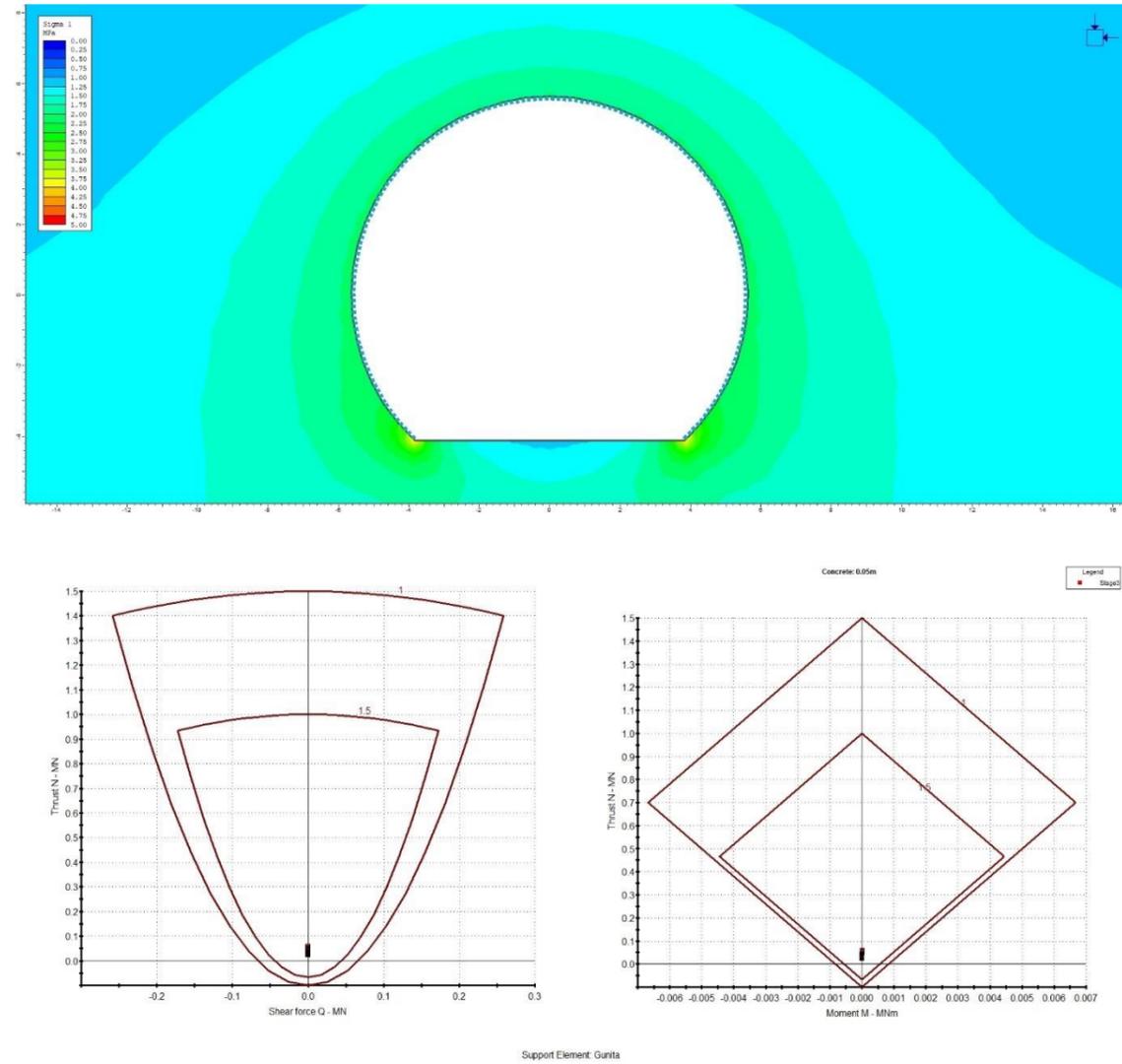


Ilustración 31: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-I

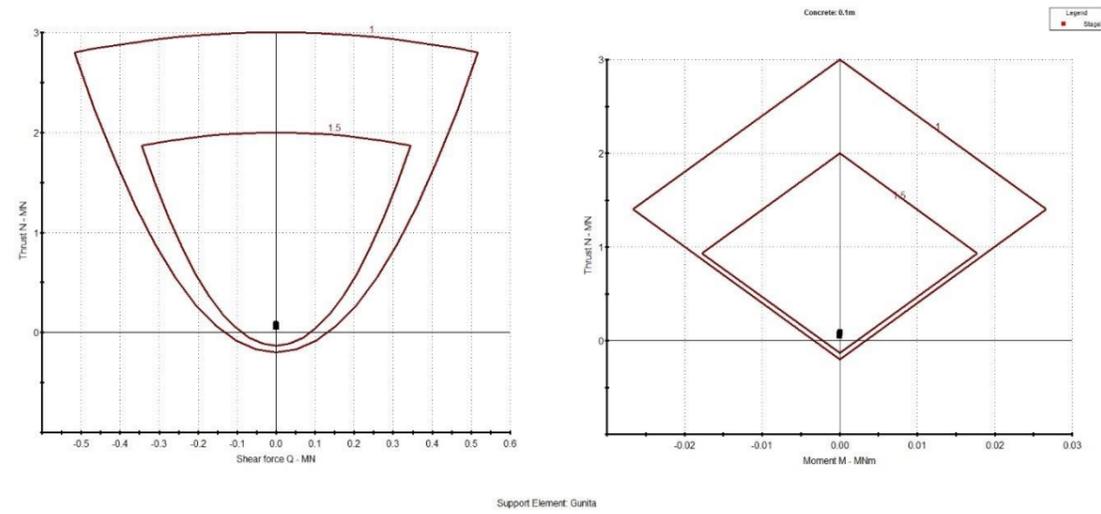
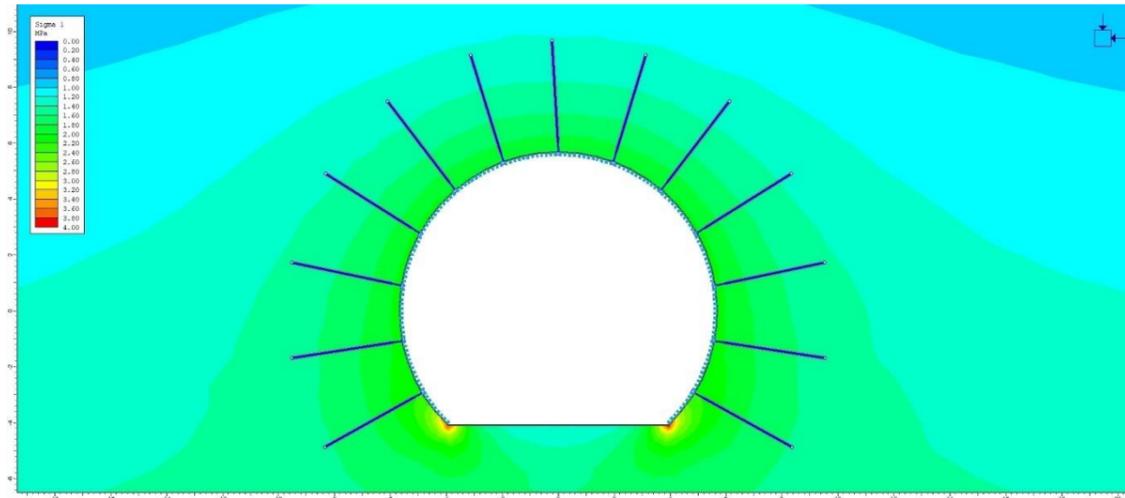


Ilustración 32: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-II

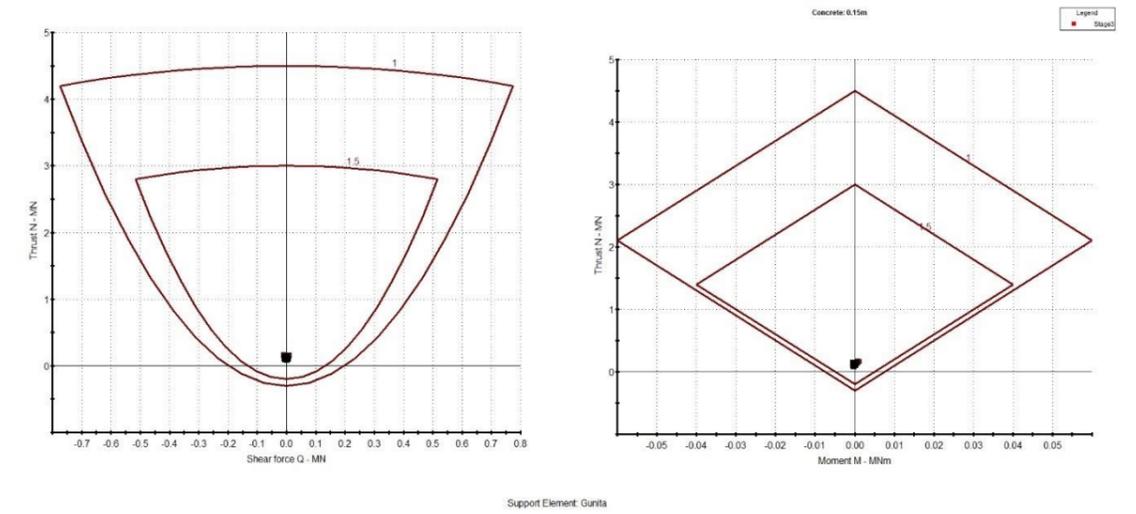
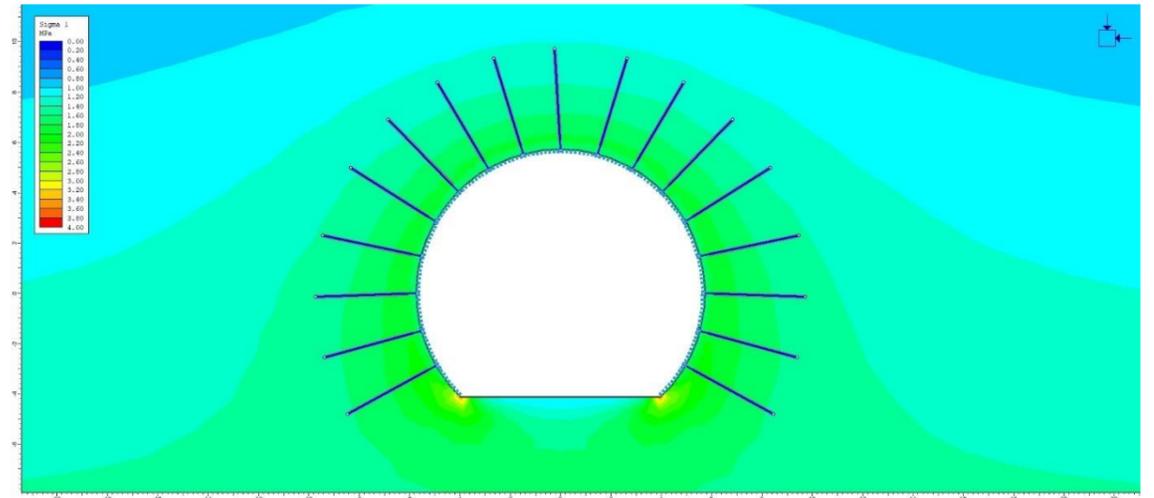


Ilustración 33: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-III

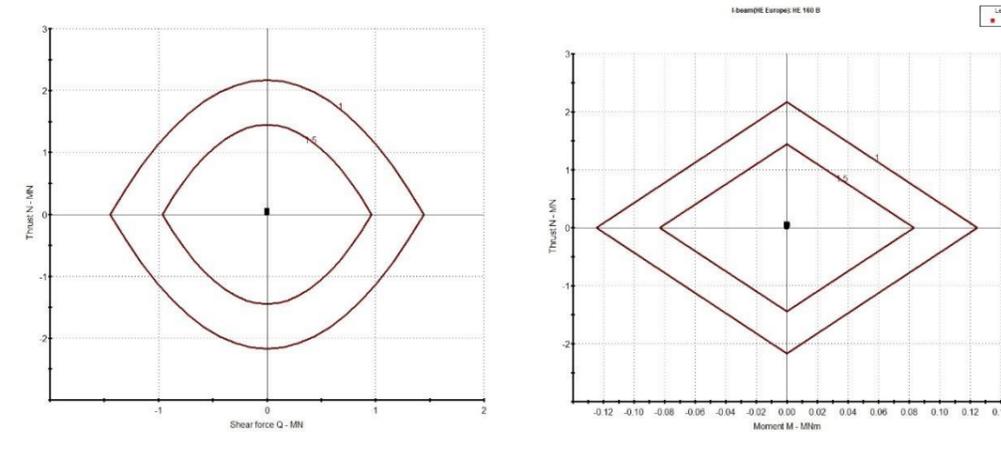
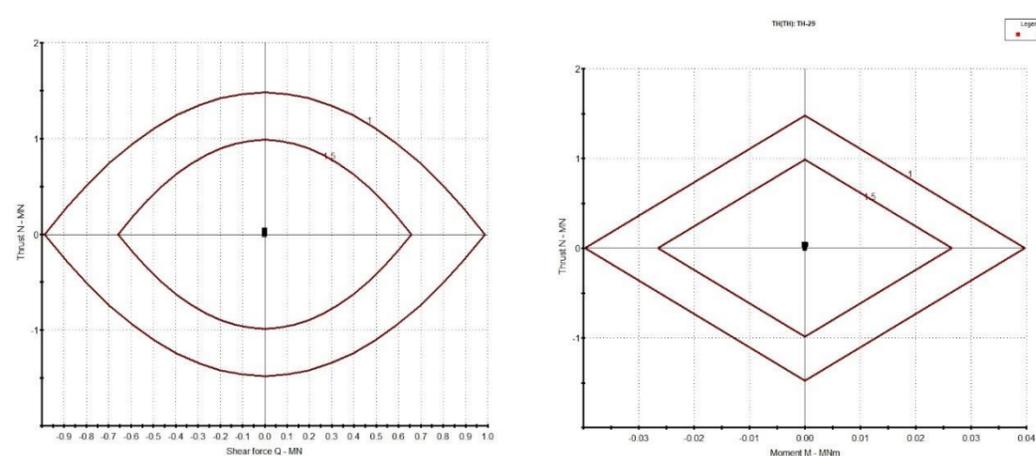
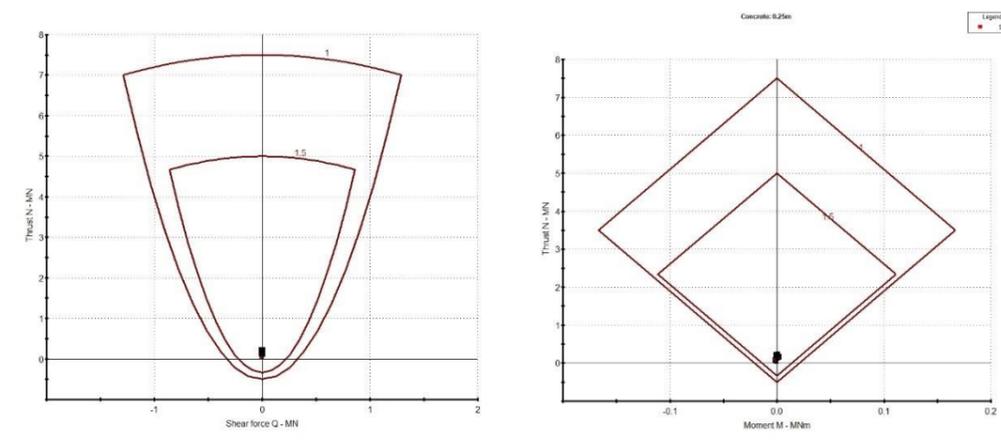
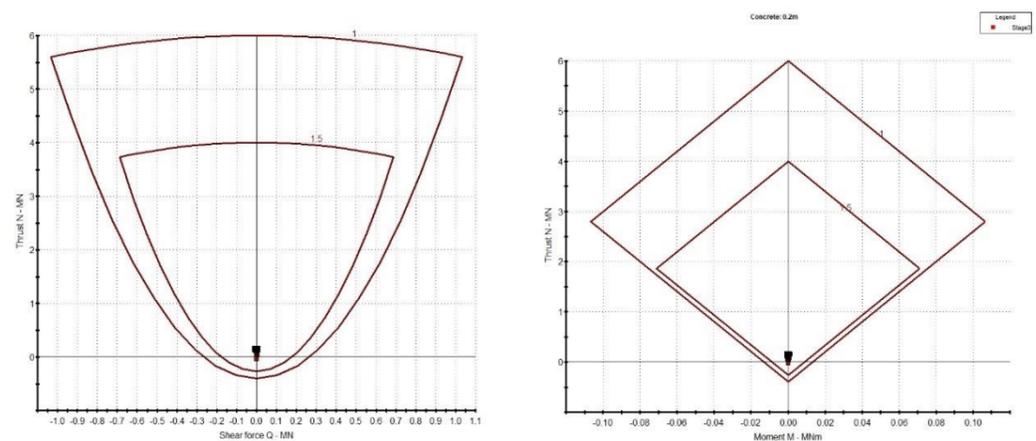
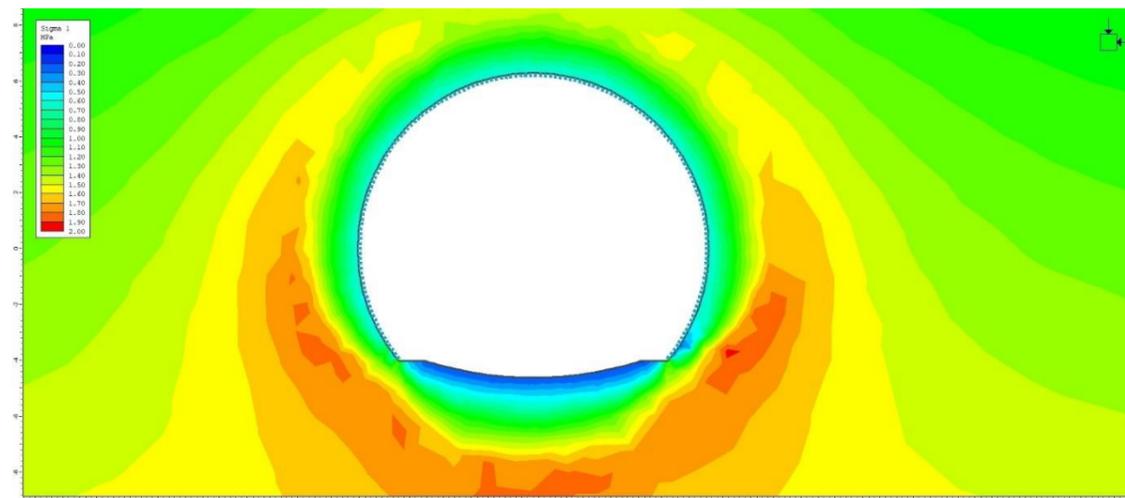
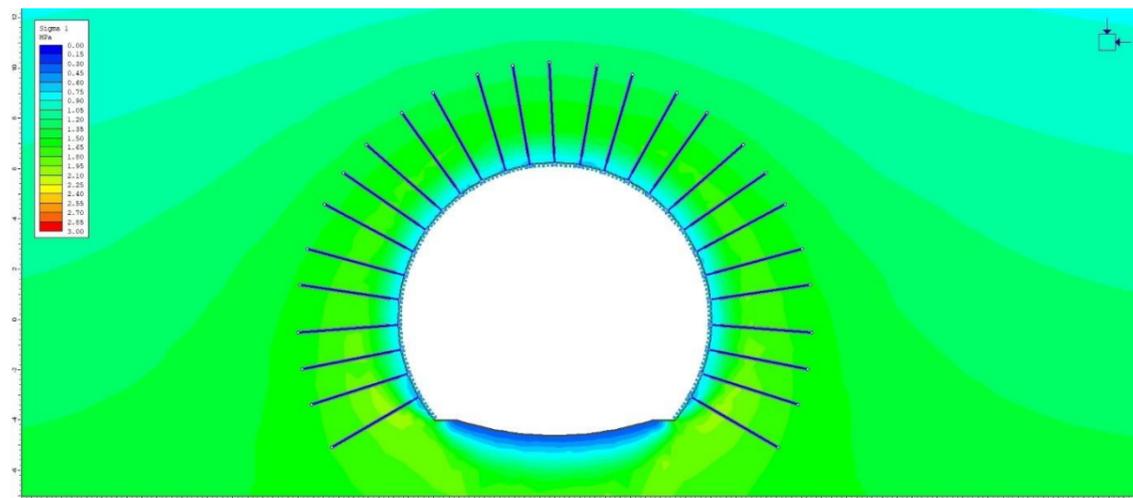


Ilustración 34: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-IV

Ilustración 35: Tensiones y diagrama de iteración del sostenimiento ST-V

1.5.2.- Tramos entre pantallas

1.5.2.1.- *Consideraciones geotécnicas en relación al Jet Grouting*

Como se ha indicado, en el tramo soterrado y en sus rampas de entrada y salida, entre los PP.KK 2+225 – 3+400, la presencia del nivel freático y depósitos de ría aconsejan la aplicación de un tratamiento de jet grouting. Por ello, será necesario considerar unos parámetros de cálculo para este terreno tratado.

El terreno a tratar será fundamentalmente el QR, es decir, los depósitos de ría, constituidos fundamentalmente por arenas finas, arenas limosas, limos y arcillas con cantos de cuarzo y niveles de gravas.

Para estimar las propiedades geotécnicas de las columnas de Jet Grouting se va a emplear el método propuesto por Croce (2017) en la publicación “The characteristic strength of jet-grouted material” (Geotechnique, 2017). Se basa en el empleo de la formulación y tablas que se incluyen a continuación:

<p>RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA COLUMNA</p> $q_u = \frac{c}{\alpha}$ $\alpha = \frac{1}{2 \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)}$	<p>MÓDULO DE YOUNG DE LA COLUMNA</p> $E_o = \beta \cdot q_u = \frac{\beta}{\alpha} \cdot c$
---	---

**Table 1.** Mohr–Coulomb parameters and compressive strengths for different jet-grouted materials

Reference	Soil type	$\phi$ : deg	$c$ : MPa	$q_c$ : MPa at $\sigma_r = 0$ kPa	$q_c$ : MPa at $\sigma_r = 200$ kPa
Bzówka (2009)	Sandy	58.2	2.3	16.1	18.4
Croce & Flora (1998)	Silty sand	26.1	3.2	10.3	10.6
Mongioli et al. (1991)	Gravel	52	2.1	12.2	13.7
Mongioli et al. (1991)	Gravel	42	0.3	1.3	2.2
Mitchell et al. (1981)	Clay	39.5	0.58	2.5	3.2
Yahiro et al. (1982)	Sand and Clay	28.5	0.7	2.4	2.7
Miki (1982)	Various	25	0.8	2.5	2.8
Yu (1994)	Clay - Silty sand	40.6	1.1	4.8	5.5
Fang et al. (1994.a)	Silty sand	35	4.2	16.1	16.7
Fang et al. (1994.b)	Clay - Silty sand	42	4.2	18.9	19.7
Fang and Chung (1997)	Clay and silty sand	38.6	0.8	3.3	4.0
Fang et al. (2004)	Silt and Sand	38.7	0.7	2.9	3.6
Nikbakhtan and Osanloo (2009)	Clay & sand	45	0.6	2.9	3.9
	Clay & sand	25	0.77	2.4	2.7

**Table 2.** Relation between Young’s modulus and  $q_u$  from literature

Reference	Definition of $E$	Soil type	$\beta$
Mongioli et al. (1991)	tangent unspecified	gravel	280 – 1000
Lunardi (1992)	secant at 40% $q_u$	gravel and sand	500 – 1200
Nanni et al. (2004)	tangent unspecified	gravel and sand	440 - 1000
Croce et al. (1994)	tangent unspecified	sandy gravel	210 – 670
Croce and Flora (1998)	secant at $\epsilon_a = 0.01\%$	silty sand	220 – 700
Nanni et al. (2004)	tangent unspecified	silty sand	330 – 830
Fang et al. (2004)	tangent at 50% $q_u$	silty sand	300 – 750
Fang et al. (2004)	tangent at 50% $q_u$	silty sand/silty clay	100 – 300
Lunardi (1992)	secant at 40% $q_u$	silt and clay	200 – 500

Los datos que se han escogido son los propuestos por Fang (2004). Se trata de parámetros correspondientes a arenas limosas y arcillas limosas que, aunque tienen mayor presencia de finos que los aluviales y gravas, proporcionan parámetros más bajos, del lado de la seguridad. De este modo, los parámetros que se proponen para las columnas de Jet a ejecutar serían los siguientes:

PARAMETRO	VALORES	OBSERVACIONES
COHESIÓN COLUMNA	c = 0,7 MPa	Fang (2004)
FRICCIÓN COLUMNA	$\phi = 38,7$ (°)	Fang (2004)
COEFICIENTE	$\alpha = 0,24$	Formula
COEFICIENTE	$\beta = 200$	Fang (2004)
RESISTENCIA COLUMNA	$q_u = 2,92$ MPa	Fórmula
MOD YOUNG COLUMNA	E = 583 MPa	Fórmula
DENSIDAD COLUMNA	$\rho = 18$ KN/m <sup>3</sup>	Bibliografía

Tabla 1-7: Parámetros geotécnicos de las columnas

Los valores de cohesión y fricción son muy elevados, muy por encima de los rangos habitualmente aplicados a los suelos e incluso algunas rocas. En previsión de que haya zonas entre las columnas que no se hayan tratado, conservándose el suelo original, se van a minorar sustancialmente estos valores. De este modo, se opta por reducir en diez veces la cohesión y rebajar un 20 % el valor de la fricción, lo que implicaría unos valores asignados  $c = 70$  kN/m<sup>2</sup> y  $\phi = 32$  °.

También será necesario considerar el Coeficiente de Balasto Horizontal Kh, que se puede estimar mediante el abaco de Chadeisson:

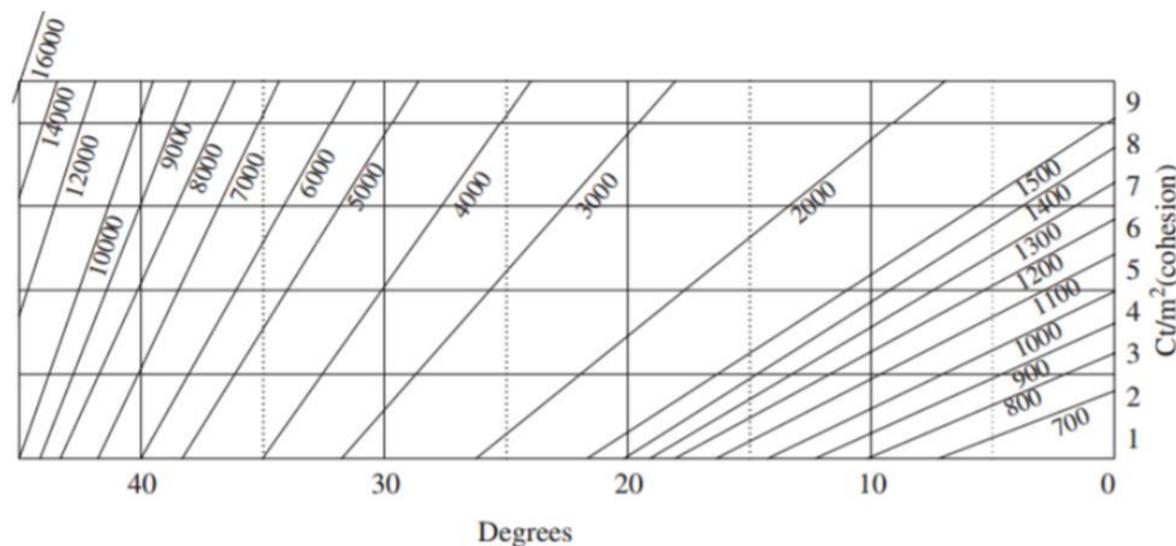


Ilustración 36: Abaco de Chadeisson (Valores de Kh en T/m<sup>2</sup>/m)

Entrando con los valores de cohesión  $70 \text{ kN/m}^2 = 7 \text{ t/m}^2$  y  $\phi = 32$  °, se obtiene un coeficiente de balasto de  $> 45000 \text{ kN/m}^3$ .

1.5.2.2.- Túnel soterrado

Para realizar el cálculo del túnel soterrado entre pantallas, se ha empleado el software CYPE. La sección de cálculo es la correspondiente al punto bajo del soterramiento, aproximadamente en el PK 2+840, en la que se considera una altura de cálculo de unos 15 m a fondo de excavación. Se ha considerado, a ambos lados de las pantallas, una sobrecarga de uso de  $25 \text{ kN/m}^2$ , para tener en consideración futuros edificios o estructuras que puedan instalarse.

Como se indica en los apartados anteriores, se ha consideran pantallas de 1,2 m de canto, contrabóveda de igual espesor, y una losa superior de 1 m de espesor. Del lado de la seguridad, no se consideran anclajes ni niveles intermedios de arriostramiento.

Se empleará el Código Estructural español como norma de cálculo. Los materiales empleados son:

- Hormigón: HA-30,  $Y_c=1,5$
- Acero: B 500 S,  $Y_s=1,15$
- Clase de exposición: XS2
- Recubrimiento geométrico: 6,0 cm

Las acciones serán:

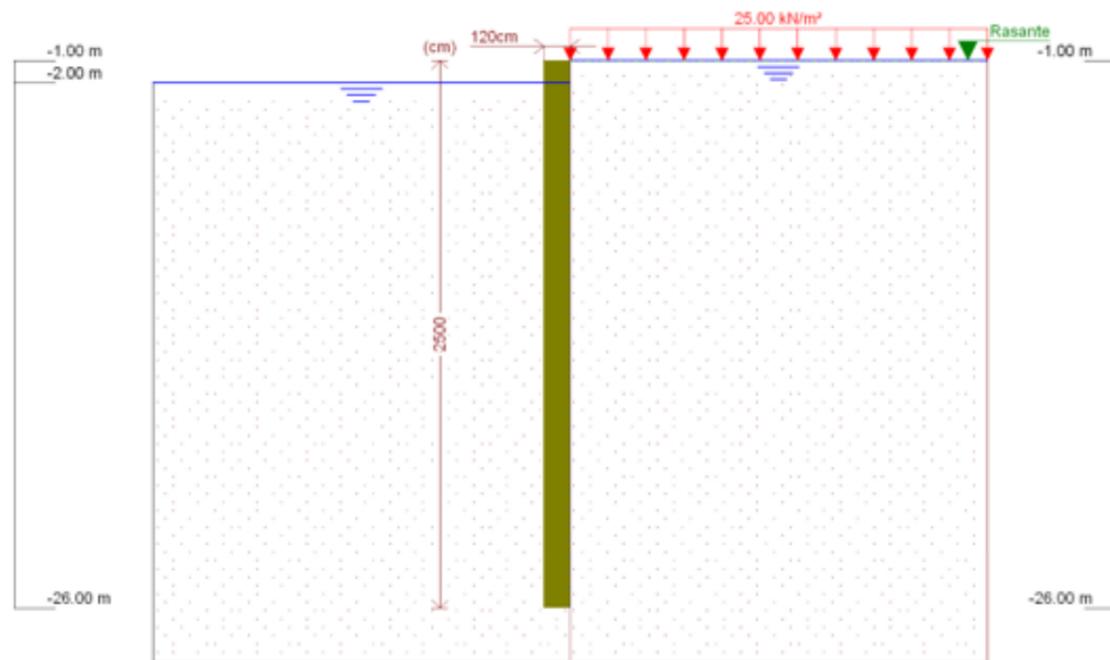
- Mayoración esfuerzos en construcción: 1,50
- Mayoración esfuerzos en servicio: 1,50
- Sin análisis sísmico
- Sin considerar acciones térmicas en puntales

El terreno estará compuesto en toda su extensión por Depósitos de Ría tratados con Jet Grouting. Las características geotécnicas consideradas son las siguientes:

- Densidad aparente:  $18,0 \text{ kN/m}^3$

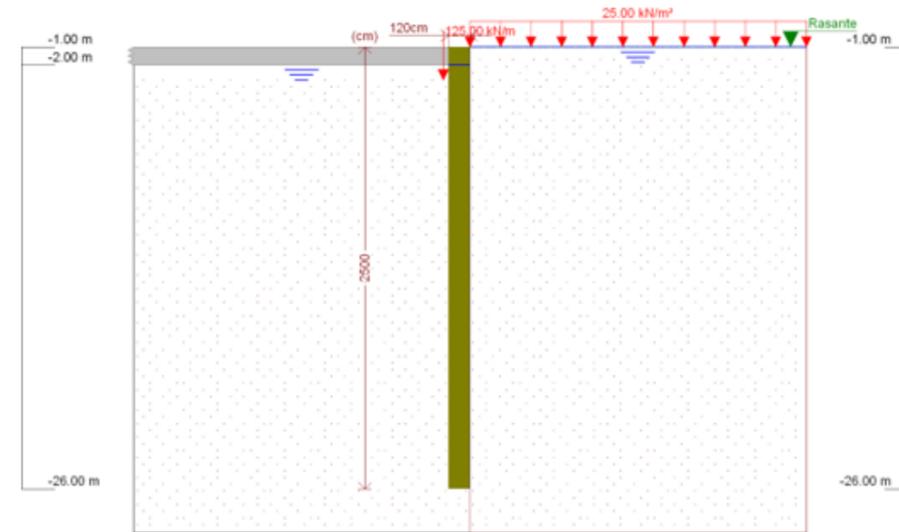
- Densidad sumergida: 10,0 kN/m<sup>3</sup>
- Ángulo rozamiento interno terreno tratado con jet grouting: 32 grados
- Cohesión terreno tratado con jet grouting: 12.00 kN/m<sup>2</sup>
- Módulo de balasto: 45000.0 kN/m<sup>3</sup>
- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 33.0 %
- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 33.0 %

Las fases de excavación del modelo de cálculo son las siguientes:



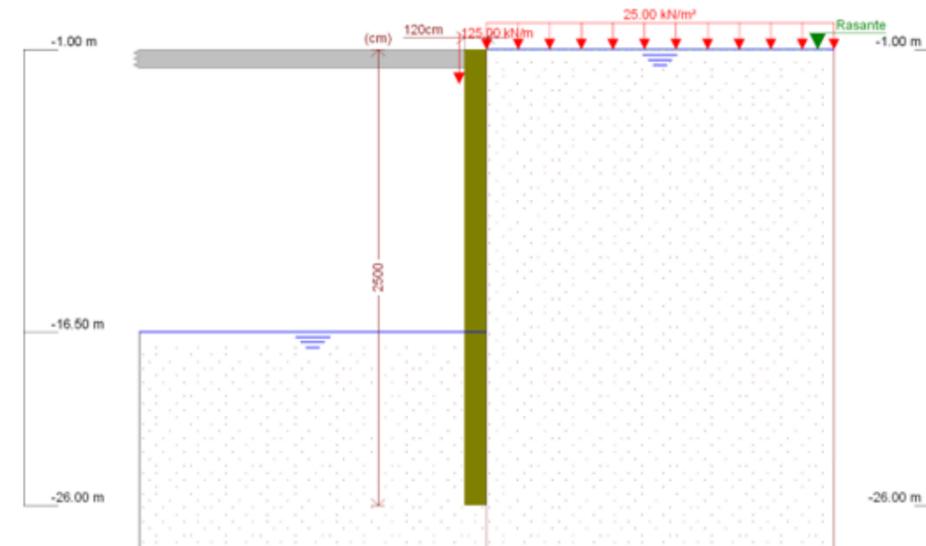
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	PRIMER VACIADO	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -2.00 m

**Ilustración 37: Fase 1 (Primer Vaciado)**



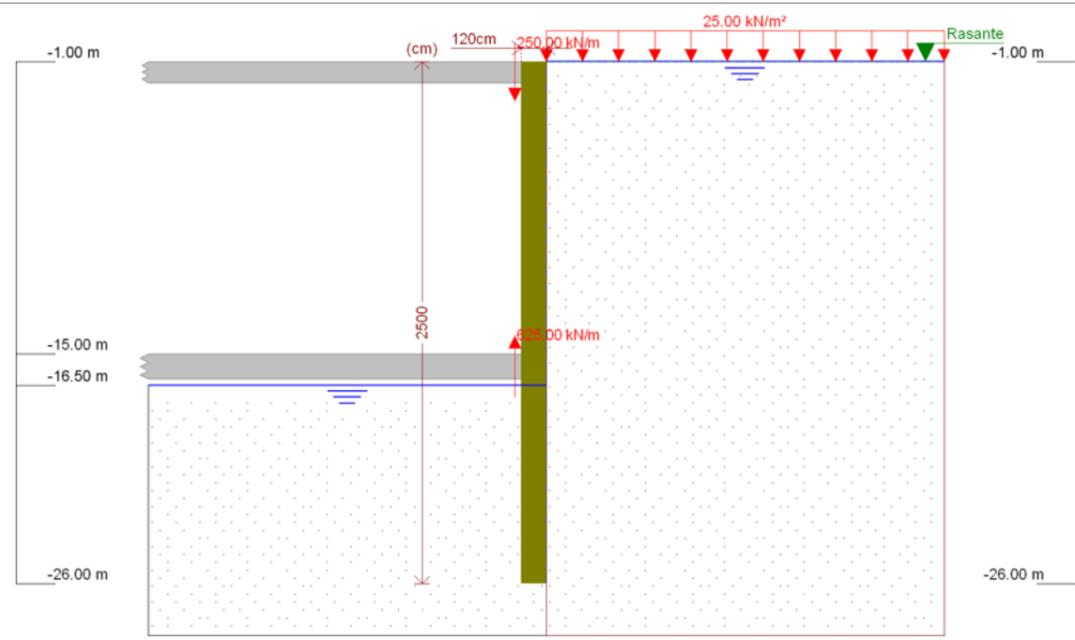
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	LOSA SUPERIOR	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.00 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -2.00 m

**Ilustración 38: Fase 2 (Losa Superior)**



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	FONDO EXCAVACION	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -16.50 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -16.50 m

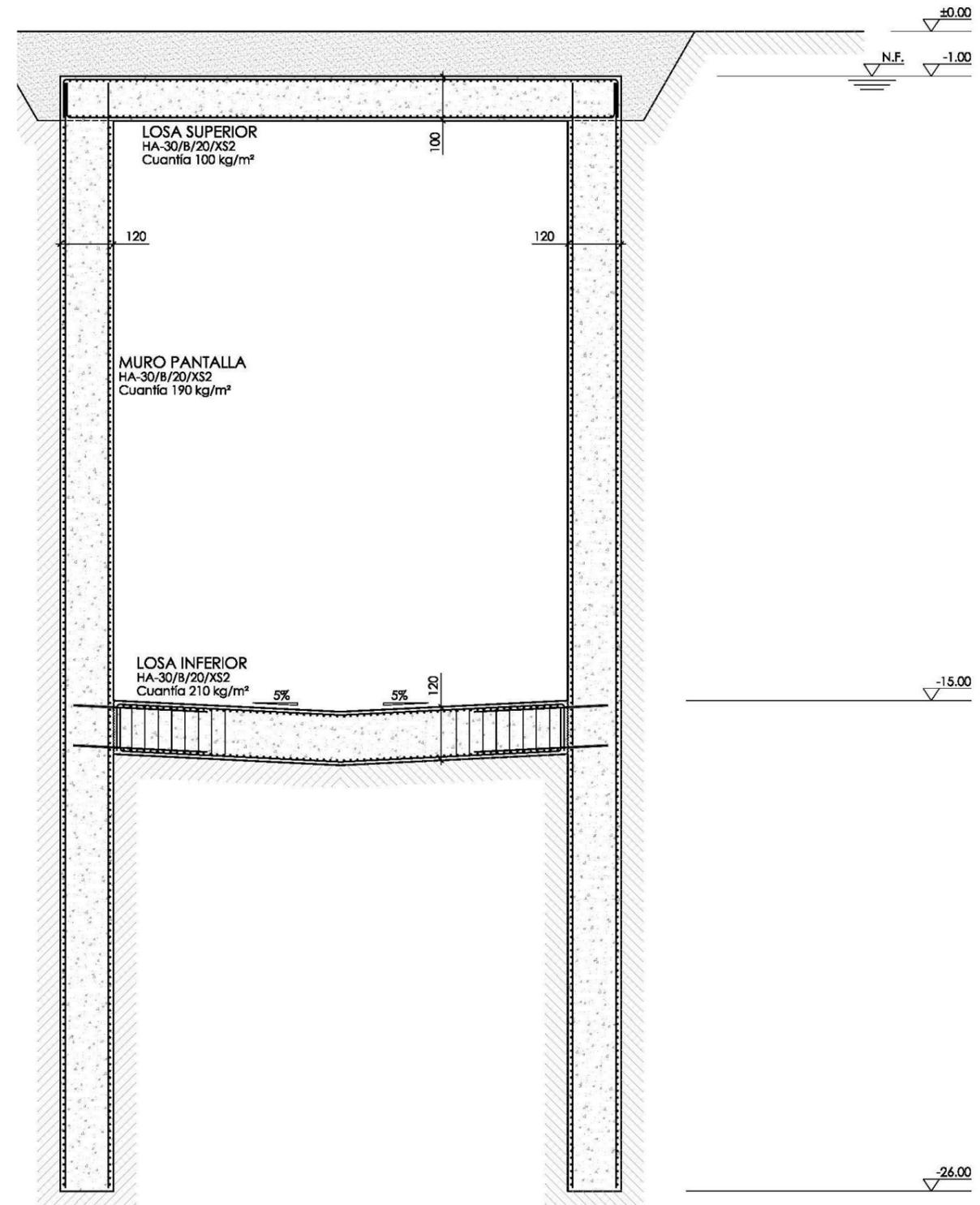
**Ilustración 39: Fase 3 (Fondo de excavación)**



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	SERVICIO	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -16.50 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -16.50 m

**Ilustración 40: Fase 4 (Servicio)**

Los resultados del cálculo se incluyen en un apéndice del presente anejo. Como resultado de los cálculos, se definen las siguientes cuantías de armadura para la sección soterrada:



**Ilustración 41: Cuantías de armadura sección entre pantallas**

### 1.5.2.3.- Rampas entre pantallas

En los apéndices 2 y 3 del presente anejo se han incluido los cálculos justificativos de las secciones tipo en Rampa diseñadas.

Para definir los parámetros geotécnicos se han empleado los considerados para el terreno en el Anejo 7, y los considerados para el Jet Grouting en el apartado anterior.

## 2.- CUMPLIMIENTO DE LOS TÚNELES A REQUISITOS DE SEGURIDAD

Tal y como se indica en la Especificación Técnica de Interoperabilidad relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la Unión Europea, la longitud de un túnel viene definida por la longitud cuya sección transversal está totalmente confinada, medida al nivel del carril.

En este sentido, en el tramo en falso túnel más el túnel en mina del Bustiello (PK 1+060 – 1+600), la longitud total de túnel sería de 440 metros, mientras que en el tramo urbano el tramo en túnel sería de 460 metros (2+620 – 3+080).

Al no superarse los 500 metros de longitud en ninguno de los dos túneles, las especificaciones a cumplir en ambos casos se reducen a los siguientes:

### **4.2.1. Subsistema de infraestructura**

#### **4.2.1.1. Prevención del acceso no autorizado a las salidas de emergencia y a las salas técnicas**

*Esta especificación se aplica 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.*

La presente actuación no requiere de salas técnicas.

### **4.2.1.2. Resistencia al fuego de las estructuras de túnel**

*Esta especificación se aplica a todos los túneles.*

*a) En caso de incendio, la integridad del revestimiento del túnel se mantendrá por un período de tiempo lo suficientemente largo como para permitir el autorrescate, la evacuación de los pasajeros y del personal del tren, así como la intervención de los servicios de intervención en emergencias. Dicho período de tiempo se ajustará a lo dispuesto en los escenarios de evacuación recogidos y descritos en el plan de emergencia.*

*b) En los casos de túneles sumergidos o que puedan provocar el desplome de estructuras cercanas importantes, la estructura resistente del túnel deberá soportar la temperatura del fuego durante un período de tiempo suficiente para que se realice la evacuación de las zonas de túnel dañadas y de las estructuras cercanas. Dicho período de tiempo se especificará en el plan de emergencia.*

La justificación del cumplimiento de este requerimiento formará parte de los trabajos a desarrollar en posteriores fases a la del presente Estudio Informativo.

### **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.*

La justificación del cumplimiento de este requerimiento formará parte de los trabajos a desarrollar en posteriores fases a la del presente Estudio Informativo.

#### 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.*

Dentro de la valoración económica de la presente actuación se ha incluido una partida económica que tiene en cuenta este requisito.

### **3.- PASARELAS PEATONAL, PASOS SUPERIORES E INFERIORES**

#### **3.1.- INTRODUCCIÓN**

Como estructuras propiamente dichas, correspondientes a elementos estructurales situados por encima de las rasantes, es decir, excluyendo las estructuras propias del futuro soterramiento urbano o del falso túnel definido al sur del túnel del Bustiello, nos encontramos con las siguientes:

- Pasos Superiores:
  - Reposición viaria de la Plaza Castañedo
  - Reposición viaria del Camino de la Vía
- Pasos Inferiores:
  - Reposición viaria de la Calle Avilés
- Pasarelas Peatonales:
  - Reposición peatonal de la Plaza Castañedo
  - Reposición peatonal de la Calle Ráfaga
  - Reposición peatonal de la Calle Roble

Todas estas estructuras (situadas sobre superficie del terreno) se describen en los siguientes apartados.

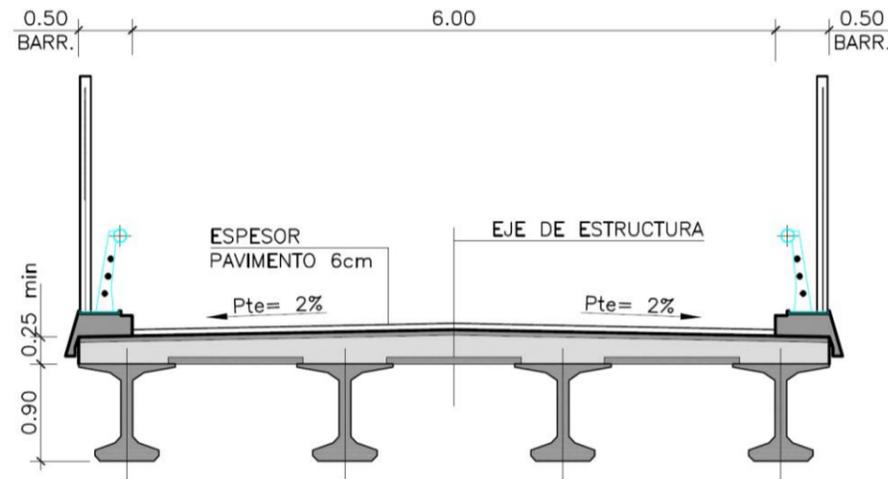
#### **3.2.- PASOS SUPERIORES**

##### 3.2.1.- Reposición viaria de la Plaza Castañedo

##### *3.2.1.1.- Descripción de la Estructura*

La reposición del actual viario denominado Plaza Castañedo y que cruza a través de un paso a nivel al actual corredor ferroviario cerca de la estación de Villalegre, se resuelve con un puente con 1 vano de 14 m de luz, con un ancho de tablero de 7 m.

El tablero está constituido por cuatro vigas pretensadas prefabricadas sobre las que se dispone una losa de 0,25 m de hormigón in situ. Las vigas tienen una sección transversal en forma de doble T con un ancho inferior de 0,50 m, un ancho superior de 0,90 m y 0,90 m de canto.



Los estribos son del tipo cerrado, con muros y aletas en prolongación.

La cimentación es directa.

Se disponen 4 apoyos de neopreno zunchado de 200x250x30 mínimo (neto 21) mm, en cada tablero, y en los trasdoses impermeabilizados se coloca lámina drenante.

Se disponen juntas de dilatación en los estribos y sumideros para la recogida del agua. En ambos lados de la calzada se colocan barreras metálicas. A cada lado de vía se coloca además protección antivandálica.

Por último se extienden 6 cm de pavimento y se coloca la señalización horizontal y vertical.

### 3.2.1.2.- Característica de los Materiales

#### Hormigones:

- En cimentaciones HA-25/B/20/XC2  $\gamma_c = 1,50$
- En estribos: HA-25/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$
- En pilas: HA-30/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$

- En vigas prefabricadas: HP-50/F/12/XC4  $\gamma_c = 1,50$
- En forjado de tablero: HA-30/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$

El Nivel de Control considerado es Estadístico.

#### Aceros:

- Pasivo: B 500 S  $\gamma_s = 1,15$
- Activo: Y 1860 S7  $\gamma_s = 1,15$

El Nivel de Control considerado es Normal, excepto en los elementos prefabricados, donde el Control es Intenso.

### 3.2.2.- Reposición Viaria del Camino de la Vía

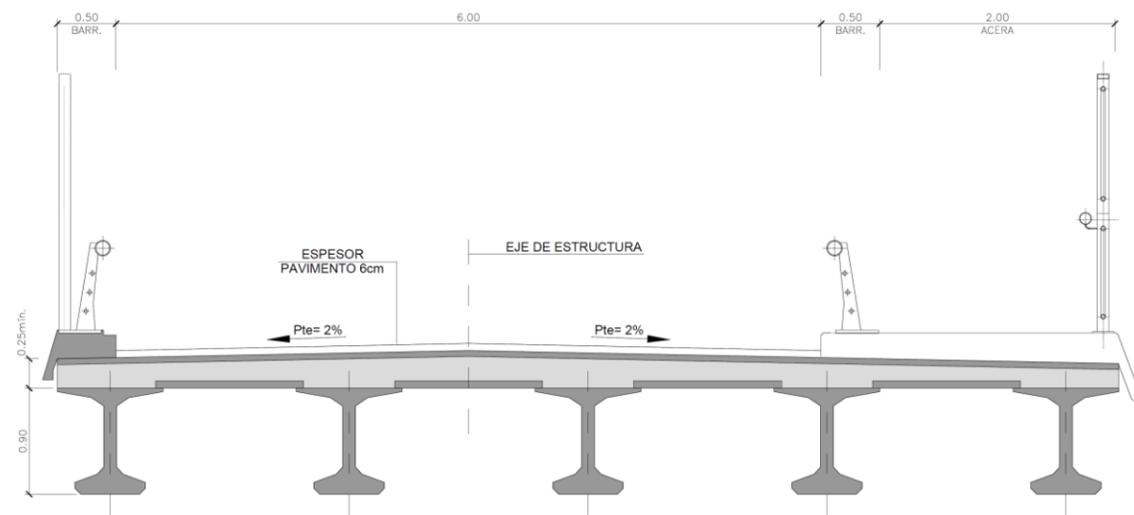
#### 3.2.2.1.- Descripción de la Estructura

La reposición del actual viario denominado Calle Avilés requiere de la ejecución de un paso superior sobre las actuales vías provisionales de forma paralela al actual paso superior de la calle camino de la vía.

Esta estructura en un principio podría tener carácter provisional hasta la reposición definitiva de la calle Avilés, pero finalmente se propone su permanencia definitiva en el tiempo, demoliendo el actual paso superior de la calle camino de la vía el cual permite el paso de un único vehículo en vez de los dos (uno por sentido) que permitirá el futuro paso superior.

El futuro paso superior, se resuelve con un puente con 1 vano de 10 m de luz y un ancho de 9,0 metros ya que contiene una acera lateral.

El tablero está constituido por cinco vigas pretensadas prefabricadas sobre las que se dispone una losa de 0,25 m de hormigón in situ. Las vigas tienen una sección transversal en forma de doble T con un ancho inferior de 0,50 m, un ancho superior de 0,90 m y 0,90 m de canto.



Los estribos son del tipo cerrado, con muros y aletas en vuelta.

La cimentación es directa.

Se disponen 4 apoyos de neopreno zunchado de 200x250x30 mínimo (neto 21) mm, en cada tablero, y en los trasdoses impermeabilizados se coloca lámina drenante.

Se disponen juntas de dilatación en los estribos y sumideros para la recogida del agua. En ambos lados de la calzada se colocan barreras metálicas. A cada lado de vía se coloca además protección antivandálica.

Por último se extienden 6 cm de pavimento y se coloca la señalización horizontal y vertical.

### 3.2.2.2.- Característica de los Materiales

#### Hormigones:

- En cimentaciones HA-25/B/20/XC2  $\gamma_c = 1,50$
- En estribos: HA-25/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$
- En pilas: HA-30/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$

- En vigas prefabricadas: HP-50/F/12/XC4  $\gamma_c = 1,50$
- En forjado de tablero: HA-30/B/20/XC4  $\gamma_c = 1,50$

El Nivel de Control considerado es Estadístico.

#### Aceros:

- Pasivo: B 500 S  $\gamma_s = 1,15$
- Activo: Y 1860 S7  $\gamma_s = 1,15$

El Nivel de Control considerado es Normal, excepto en los elementos prefabricados, donde el Control es Intenso.

### 3.3.- PASOS INFERIORES

#### 3.3.1.- Reposición viaria de la Calle Avilés

##### 3.3.1.1.- Descripción de la Estructura

Provisionalmente resulta necesario la ejecución de un paso inferior bajo el desvío provisional que se ejecuta al actual corredor ferroviario, al oeste del mismo, en el tramo situado entre la estación de Villalegre y el apeadero de La Rocica.

Este paso inferior posibilita, de manera temporal mientras esté en servicio el mencionado desvío provisional ferroviario, el paso de los tráficos que circulan por la calle Avilés.

El paso inferior será demolido junto al desvío provisional ferroviario.

La estructura se resuelve mediante una estructura en pórtico para evitar el corte de los tráficos mientras se ejecuta la estructura.

Cuenta con unas dimensiones interiores ortogonales al paso inferior de 15,00 m en horizontal y 4,20 m en vertical.

Las aletas se proyectan de altura variable y la cimentación es superficial con zapatas de hormigón.



3.3.1.2.- Característica de los Materiales

Hormigones:

- En cimentaciones            HA-30/B/20/XC2            gc = 1.50
- En alzados:                    HA-30/B/20/XC4            gc = 1.50

El Nivel de Control considerado es: Estadístico.

Aceros:

- Pasivo:                         B 500 S                         gs = 1.15

El Nivel de Control considerado es: Normal

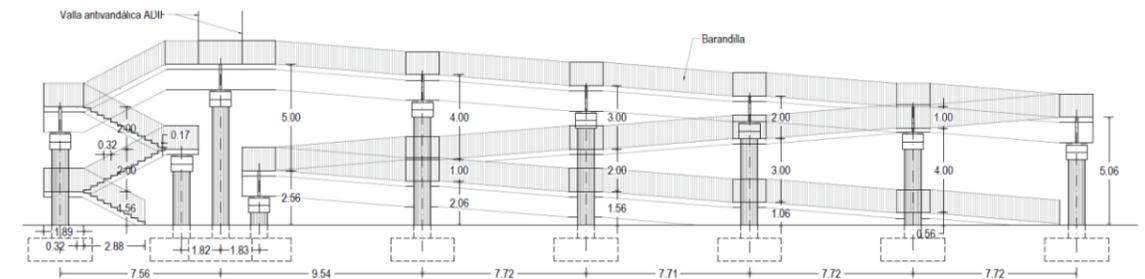
**3.4.- PASARELAS PEATONALES**

3.4.1.- Reposición peatonal de la Plaza Castañedo

Para la reposición del actual paso viario ubicado en el paso a nivel a suprimir existente junto a la estación de Villalegre, se define una pasarela peatonal a ubicar en la misma ubicación del paso a nivel.

Estructuralmente, se ha optado por una construcción en hormigón con elementos prefabricados, lo que facilitará su puesta en obra.

Las escaleras y rampas presentan tramos de unos 6,00 m con pendientes del 8% y rellanos de 1,50 m con el objetivo de optimizar en planta la superficie que ocupe. Además para las escaleras, cabe destacar que se ha optado por tramos de 12 peldaños para optimizar el número de zancas necesarias para llegar a la cota donde se sitúa el tablero con un alzado similar al mostrado en la siguiente imagen:



A partir de cierta altura del pilar, se deben duplicar los montantes verticales para poder hacer frente a los esfuerzos transmitidos por el tablero de la pasarela.

Además, debido a acciones horizontales como puedan ser las ejercidas por el viento, conviene rigidizar el tablero y los apoyos con la instalación de elementos que unan los extremos de los tubos tanto verticales como horizontales, mediante diagonales.

3.4.2.- Reposición peatonal de la Calle Ráfaga

Para la reposición del actual paso a nivel peatonal a suprimir correspondiente a la calle Ráfaga, se define una pasarela peatonal a ubicar en la misma ubicación del paso a nivel.

El diseño estructural de la pasarela es idéntico a la comentada para la reposición del tráfico peatonal de la supresión del paso a nivel del viario Plaza Castañedo.

#### 3.4.3.- Reposición peatonal de la Calle Roble

Para la reposición del actual paso peatonal que sirve para que la calle Roble cruce sobre la N-632, se define una pasarela peatonal a ubicar en la misma ubicación de la actual pasarela la cual se ve afectada por el desvío provisional que se debe definir sobre la citada N-632 durante una de las fases provisionales definidas dentro de la presente actuación.

El diseño estructural de la pasarela es idéntico a la comentada para la reposición del tráfico peatonal de la supresión del paso a nivel del viario Plaza Castañedo.

**APÉNDICE Nº1. CÁLCULOS TÚNEL SOTERRADO**



**ELEMENTOS DE APOYO**

**FORJADOS**

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -1.00 m Canto: 100 cm Cortante fase constructiva: 125 kN/m Cortante fase de servicio: 250 kN/m Rigidez axil: 6000000 kN/m <sup>2</sup>	LOSA SUPERIOR	SERVICIO
Cota: -15.00 m Canto: 120 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: -625 kN/m Rigidez axil: 6000000 kN/m <sup>2</sup>	SERVICIO	SERVICIO

**RESULTADOS DE LAS FASES**

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: PRIMER VACIADO**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.00	-0.29	-0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00
-3.50	-0.26	73.57	2.43	8.01	-12.20	9.81
-6.00	-0.25	147.15	-1.19	8.11	-10.34	9.81
-8.50	-0.24	220.72	-1.52	4.30	-9.63	9.81
-11.00	-0.24	294.30	-0.88	1.32	-9.54	9.81
-13.50	-0.24	367.87	-0.31	-0.04	-9.64	9.81
-16.00	-0.24	441.45	-0.02	-0.36	-9.75	9.81
-18.50	-0.24	515.02	0.06	-0.27	-9.80	9.81
-21.00	-0.24	588.60	0.05	-0.12	-9.82	9.81
-23.50	-0.24	662.17	0.02	-0.03	-9.82	9.81
-26.00	-0.24	735.75	0.00	0.00	-9.82	9.81
Máximos	-0.24 Cota: -10.25 m	735.75 Cota: -26.00 m	6.45 Cota: -2.25 m	9.09 Cota: -4.75 m	1.27 Cota: -2.00 m	9.81 Cota: -2.00 m
Mínimos	-0.29 Cota: -1.00 m	-0.00 Cota: -1.00 m	-1.60 Cota: -7.50 m	-0.36 Cota: -16.25 m	-13.61 Cota: -2.25 m	0.00 Cota: -1.00 m

**FASE 2: LOSA SUPERIOR**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.00	-0.29	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-3.50	-0.26	198.57	2.43	8.01	-12.20	9.81
-6.00	-0.25	272.15	-1.19	8.11	-10.34	9.81
-8.50	-0.24	345.72	-1.52	4.30	-9.63	9.81
-11.00	-0.24	419.30	-0.88	1.32	-9.54	9.81
-13.50	-0.24	492.87	-0.31	-0.04	-9.64	9.81
-16.00	-0.24	566.45	-0.02	-0.36	-9.75	9.81
-18.50	-0.24	640.02	0.06	-0.27	-9.80	9.81
-21.00	-0.24	713.60	0.05	-0.12	-9.82	9.81
-23.50	-0.24	787.17	0.02	-0.03	-9.82	9.81
-26.00	-0.24	860.75	0.00	-0.00	-9.82	9.81
Máximos	-0.24 Cota: -10.25 m	860.75 Cota: -26.00 m	6.45 Cota: -2.25 m	9.09 Cota: -4.75 m	1.27 Cota: -2.00 m	9.81 Cota: -2.00 m
Mínimos	-0.29 Cota: -1.00 m	-0.00 Cota: -1.00 m	-1.60 Cota: -7.50 m	-0.36 Cota: -16.25 m	-13.61 Cota: -2.25 m	0.00 Cota: -1.00 m

**FASE 3: FONDO EXCAVACION**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.00	1.25	-0.00	10.45	-0.00	83.60	0.00
-3.50	-6.75	198.57	-403.76	-829.69	0.00	24.53
-6.00	-13.67	272.15	-314.85	-1729.49	0.00	49.05
-8.50	-18.31	345.72	-164.64	-2322.72	0.00	73.58
-11.00	-19.91	419.30	46.89	-2456.10	0.00	98.10
-13.50	-18.28	492.87	319.73	-1976.37	0.00	122.63
-16.00	-14.07	566.45	653.88	-730.22	0.00	147.15
-18.50	-8.93	640.02	427.57	838.16	-391.31	152.06
-21.00	-4.84	713.60	-123.51	1087.04	-283.85	152.06
-23.50	-2.15	787.17	-289.76	479.40	-149.19	152.06
-26.00	-0.10	860.75	0.00	-0.00	73.58	152.06
Máximos	1.25 Cota: -1.00 m	860.75 Cota: -26.00 m	766.09 Cota: -16.75 m	1150.60 Cota: -20.25 m	83.60 Cota: -1.00 m	152.06 Cota: -16.50 m
Mínimos	-19.91 Cota: -11.00 m	-0.00 Cota: -1.00 m	-429.51 Cota: -1.75 m	-2473.57 Cota: -10.50 m	-422.30 Cota: -19.25 m	0.00 Cota: -1.00 m

**FASE 4: SERVICIO**

BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.00	1.25	-0.00	10.45	-0.00	<b>83.60</b>	0.00
-3.50	-6.75	323.57	-403.78	-829.74	0.00	24.53
-6.00	-13.67	397.15	-314.88	-1729.60	0.00	49.05
-8.50	-18.31	470.72	-164.64	-2322.87	0.02	73.58
-11.00	-19.91	544.30	46.95	-2456.18	0.04	98.10
-13.50	-18.28	617.87	319.92	-1976.14	0.07	122.63
-15.75	-14.56	59.09	617.29	-892.96	0.08	144.70
-18.25	-9.42	132.67	484.35	731.27	-379.76	152.06
-20.75	-5.18	206.24	-86.26	1117.75	-301.02	152.06
-23.25	-2.38	279.82	-287.53	551.76	-160.80	152.06
-25.75	-0.30	353.39	-79.12	7.05	51.64	152.06
Máximos	1.25 Cota: -1.00 m	679.68 Cota: -15.60 m	765.74 Cota: -16.75 m	1150.45 Cota: -20.25 m	83.60 Cota: -1.00 m	152.06 Cota: -16.50 m
Mínimos	-19.91 Cota: -11.00 m	-0.00 Cota: -1.00 m	-429.53 Cota: -1.75 m	-2473.68 Cota: -10.50 m	-422.23 Cota: -19.25 m	0.00 Cota: -1.00 m

RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

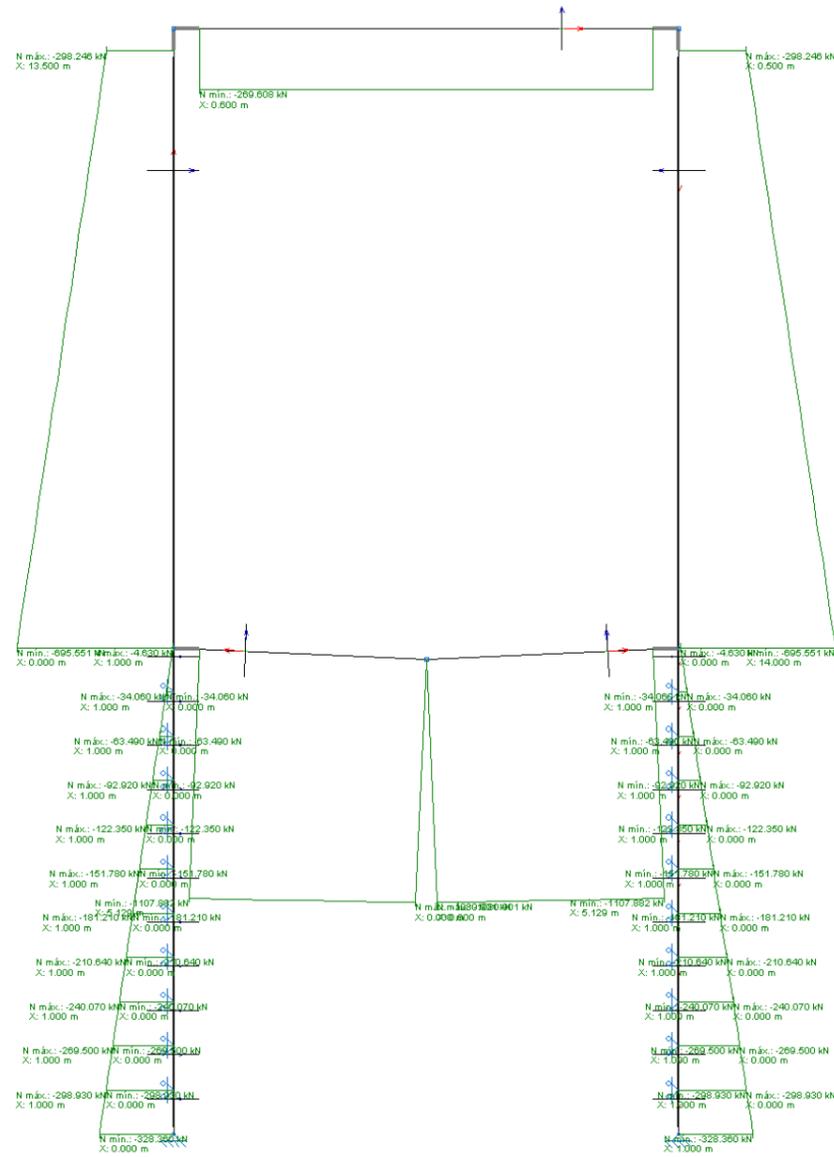
Forjados

Cota: -1.00 m	
Fase	Resultado
LOSA SUPERIOR	Carga lineal: 0.00 kN/m
FONDO EXCAVACION	Carga lineal: 451.73 kN/m
SERVICIO	Carga lineal: 451.76 kN/m
Cota: -15.00 m	
Fase	Resultado
SERVICIO	Carga lineal: 0.77 kN/m

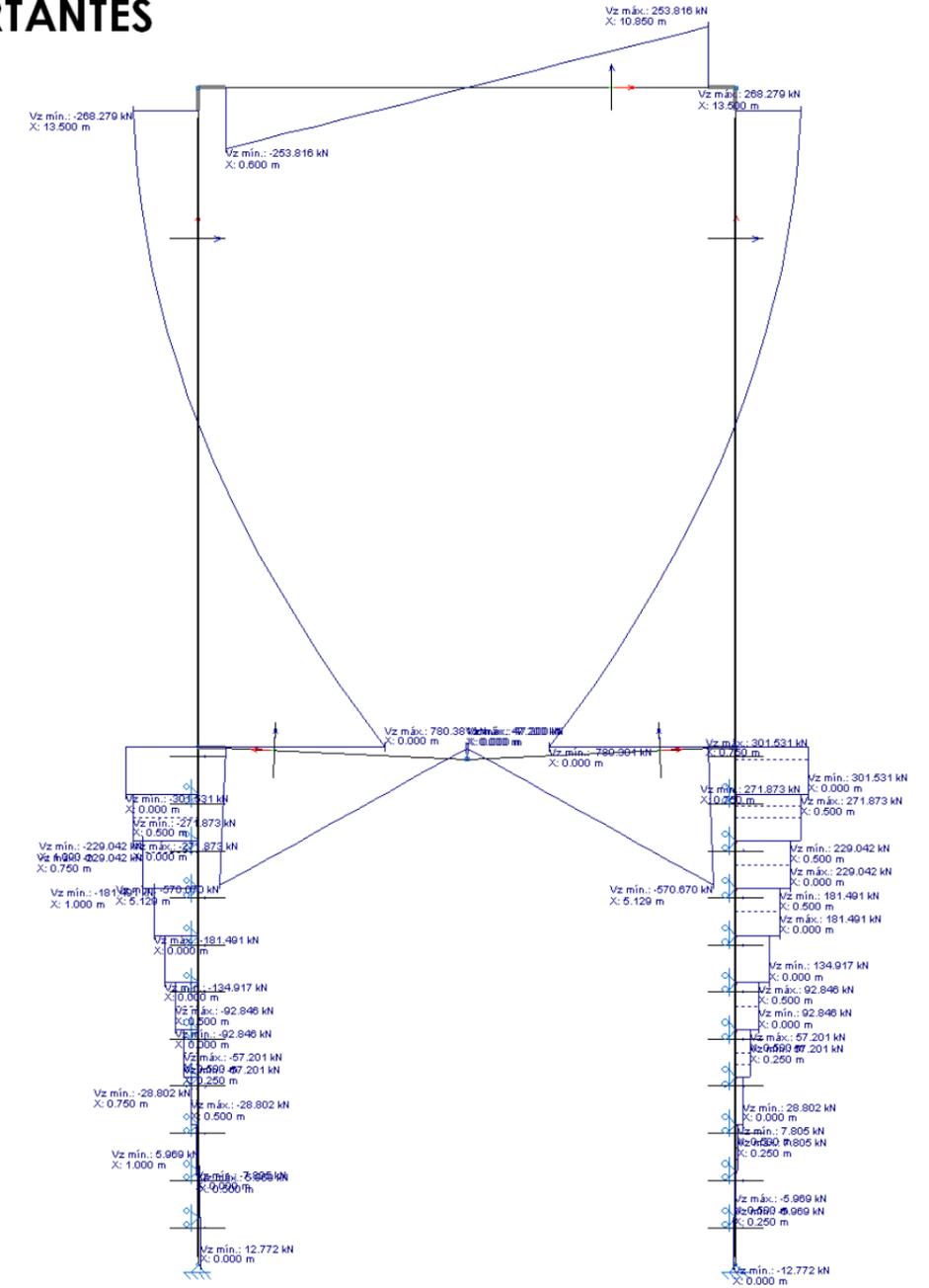
COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): 2239_MP (FALSO TUNEL AVILES_MURO PANTALLA)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: - Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.8	
- PRIMER VACIADO:	Calculado: 64.844	Cumple
- LOSA SUPERIOR:	Calculado: 103.247	Cumple
- FONDO EXCAVACION:	Calculado: 2.484	Cumple
- SERVICIO: <i>(1) Existe más de un apoyo.</i>		No procede <sup>(1)</sup>
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5	
Hipótesis básica:		
- PRIMER VACIADO:	Calculado: 12.181	Cumple
- LOSA SUPERIOR:	Calculado: 12.181	Cumple
- FONDO EXCAVACION:	Calculado: 2.076	Cumple
- SERVICIO:	Calculado: 2.076	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

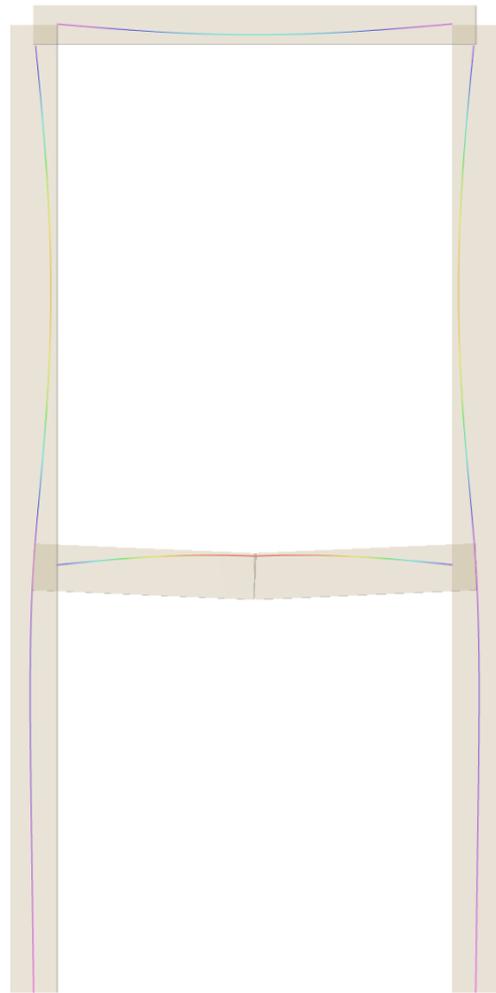
### AXILES



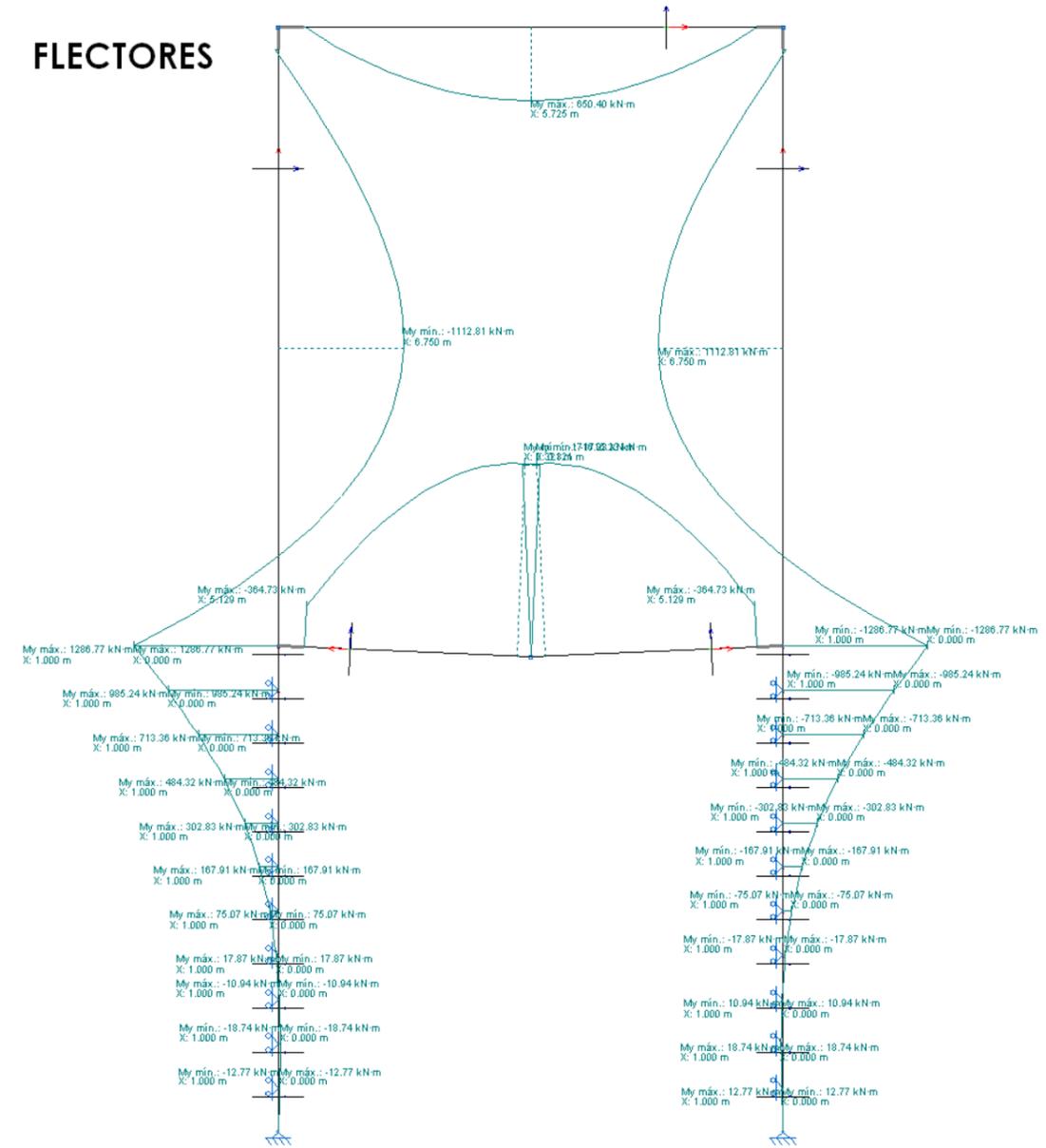
### CORTANTES



DEFORMADA



FLECTORES



**APÉNDICE N°2. CÁLCULOS DE LAS RAMPA DEL TRAMO  
EXTERIOR**



**ÍNDICE**

**1. NORMA Y MATERIALES.....** 2

**2. ACCIONES.....** 2

**3. DATOS GENERALES.....** 2

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO.....** 2

**5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO.....** 3

**6. GEOMETRÍA.....** 3

**7. ESQUEMA DE LAS FASES.....** 3

**8. ELEMENTOS DE APOYO.....** 5

**9. RESULTADOS DE LAS FASES.....** 5

**10. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO.....** 7

**11. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO.....** 7

**12. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA.....** 8

**13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD).....** 9

**14. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO).....** 10



**Selección de listados**

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

**1. NORMA Y MATERIALES**

Norma de hormigón: EHE-08 (España)  
 Hormigón: HA-25, Yc=1.5  
 Acero: B 500 S, Ys=1.15  
 Clase de exposición: Clase IIa  
 Recubrimiento geométrico: 7.0 cm  
 Tamaño máximo del árido: 20 mm

**2. ACCIONES**

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60  
 Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60  
 Sin análisis sísmico  
 Sin considerar acciones térmicas en puntales

**3. DATOS GENERALES**

Cota de la rasante: 0.00 m  
 Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m  
 Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO**

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %  
 Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

*ESTRATOS*

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - QL: Cuaternario indiferenciado	0.00 m	Densidad aparente: 17.8 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 7.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 28 grados Cohesión: 29.42 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 27500.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 27500.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.36 Reposo trasdós: 0.53 Pasivo trasdós: 2.77 Activo intradós: 0.36 Reposo intradós: 0.53 Pasivo intradós: 2.77
2 - J: Calizas, dolomías y margas	-3.00 m	Densidad aparente: 23.3 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 20.0 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 45 grados Cohesión: 290.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 65000.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 65000.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.17 Reposo trasdós: 0.29 Pasivo trasdós: 5.83 Activo intradós: 0.17 Reposo intradós: 0.29 Pasivo intradós: 5.83

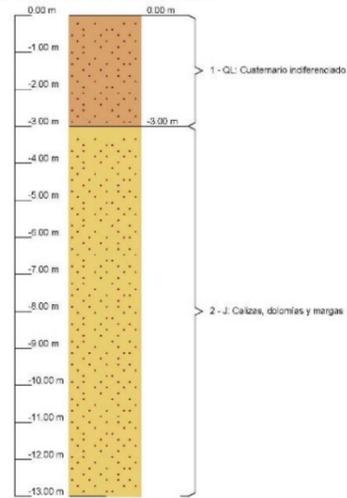


### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

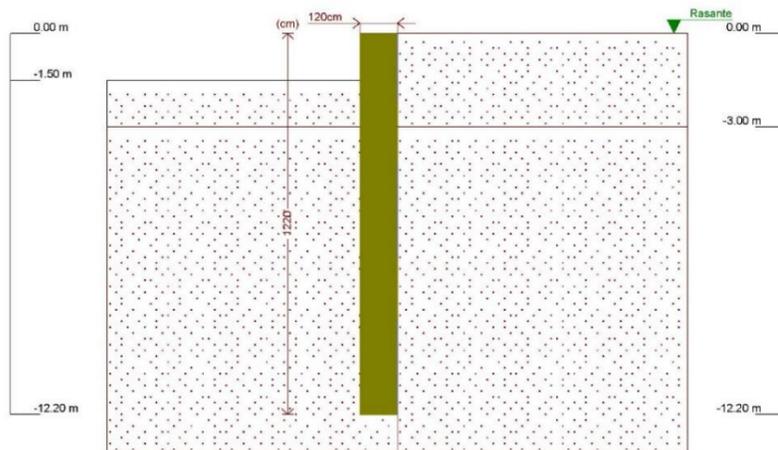
#### 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



#### 6. GEOMETRÍA

Altura total: 12.20 m  
 Espesor: 120 cm  
 Longitud tramo: 2.50 m

#### 7. ESQUEMA DE LAS FASES



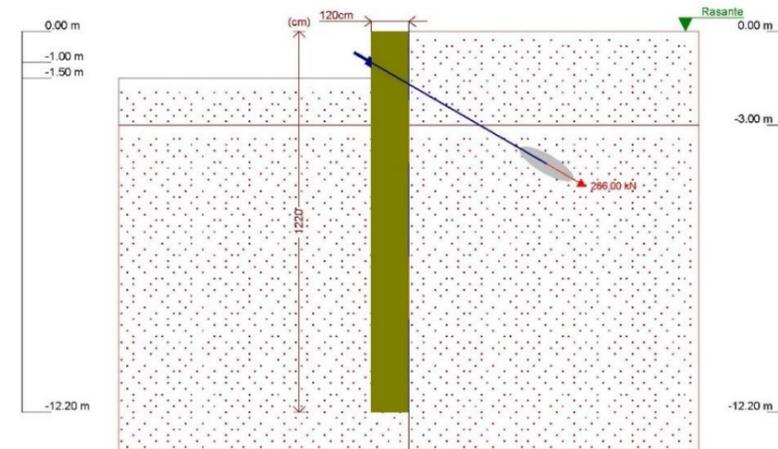
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Excavación cota -1.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.50 m



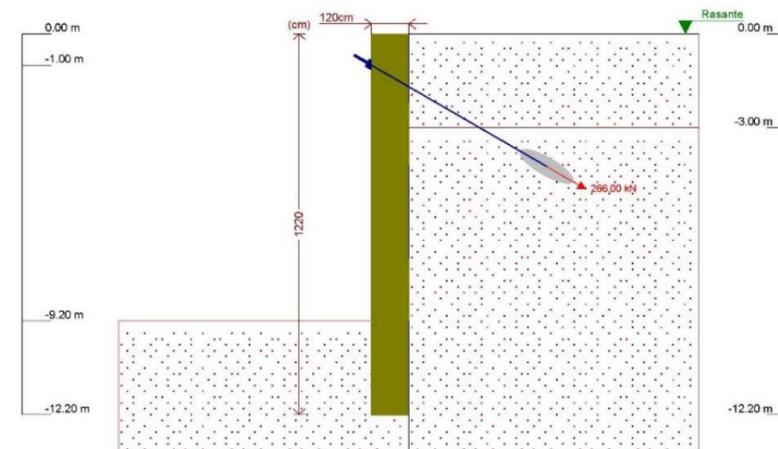
### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

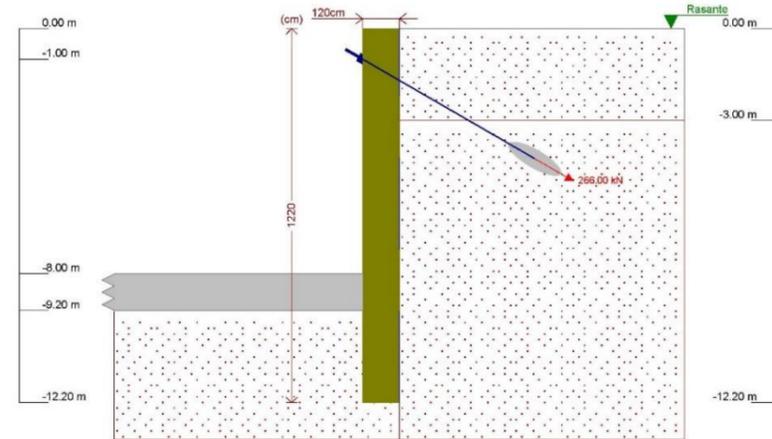


Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Anclaje cota -1.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.50 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Excavación cota -9.20	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -9.20 m

**Selección de listados**  
 AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022 Fecha: 28/11/22



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Losa de fondo	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -9.20 m

**8. ELEMENTOS DE APOYO**

**ANCLAJES ACTIVOS**

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.00 m Rigidez axil: 100000 kN/m Carga: 266.00 kN Ángulo: 30 grados Separación: 2.50 m	Anclaje cota -1.00	Losa de fondo

**FORJADOS**

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -8.00 m Canto: 120 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9800000 kN/m <sup>2</sup>	Losa de fondo	Losa de fondo

**9. RESULTADOS DE LAS FASES**

Esfuerzos sin mayorar.

**FASE 1: EXCAVACIÓN COTA -1.50**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.22	-0.00	-0.00	-0.00	0.00	0.00
-1.02	-0.19	29.92	0.45	4.39	4.39	0.00
-2.03	-0.16	59.84	5.77	3.97	5.39	0.00

**Selección de listados**  
 AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022 Fecha: 28/11/22

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-3.05	-0.13	89.76	11.86	13.58	-9.13	0.00
-4.07	-0.10	119.68	3.91	20.31	-5.80	0.00
-5.08	-0.08	149.60	-0.95	20.99	-3.22	0.00
-6.10	-0.07	179.52	-3.47	18.27	-1.39	0.00
-7.12	-0.06	209.44	-4.39	14.05	-0.20	0.00
-8.13	-0.06	239.36	-4.29	9.60	0.51	0.00
-9.15	-0.05	269.28	-3.60	5.64	0.89	0.00
-10.17	-0.05	299.21	-2.61	2.59	1.09	0.00
-11.18	-0.05	329.13	-1.45	0.67	1.22	0.00
-12.20	-0.05	359.05	0.00	0.00	1.32	0.00
Máximos	-0.05	359.05	11.86	21.23	6.99	0.00
Mínimos	-0.22	-0.00	-4.44	-0.00	-9.13	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -7.37 m	Cota: -0.76 m	Cota: -3.05 m	Cota: 0.00 m

**FASE 2: ANCLAJE COTA -1.00**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.55	-0.00	2.68	-0.00	21.06	0.00
-1.02	0.42	83.12	-74.63	8.76	21.06	0.00
-2.29	0.25	120.52	-44.14	-63.78	27.92	0.00
-3.56	0.11	157.92	-10.87	-94.22	22.35	0.00
-4.83	0.01	195.32	10.53	-90.01	9.65	0.00
-6.10	-0.05	232.72	18.38	-69.58	1.86	0.00
-7.37	-0.08	270.12	18.39	-45.65	-2.17	0.00
-8.64	-0.09	307.52	14.62	-24.93	-3.79	0.00
-9.91	-0.09	344.92	9.56	-10.16	-4.11	0.00
-11.18	-0.09	382.33	4.40	-1.96	-3.94	0.00
Máximos	0.55	412.25	19.06	10.00	27.92	0.00
Mínimos	-0.09	-0.00	-74.63	-95.61	-4.11	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: -12.20 m	Cota: -6.61 m	Cota: -1.00 m	Cota: -2.29 m	Cota: 0.00 m

**FASE 3: EXCAVACIÓN COTA -9.20**

**BÁSICA**

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.58	-0.00	2.81	-0.00	22.10	0.00
-1.02	0.38	83.77	-75.63	8.93	20.00	0.00
-2.29	0.12	121.17	-47.83	-66.60	24.78	0.00
-3.56	-0.12	158.57	-21.27	-104.84	11.82	0.00
-4.83	-0.31	195.97	-8.40	-121.56	8.22	0.00
-6.10	-0.44	233.37	1.55	-124.56	7.92	0.00
-7.37	-0.53	270.77	12.85	-114.33	11.00	0.00
-8.64	-0.57	308.17	29.69	-85.92	17.20	0.00
-9.91	-0.57	345.57	35.68	-37.01	-16.18	0.00
-11.18	-0.56	382.97	15.87	-6.98	-14.54	0.00
Máximos	0.58	412.90	44.02	10.19	26.89	0.00
Mínimos	-0.57	-0.00	-75.63	-124.96	-16.46	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: -12.20 m	Cota: -9.40 m	Cota: -1.00 m	Cota: -2.80 m	Cota: 0.00 m



### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

#### FASE 4: LOSA DE FONDO

##### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN-m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.58	0.00	2.81	0.00	22.10	0.00
-1.02	0.38	83.77	-75.63	8.93	20.00	0.00
-2.29	0.12	121.17	-47.83	-66.60	24.78	0.00
-3.56	-0.12	158.57	-21.27	-104.84	11.82	0.00
-4.83	-0.31	195.97	-8.40	-121.56	8.22	0.00
-6.10	-0.44	233.37	1.55	-124.56	7.92	0.00
-7.37	-0.53	270.77	12.85	-114.33	11.00	0.00
-8.60	-0.57	306.95	29.69	-87.16	16.95	0.00
-9.66	-0.57	338.09	39.83	-46.08	-16.36	0.00
-10.93	-0.56	375.49	19.66	-11.02	-14.92	0.00
-12.20	-0.55	412.90	0.00	-0.00	-13.05	0.00
Máximos	0.58	412.90	44.02	10.19	26.89	0.00
Mínimos	-0.57	0.00	-75.63	-124.96	-16.46	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: -12.20 m	Cota: -9.40 m	Cota: -1.00 m	Cota: -2.80 m	Cota: 0.00 m
	Cota: -9.40 m	Cota: 0.00 m	Cota: -1.02 m	Cota: -5.85 m	Cota: -9.40 m	Cota: 0.00 m

### 10. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

#### Anclajes activos

Cota: -1.00 m	
Fase	Resultado
Anclaje cota -1.00	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 266.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 106.40 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 230.36 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 92.15 kN/m
Excavación cota -9.20	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 269.25 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 107.70 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 233.17 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 93.27 kN/m
Losa de fondo	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 269.25 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 107.70 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 233.17 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 93.27 kN/m

#### Forjados

Cota: -8.00 m	
Fase	Resultado
Losa de fondo	Carga lineal: 0.98 kN/m

### 11. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø20c/25	Ø20c/25	Ø12c/20	2Ø20	5Ø20



### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

### 12. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: AVILES_ROCICA_SIN ANCLAJES_NOV2022 (AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022)		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 18.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.00047	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 76 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00104	Cumple
- Trasdós: - Intradós:	Calculado: 0.00104	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00027 Calculado: 0.00104	Cumple
- Trasdós: - Intradós:	Calculado: 0.00104	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Calculado: 0.00104 Mínimo: 0.00011	Cumple
- Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 0.00058	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Calculado: 0.00104 Mínimo: 8e-005	Cumple
- Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 7e-005	Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:	Calculado: 23 cm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:	Calculado: 25 cm	Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 765.9 kN Calculado: 302.5 kN	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i>	Mínimo: 0.84 m Calculado: 0.85 m	Cumple
- Base trasdós: - Base intradós:	Calculado: 0.85 m	Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 20 mm Calculado: 20 mm	Cumple



### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

Referencia: AVILES_ROCICA_SIN ANCLAJES_NOV2022 (AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022)		
Comprobación	Valores	Estado
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 2.5 m Calculado: 2.44 m	Cumple
Rigidizadores verticales:		
- Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i>	Mínimo: 20 mm Calculado: 20 mm	Cumple
- Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Avisos:		
- No se ha definido ninguna fase de servicio		
Información adicional:		
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -5.85 m, Md: -499.82 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: -1.63 kN, Tensión máxima del acero: 191.188 MPa		
- Sección crítica a cortante: Cota: -1.02 m		
- La comprobación del estado límite de fisuración no se ha realizado debido a que no se ha definido ninguna fase de servicio		
- Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

### 13. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): AVILES_ROCICA_SIN ANCLAJES_NOV2022 (AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:		
- Hipótesis básica:		
- Excavación cota -1.50:		No procede <sup>(1)</sup>
- Anclaje cota -1.00:		No procede <sup>(1)</sup>
- Excavación cota -9.20:		No procede <sup>(1)</sup>
- Losa de fondo:		No procede <sup>(2)</sup>
<sup>(1)</sup> El empuje activo en el trasdós no se moviliza o no produce momentos desequilibrantes. <sup>(2)</sup> Existe más de un apoyo.		
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5	
Hipótesis básica:		
- Excavación cota -1.50:	Calculado: 48.565	Cumple
- Anclaje cota -1.00:	Calculado: 55.492	Cumple
- Excavación cota -9.20:	Calculado: 34.228	Cumple
- Losa de fondo:	Calculado: 34.228	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



### Selección de listados

AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022

Fecha: 28/11/22

### 14. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): AVILES_ROCICA_SIN ANCLAJES_NOV2022 (AVILÉS. RAMPA LA ROCICA. SIN ANCLAJES. COMB 1. NOV 2022)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo:		
- Combinaciones sin sismo: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5	
- Excavación cota -1.50: Coordenadas del centro del círculo (-1.14 m ; 4.04 m) - Radio: 16.28 m:	Calculado: 87.533	Cumple
- Anclaje cota -1.00: Coordenadas del centro del círculo (-1.14 m ; 4.04 m) - Radio: 16.28 m:	Calculado: 87.533	Cumple
- Excavación cota -9.20: Coordenadas del centro del círculo (-1.81 m ; 0.81 m) - Radio: 13.50 m:	Calculado: 10.887	Cumple
- Losa de fondo:		No procede <sup>(1)</sup>
<sup>(1)</sup> No es necesario comprobar la estabilidad global (círculo de deslizamiento pésimo) cuando en la fase se ha definido algún forjado.		
Se cumplen todas las comprobaciones		



**APÉNDICE Nº3. CÁLCULOS DE LAS RAMPAS DEL TRAMO URBANO**



**ÍNDICE**

1. NORMA Y MATERIALES..... 2

2. ACCIONES..... 2

3. DATOS GENERALES..... 2

4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO..... 2

5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO..... 3

6. GEOMETRÍA..... 3

7. ESQUEMA DE LAS FASES..... 4

8. CARGAS..... 6

9. ELEMENTOS DE APOYO..... 6

10. RESULTADOS DE LAS FASES..... 6

11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO..... 8

12. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO..... 8

13. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA..... 8

14. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD) ..... 10

15. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO) ..... 10

16. MEDICIÓN..... 10



**Selección de listados**

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

**1. NORMA Y MATERIALES**

Norma de hormigón: EHE-08 (España)  
 Hormigón: HA-25, Yc=1.5  
 Acero: B 500 S, Ys=1.15  
 Clase de exposición: Clase IIa  
 Recubrimiento geométrico: 7.0 cm  
 Tamaño máximo del árido: 20 mm

**2. ACCIONES**

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60  
 Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60  
 Sin análisis sísmico  
 Sin considerar acciones térmicas en puntales

**3. DATOS GENERALES**

Cota de la rasante: 0.00 m  
 Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m  
 Tipología: Muro pantalla de hormigón armado

**4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO**

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %  
 Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %  
 Profundidad del nivel freático: 1.00 m

*ESTRATOS*

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1 - RELLENOS DE RÍA	0.00 m	Densidad aparente: 17.8 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 7.8 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 32 grados Cohesión: 71.80 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 54280.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 54280.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.31 Reposo trasdós: 0.47 Pasivo trasdós: 3.25 Activo intradós: 0.31 Reposo intradós: 0.47 Pasivo intradós: 3.25

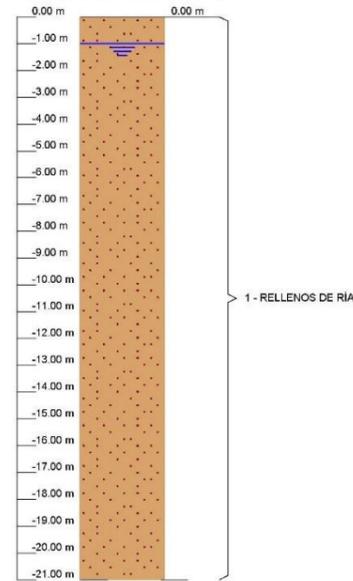


### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

#### 5. SECCIÓN VERTICAL DEL TERRENO



#### 6. GEOMETRÍA

Altura total: 20.20 m  
 Espesor: 120 cm  
 Longitud tramo: 2.50 m

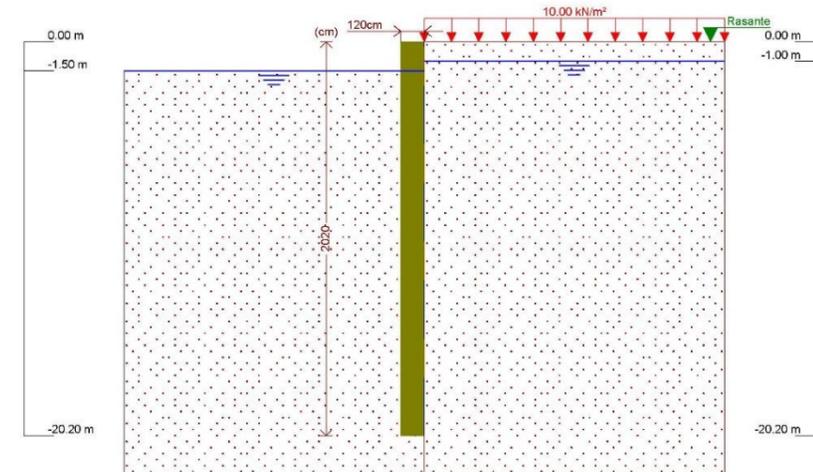


### Selección de listados

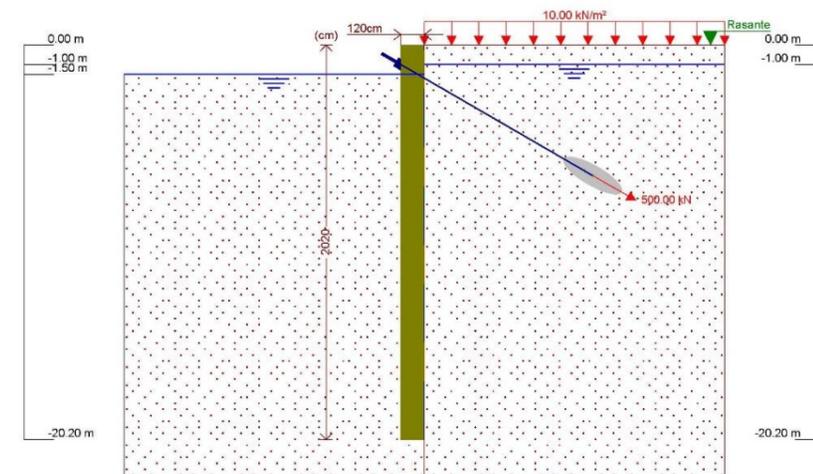
AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

#### 7. ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Excavacion a cota -1.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.50 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -1.50 m



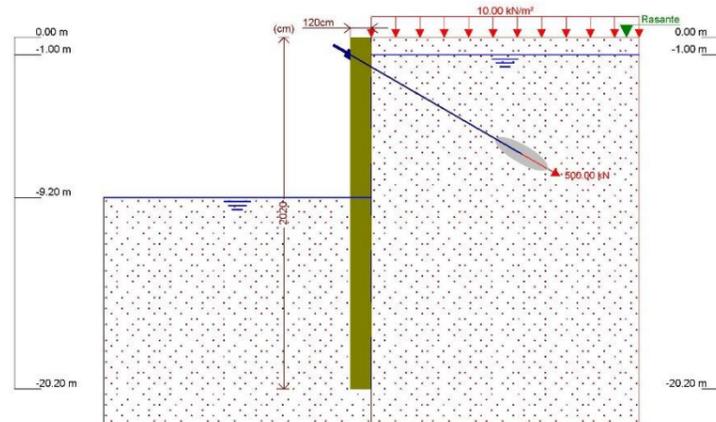
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Anclajes a cota -1.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.50 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -1.50 m



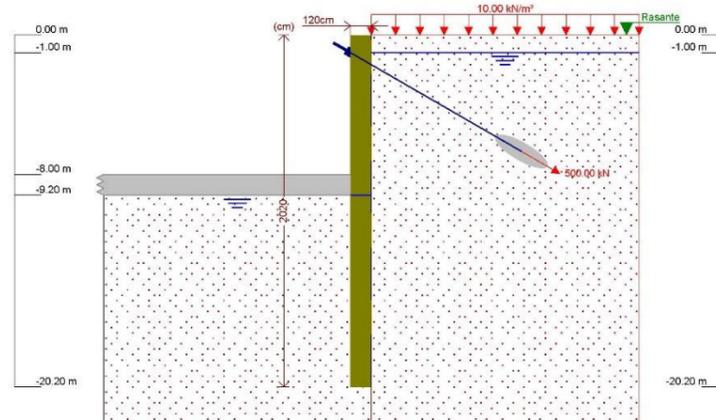
### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Excavación a cota -9.20	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -9.20 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -9.20 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Losa de fondo	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -9.20 m Con nivel freático trasdós hasta la cota: -1.00 m Con nivel freático intradós hasta la cota: -9.20 m

Página 5



### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

## 8. CARGAS

### CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 10 kN/m²	Excavacion a cota -1.50	Losa de fondo

## 9. ELEMENTOS DE APOYO

### ANCLAJES ACTIVOS

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -1.00 m Rigidez axil: 100000 kN/m Carga: 500.00 kN Ángulo: 30 grados Separación: 2.50 m	Anclajes a cota -1.00	Losa de fondo

### FORJADOS

Descripción	Fase de construcción	Fase de servicio
Cota: -8.00 m Canto: 120 cm Cortante fase constructiva: 0 kN/m Cortante fase de servicio: 0 kN/m Rigidez axil: 9800000 kN/m²	Losa de fondo	Losa de fondo

## 10. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

### FASE 1: EXCAVACION A COTA -1.50

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN-m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-0.20	-0.00	0.00	-0.00	0.00	0.00
-2.02	-0.19	59.45	1.58	1.64	-6.02	4.91
-4.04	-0.19	118.90	-0.01	2.79	-5.33	4.91
-6.06	-0.18	178.35	-0.49	2.09	-4.96	4.91
-8.08	-0.18	237.79	-0.46	1.09	-4.83	4.91
-10.10	-0.18	297.24	-0.27	0.37	-4.81	4.91
-12.12	-0.18	356.69	-0.11	0.02	-4.84	4.91
-14.14	-0.18	416.14	-0.02	-0.09	-4.88	4.91
-16.16	-0.18	475.59	0.02	-0.08	-4.90	4.91
-18.18	-0.18	535.04	0.02	-0.03	-4.91	4.91
-20.20	-0.18	594.49	0.00	0.00	-4.92	4.91
Máximos	-0.18	594.49	2.23	2.79	3.41	4.91
Mínimos	-0.20	-0.00	-0.52	-0.09	-6.23	0.00
	Cota: 0.00 m	Cota: 0.00 m	Cota: -6.82 m	Cota: -14.64 m	Cota: -1.51 m	Cota: 0.00 m

### FASE 2: ANCLAJES A COTA -1.00

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN-m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	0.82	-0.00	7.02	-0.00	55.60	0.00

Página 6



### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.77	0.46	152.02	-92.50	-54.30	40.68	4.91
-3.79	0.09	211.47	-12.82	-146.14	24.65	4.91
-5.81	-0.13	270.91	23.49	-122.63	1.28	4.91
-7.83	-0.21	330.36	25.77	-69.21	-8.23	4.91
-9.85	-0.23	389.81	16.73	-26.78	-9.92	4.91
-11.87	-0.22	449.26	7.55	-3.85	-8.58	4.91
-13.89	-0.20	508.71	1.73	4.19	-6.81	4.91
-15.91	-0.19	568.16	-0.87	4.29	-5.51	4.91
-17.93	-0.18	627.61	-1.31	1.76	-4.69	4.91
-19.95	-0.17	687.05	-0.32	0.03	-4.08	4.91
Máximos	0.82 Cota: 0.00 m	694.49 Cota: -20.20 m	44.93 Cota: -1.00 m	26.13 Cota: -1.00 m	55.60 Cota: 0.00 m	4.91 Cota: -1.51 m
Mínimos	-0.23 Cota: -9.59 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-128.27 Cota: -1.01 m	-147.49 Cota: -4.04 m	-9.95 Cota: -9.59 m	0.00 Cota: 0.00 m

#### FASE 3: EXCAVACIÓN A COTA -9.20

##### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.73	-0.00	6.40	-0.00	50.72	0.00
-1.77	-0.37	160.74	-145.64	-93.75	0.00	7.53
-3.79	-1.53	220.19	-112.92	-357.39	0.00	27.35
-5.81	-2.31	279.63	-40.17	-509.46	0.00	47.16
-7.83	-2.57	339.08	72.61	-469.09	0.00	66.98
-9.85	-2.35	398.53	157.36	-181.16	-129.87	80.44
-11.87	-1.93	457.98	70.72	33.09	-114.48	80.44
-13.89	-1.54	517.43	14.76	107.70	-100.95	80.44
-15.91	-1.27	576.88	-19.03	96.50	-93.51	80.44
-17.93	-1.10	636.33	-29.54	39.95	-75.85	80.44
-19.95	-0.96	695.77	-7.39	0.66	-61.52	80.44
Máximos	0.73 Cota: 0.00 m	703.21 Cota: -20.20 m	183.46 Cota: -9.34 m	111.36 Cota: -14.64 m	50.72 Cota: 0.00 m	80.44 Cota: -9.34 m
Mínimos	-2.57 Cota: -7.83 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-156.27 Cota: -1.01 m	-521.21 Cota: -6.56 m	-132.82 Cota: -9.34 m	0.00 Cota: 0.00 m

#### FASE 4: LOSA DE FONDO

##### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	0.73	0.00	6.40	-0.00	50.72	0.00
-1.77	-0.37	160.74	-145.64	-93.75	0.00	7.53
-3.79	-1.53	220.19	-112.92	-357.39	0.00	27.35
-5.81	-2.31	279.63	-40.17	-509.46	0.00	47.16
-7.83	-2.57	339.08	72.61	-469.09	0.00	66.98
-9.59	-2.39	391.10	170.24	-220.90	-131.44	80.44
-11.61	-1.98	450.55	79.81	15.23	-116.46	80.44
-13.63	-1.59	510.00	20.29	103.97	-102.34	80.44
-15.65	-1.30	569.45	-15.58	101.31	-94.09	80.44
-17.67	-1.11	628.89	-30.20	47.41	-77.82	80.44
-19.69	-0.98	688.34	-11.72	2.52	-63.28	80.44
Máximos	0.73 Cota: 0.00 m	703.21 Cota: -20.20 m	183.46 Cota: -9.34 m	111.36 Cota: -14.64 m	50.72 Cota: 0.00 m	80.44 Cota: -9.34 m
Mínimos	-2.57 Cota: -7.83 m	0.00 Cota: 0.00 m	-156.27 Cota: -1.01 m	-521.21 Cota: -6.56 m	-132.82 Cota: -9.34 m	0.00 Cota: 0.00 m



### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

### 11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

#### Anclajes activos

Cota: -1.00 m	
Fase	Resultado
Anclajes a cota -1.00	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 500.00 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 200.00 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 433.01 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 173.21 kN/m
Excavación a cota -9.20	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 543.60 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 217.44 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 470.77 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 188.31 kN/m
Losa de fondo	Carga puntual (En la dirección del anclaje): 543.60 kN Carga lineal (En la dirección del anclaje): 217.44 kN/m Carga puntual (En proyección horizontal): 470.77 kN Carga lineal (En proyección horizontal): 188.31 kN/m

#### Forjados

Cota: -8.00 m	
Fase	Resultado
Losa de fondo	Carga lineal: 1.67 kN/m

### 12. DESCRIPCIÓN DEL ARMADO

Armado vertical trasdós	Armado vertical intradós	Armado base horizontal	Rigidizador vertical	Rigidizador horizontal
Ø20c/25	Ø20c/25 Refuerzos: - Ø20 L(970), D(135) D: Distancia desde coronación	Ø12c/20	2Ø20	9Ø20

### 13. COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS Y DE RESISTENCIA

Referencia: AVILES_RAMPA_CON ANCLAJES_COMB1 (AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Recubrimiento: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 18.8 cm	Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00113	Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J. Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal &gt; 20% Cuantía vertical)</i>	Mínimo: 0.00041 Calculado: 0.00047	Cumple
Longitud de patilla horizontal: <i>La longitud de la patilla debe ser, como mínimo, 12 veces el diámetro. Criterio de J. Calavera, "Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado".</i>	Mínimo: 14 cm Calculado: 76 cm	Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.00104	Cumple
- Trasdós:	Calculado: 0.00104	Cumple
- Intradós:	Calculado: 0.00104	Cumple



### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

Referencia: AVILES_RAMPA_CON ANCLAJES_COMB1 (AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 0.00027 Calculado: 0.00104 Calculado: 0.00104	Cumple Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 0.00053 Calculado: 0.00104 Mínimo: 0.0011 Calculado: 0.00209	Cumple Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i> - Trasdós: - Intradós:	Mínimo: 0.00014 Calculado: 0.00104 Calculado: 0.00104	Cumple Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i> - Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 23 cm Calculado: 10.5 cm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por módulo de pantalla</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 765.9 kN Calculado: 733.8 kN	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i> - Base trasdós: - Base intradós:	Mínimo: 0.84 m Calculado: 0.85 m Calculado: 0.85 m	Cumple Cumple
Rigidizadores horizontales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 20 mm Calculado: 20 mm Máximo: 2.5 m Calculado: 2.24 m	Cumple Cumple
Rigidizadores verticales: - Diámetro mínimo: <i>Criterio de CYPE. El diámetro del rigidizador debe ser como mínimo igual al mayor diámetro de la armadura base vertical.</i> - Separación máxima: <i>Criterio NTE. Acondicionamiento del Terreno. Cimentaciones.</i>	Mínimo: 20 mm Calculado: 20 mm Máximo: 1.5 m Calculado: 1.25 m	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<b>Avisos:</b>		
- No se ha definido ninguna fase de servicio		
<b>Información adicional:</b>		
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -6.56 m, Md: -2084.86 kN·m, Nd: 0.00 kN, Vd: -10.27 kN, Tensión máxima del acero: 408.773 MPa		
- Sección crítica a cortante: Cota: -9.35 m		
- La comprobación del estado límite de fisuración no se ha realizado debido a que no se ha definido ninguna fase de servicio		

Página 9



### Selección de listados

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

Referencia: AVILES_RAMPA_CON ANCLAJES_COMB1 (AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1)		
Comprobación	Valores	Estado
- Los esfuerzos están mayorados y corresponden al ancho total del tramo definido. (Longitud tramo: 2.50 m)		

### 14. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): AVILES_RAMPA_CON ANCLAJES_COMB1 (AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: - Hipótesis básica: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Excavación a cota -1.50: - Anclajes a cota -1.00: - Excavación a cota -9.20: - Losa de fondo: <sup>(1)</sup> <i>Existe más de un apoyo.</i>	Mínimo: 2 Calculado: 83.466 Calculado: 116.479 Calculado: 4.514	Cumple Cumple Cumple No procede <sup>(1)</sup>
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i> Hipótesis básica: - Excavación a cota -1.50: - Anclajes a cota -1.00: - Excavación a cota -9.20: - Losa de fondo:	Mínimo: 1.5 Calculado: 11.239 Calculado: 11.86 Calculado: 3.854 Calculado: 3.854	Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 15. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO PÉSIMO)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo): AVILES_RAMPA_CON ANCLAJES_COMB1 (AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1)		
Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento pésimo: - Combinaciones sin sismo: <i>Valor introducido por el usuario.</i> - Excavación a cota -1.50: Coordenadas del centro del círculo (-4.90 m ; 4.04 m) - Radio: 24.75 m: - Anclajes a cota -1.00: Coordenadas del centro del círculo (-4.90 m ; 4.04 m) - Radio: 24.75 m: - Excavación a cota -9.20: Coordenadas del centro del círculo (-6.47 m ; 5.11 m) - Radio: 26.13 m: - Losa de fondo: <sup>(1)</sup> <i>No es necesario comprobar la estabilidad global (círculo de deslizamiento pésimo) cuando en la fase se ha definido algún forjado.</i>	Mínimo: 1.5 Calculado: 21.908 Calculado: 21.908 Calculado: 7.164	Cumple Cumple Cumple No procede <sup>(1)</sup>
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 16. MEDICIÓN

Página 10



**Selección de listados**

AVILES. RAMPA ACCESO SOTERRAMIENTO. CON ANCLAJES. COMB 1

Fecha: 28/11/22

Referencia: Muro pantalla de hormigón armado		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø12	Ø20	
Armado vertical trasdós	Longitud (m)		8x10.57	84.56
	Peso (kg)		8x26.07	208.54
Armado vertical trasdós	Longitud (m)		8x11.33	90.64
	Peso (kg)		8x27.94	223.53
Armado vertical intradós	Longitud (m)		8x10.57	84.56
	Peso (kg)		8x26.07	208.54
Armado vertical intradós	Longitud (m)		8x11.33	90.64
	Peso (kg)		8x27.94	223.53
Armado vertical intradós - Refuerzos	Longitud (m)		7x9.70	67.90
	Peso (kg)		7x23.92	167.45
Junta lateral positiva	Longitud (m)		6x10.55	63.30
	Peso (kg)		6x26.02	156.11
Junta lateral positiva	Longitud (m)		6x11.33	67.98
	Peso (kg)		6x27.94	167.65
Junta lateral negativa	Longitud (m)		3x10.55	31.65
	Peso (kg)		3x26.02	78.05
Junta lateral negativa	Longitud (m)		3x11.33	33.99
	Peso (kg)		3x27.94	83.82
Armado horizontal	Longitud (m)	101x7.32		739.32
	Peso (kg)	101x6.50		656.39
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x10.80	21.60
	Peso (kg)		2x26.63	53.27
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x11.71	23.42
	Peso (kg)		2x28.88	57.76
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x4.20	8.40
	Peso (kg)		2x10.36	20.72
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x10.80	21.60
	Peso (kg)		2x26.63	53.27
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x11.71	23.42
	Peso (kg)		2x28.88	57.76
Armado rigidizadores verticales	Longitud (m)		2x4.20	8.40
	Peso (kg)		2x10.36	20.72
Armado rigidizadores horizontales	Longitud (m)		18x4.57	82.26
	Peso (kg)		18x11.27	202.87
Totales	Longitud (m)	739.32	804.32	
	Peso (kg)	656.39	1983.59	2639.98
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	813.25	884.75	
	Peso (kg)	722.03	2181.95	2903.98

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m³)
	Ø12	Ø20	Total	HA-25, Yc=1.5
Referencia: Muro pantalla de hormigón armado	722.03	2181.95	2903.98	60.60
Totales	722.03	2181.95	2903.98	60.60