

ANEJO Nº 11. TÚNELES

TÍTULO DEL PROYECTO	
ESTUDIO INFORMATIVO DE AMPLIACIÓN DE LA RED DE METRO DE MADRID AL BARRIO DE VALDEBEBAS	

DOCUMENTO	
TÍTULO	ANEJO Nº 11. TÚNELES
FICHERO	A11_TÚNELES.docx

CONTROL DE EDICIONES		
ED.	FECHA	OBSERVACIONES / MOTIVO
02	JUN 2024	2ª EDICIÓN (TRAS SUPERVISION)
EDICIONES PREVIAS		
01	JUN 2024	1ª EDICIÓN (TRAS SUPERVISION)
00	ABRIL 2024	1ª EDICIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. SECCIÓN GEOMÉTRICA	2
2.1. TÚNEL DE LÍNEA A EJECUTAR CON TUNELADORA	2
2.2. RAMALES Y TÚNEL AUXILIAR DE CONEXIÓN L11-L8 A EJECUTAR CON MÉTODO MADRID.....	3
2.3. RAMALES A EJECUTAR ENTRE PANTALLAS.....	3
3. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	4
3.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA	4
3.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE RAMALES A COCHERAS Y CONEXIÓN L11- L8.....	5
3.2.1. Método tradicional de Madrid.....	5
3.2.2. Ramal a cocheras entre pantallas.....	7
4. REVESTIMIENTO DEL TÚNEL A EJECUTAR CON TUNELADORA	7
4.1. ANILLO DE DOVELAS PROPUESTO	7
4.2. GEOMETRÍA DE LAS JUNTAS	8
4.3. POSICIONES DEL ANILLO	9
4.4. JUNTAS DE ESTANQUEIDAD	9
4.5. ARMADURA	10
5. OBRAS AUXILIARES	10
5.1. POZOS DE INTRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LA TUNELADORA	10
5.2. ZONAS DE INSTALACIONES AUXILIARES.....	11
6. ESTUDIO DE SUBSIDENCIAS Y TRATAMIENTOS DEL TERRENO	11
6.1. INTRODUCCIÓN	11
6.2. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
6.2.1. Terciario	15
6.2.2. Cuaternario.....	15

6.3. ESTUDIO DE SUBSIDENCIAS	17
6.3.1. Introducción	17
6.3.2. Evaluación de los movimientos inducidos por las excavaciones.	18
6.3.3. Resultados de los cálculos. Subsidiencias en “campo libre”	21
6.3.4. Evaluación del riesgo. Umbrales de control	21
6.3.5. Evaluación de afección a edificios	21
6.3.6. Evaluación de la afección a otras estructuras	26
6.4. ZONIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS	28
6.5. MEDIDAS DE ACTUACIÓN Y TRATAMIENTOS DEL TERRENO	29
6.5.1. Tratamientos para protección de edificios	31
6.5.2. Tratamientos para evitar Inestabilidades de la excavación	33
6.5.3. Tratamientos en afección a servicios y estructuras	33
6.5.4. Tratamientos en otras infraestructuras. Carreteras y ferrocarriles	33
6.5.5. Tratamientos en zonas sin edificaciones.....	33
6.5.6. Construcción del ramal a cocheras entre pantallas	34
6.5.7. Tratamientos en emboquilles	34

APÉNDICES

APÉNDICE 1. EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS INDUCIDOS POR LAS EXCAVACIONES. MÉTODO MADRID	
1.1. MOVIMIENTOS EN SUPERFICIE	
1.2. EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS EN EDIFICIOS A COTA DE CIMENTACIÓN	
1.3. EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES	
APÉNDICE 2. TRAMIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE NIVEL DE CONTROL	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1. Sección tipo túnel de línea a ejecutar con tuneladora	3
Figura nº 2. Sección tipo ramal método tradicional Madrid.....	3
Figura nº 3. Sección tipo ramal entre pantallas	4

Figura nº 4. Fases constructivas del túnel (ramal) con Método Madrid	6
Figura nº 5. Vista de la junta circunferencial delantera (junta de empuje de gatos). Vista hacia el escudo	8
Figura nº 6. Vista de la junta circunferencial trasera (junta de placas de fibra dura). Vista en dirección del avance	8
Figura nº 7. Geometría de las juntas circunferencial (izda) y longitudinal (dcha).....	9
Figura nº 8. Definición geométrica de la junta de estanqueidad	9
Figura nº 9. ZIAS. Alternativa 1 y 3	11
Figura nº 10. ZIAS. Alternativa 2 y 4	11
Figura nº 11. Cobertera por encima de clave y límites D, 1.5 D y 2D en las diferentes alternativas	14
Figura nº 12. Perfil estratigráfico tipo en Madrid.....	17
Figura nº 13. Definición de la cubeta de asientos trasversal	18
Figura nº 14. Volúmenes de asientos medidos en dos líneas de la Ampliación del Metro de Madrid	19
Figura nº 15. Modelo Madrid. Volumen de asientos superficiales en función de la profundidad y del recubrimiento terciario. (Oteo y otros, 1999)	20
Figura nº 16. Modelo Madrid. Asiento máximo en superficie.....	20
Figura nº 17. Obtención simplificada de la ley de movimientos horizontales (O'Reilly y New, 1982).	21
Figura nº 18. Edificios inventariados. Plano de planta de las alternativas	23
Figura nº 19. Daños según Boscardin y Cording (1989)	24
Figura nº 20. Relación de la categoría de daños con la distorsión angular y la deformación horizontal para deformaciones en quebranto y L/H=1	25
Figura nº 21. Cálculo de subsidencias en profundidad.....	26
Figura nº 22 Esquema del procedimiento de inyecciones de compensación.	30
Figura nº 23 Inestabilidad en arenas limpias.....	31
Figura nº 24 Sección de micropilote con tubos.	31
Figura nº 25. Esquemas de posibles tratamientos	32
Figura nº 26. Salto de carnero en alternativas 2 y 3.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1. Tramificación Alternativa 1	1
Tabla nº 2. Tramificación Alternativa 2.....	1
Tabla nº 3. Tramificación Alternativa 3.....	2
Tabla nº 4. Tramificación Alternativa 4.....	2

Tabla nº 5. Características geométricas del anillo de dovelas.....	7
Tabla nº 6. Posiciones del anillo del anillo de dovelas.	9
Tabla nº 7. Coeficiente η en función del tipo de terreno. Metro de Madrid	18
Tabla nº 8. Valores recomendados de Vs en porcentaje % del área de la sección excavada. Metro de Madrid	19
Tabla nº 9. Parámetro ψ que depende del sistema de excavación y del agua en el terreno	19
Tabla nº 10. Movimientos adicionales admisibles. Metro de Madrid.....	21
Tabla nº 11. Categorías de riesgo	21
Tabla nº 12. Alternativa 1 y 3. Listado de edificios a analizar.....	24
Tabla nº 13. Alternativa 2 y 4 Listado de edificios a analizar.....	24
Tabla nº 14. Clasificación de los daños visibles (Burland)	25
Tabla nº 15. Relación entre categoría de daños y deformación a tracción límite	25
Tabla nº 16. Alternativa 1. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes	27
Tabla nº 17. Alternativa 2. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes	27
Tabla nº 18. Alternativa 3. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes	27
Tabla nº 19. Alternativa 4. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes	28
Tabla nº 20. Categorías de nivel de control. Metro de Madrid.....	29
Tabla nº 21. Medidas de actuación en relación con umbrales de riesgo	30
Tabla nº 22. Edificios con 10 o más plantas situados en la banda de afección +/- 2i	33

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se recoge el estudio del túnel de línea de la futura Prolongación de la Línea 11 de Metro de Madrid al barrio de Valdebebas.

Tal y como corresponde a la presente fase de Estudio Informativo, en este anejo se analizan los sistemas constructivos, necesidades de sostenimiento/revestimiento y previsiones de afección por subsidencia y necesidad de tratamientos de las diferentes alternativas desarrolladas.

La línea de Metro entre Mar de Cristal y el barrio de Valdebebas será soterrada en toda su longitud; se prevé que cuente con 5 ó 6 estaciones según las alternativas planteadas y su longitud total varía entre los 8,27 y 9,3 km, dependiendo de las alternativas que se proponen.

El principal método de ejecución del túnel de línea se prevé mediante Tuneladora de Presión de Tierras (EPB, Earth Pressure Balance, por sus siglas en inglés). Dada la división del proyecto en dos futuros contratos de construcción, se prevé el empleo de una tuneladora para cada tramo, con sus respectivos pozos de ataque inicial y de extracción final.

El proyecto incluye también el diseño del inicio de un ramal de conexión desde la línea 11 a unas futuras cocheras de Metro previstas al norte del barrio de Barajas que tendrían otro acceso directo por el lado este desde la L8, entre las estaciones T1/2/3 y T4, en las alternativas 1 y 2.

En total se analizan un total de 4 alternativas de trazado. La situación de estaciones y pozos de ataque y extracción de la tuneladora en cada una de ellas figura en las siguientes tablas:

Tabla nº 1. Tramificación Alternativa 1

ALTERNATIVA 1. ALT-1			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
0+000,00	Inicio Eje / Inicio Tramo 1	INICIO TR-1	
	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Entrada
0+007,50	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Eje
0+015,00	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Salida
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 1	FIN TUN TR-1	
0+302,75	Estación Mar Cristal-Pque Alfredo Kraus	E1.1	Tímpano entrada
0+423,50	Estación Mar Cristal-Pque Alfredo Kraus	E1.1	Tímpano salida
2+251,99	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano entrada
2+391,99	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano salida
3+405,07	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano entrada
3+545,07	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano salida
5+802,70	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 1	INICIO TUN TR-1	
5+883,94	Pozo Extracción Tramo 2	PET-2	Eje
5+892,70	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Fin
	Fin Tramo 1 / Inicio Tramo 2	FIN TR-1 / INICIO TR-2	

ALTERNATIVA 1. ALT-1			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 2	FIN TUN TR-2	
6+227,82	Estación Valdebebas Norte	E4	Tímpano entrada
6+367,82	Estación Valdebebas Norte	E4	Tímpano salida
8+229,90	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano entrada
8+369,90	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano salida
9+153,84	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 2	INICIO TUN TR-2	
9+243,84	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Fin
	Inicio Eje / Inicio Tramo 2	INICIO TR-2	

Tabla nº 2. Tramificación Alternativa 2

ALTERNATIVA 2. ALT-2			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
0+000,00	Inicio Eje / Inicio Tramo 1	INICIO TR-1	
	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Entrada
0+007,50	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Eje
0+015,00	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Salida
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 1	FIN TUN TR-1	
0+302,75	Estación Mar Cristal-Pque Alfredo Kraus	E1.1	Tímpano entrada
0+423,50	Estación Mar Cristal-Pque Alfredo Kraus	E1.1	Tímpano salida
2+251,99	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano entrada
2+391,99	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano salida
3+405,07	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano entrada
3+545,07	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano salida
4+282,21	Estación Hospital Zendal	E4	Tímpano entrada
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 1	INICIO TUN TR-1	
4+418,94	Estación Hospital Zendal	E4	Tímpano salida
	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio
4+463,34	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio ensanche
4+537,45	Pozo Extracción Tramo 2	PET-2	Eje
4+546,24	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Fin
	Fin Tramo 1 / Inicio Tramo 2	FIN TR-1 / INICIO TR-2	
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 2	FIN TUN TR-2	
	Inicio Ramales a Cocheras en Mina	Inicio Mina	
5+717,26	Estación Barajas-T4	E4	Tímpano entrada
5+857,26	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano salida
7+719,34	Estación Valdebebas Norte	E6	Tímpano entrada
7+859,34	Estación Valdebebas Norte	E6	Tímpano salida
8+448,76	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 2	INICIO TUN TR-2	
8+496,76	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Fin
	Inicio Eje / Inicio Tramo 2	INICIO TR-2	

Tabla nº 3. Tramificación Alternativa 3

ALTERNATIVA 3. ALT-3			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
0+000,00	Inicio Eje / Inicio Tramo 1	INICIO TR-1	
	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Entrada
0+007,50	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Eje
0+015,00	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Salida
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 1	FIN TUN TR-1	
	Pozo Ventilación	PV-1	Eje
0+411,44	Estación Mar de Cristal - C. Arequipa	E1.2	Tímpano entrada
0+551,44	Estación Mar de Cristal - C. Arequipa	E1.2	Tímpano salida
2+104,89	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano entrada
2+244,89	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano salida
3+257,96	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano entrada
3+397,96	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano salida
5+655,60	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 1	INICIO TUN TR-1	
	Pozo Extracción Tramo 2	PET-2	Eje
5+745,60	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Fin
	Fin Tramo 1 / Inicio Tramo 2	FIN TR-1 / INICIO TR-2	
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 2	FIN TUN TR-2	
6+080,71	Estación Valdebebas Norte	E4	Tímpano entrada
6+220,71	Estación Valdebebas Norte	E4	Tímpano salida
8+082,80	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano entrada
8+222,80	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano salida
9+006,74	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 2	INICIO TUN TR-2	
9+096,74	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Fin
	Inicio Eje / Inicio Tramo 2	INICIO TR-2	

Tabla nº 4. Tramificación Alternativa 4

ALTERNATIVA 4. ALT-4			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
0+000,00	Inicio Eje / Inicio Tramo 1	INICIO TR-1	
	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Entrada
0+007,50	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Eje
0+015,00	Pozo Extracción Tramo 1	PET-1	Salida
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 1	FIN TUN TR-1	
0+411,44	Estación Mar de Cristal - C. Arequipa	E1.2	Tímpano entrada
0+551,44	Estación Mar de Cristal - C. Arequipa	E1.2	Tímpano salida
2+104,89	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano entrada
2+244,89	Estación Ifema-Cárcavas	E2	Tímpano salida
3+257,96	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano entrada
3+397,96	Estación Intercambiador-Ciudad de la Justicia	E3	Tímpano salida

ALTERNATIVA 4. ALT-4			
PK	Nombre	Abreviatura	Detalle
4+135,11	Estación Hospital Zendal	E4	Tímpano entrada
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 1	INICIO TUN TR-1	
	Estación Hospital Zendal	E4	Tímpano salida
	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio
	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Inicio ensanche
	Pozo Extracción Tramo 2	PET-2	Eje
	Pozo Ataque Tramo 1	PAT-1	Fin
	Fin Tramo 1 / Inicio Tramo 2	FIN TR-1 / INICIO TR-2	
	Fin Perforacion Tuneladora Tramo 2	FIN TUN TR-2	
	Inicio Ramales a Cocheras en Mina	Inicio Mina	
5+570,15	Estación Barajas-T4	E4	Tímpano entrada
5+710,15	Estación Barajas-T4	E5	Tímpano salida
7+572,24	Estación Valdebebas Norte	E6	Tímpano entrada
7+712,24	Estación Valdebebas Norte	E6	Tímpano salida
8+448,76	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Inicio
	Inicio Perforacion Tuneladora Tramo 2	INICIO TUN TR-2	
8+496,76	Pozo Ataque Tramo 2	PAT-2	Fin
	Inicio Eje / Inicio Tramo 2	INICIO TR-2	

2. SECCIÓN GEOMÉTRICA

El material móvil utilizado en la línea es de la serie 8.000, por lo que las características geométricas, tanto respecto a gálibo como a trazado, deben ser las previstas para este tipo de material.

La sección de los túneles, para vía doble, se define teniendo en cuenta las características del material móvil empleado en la línea (S 8000) y los parámetros geométricos que definen la superestructura de la vía de Metro:

- Ancho de la vía: 1,445 m
- Ancho de la entrevía
 - o En recta: 1,94 m
 - o En curva: 2,12 m
- - Gálibo vertical: 5,50 m

Las secciones tipo se encuentran definidas en los planos.

2.1. TÚNEL DE LÍNEA A EJECUTAR CON TUNELADORA

Además de los parámetros anteriormente definidos, para definir la sección transversal del túnel a ejecutar con tuneladora se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Altura libre medida sobre el eje del túnel y por encima del plano de rodadura: 5,0 m.
- Anchura libre: 5.40 m.
- Bóveda compuesta por un arco central con un radio de 2.70 m
- Hastiales rectos.

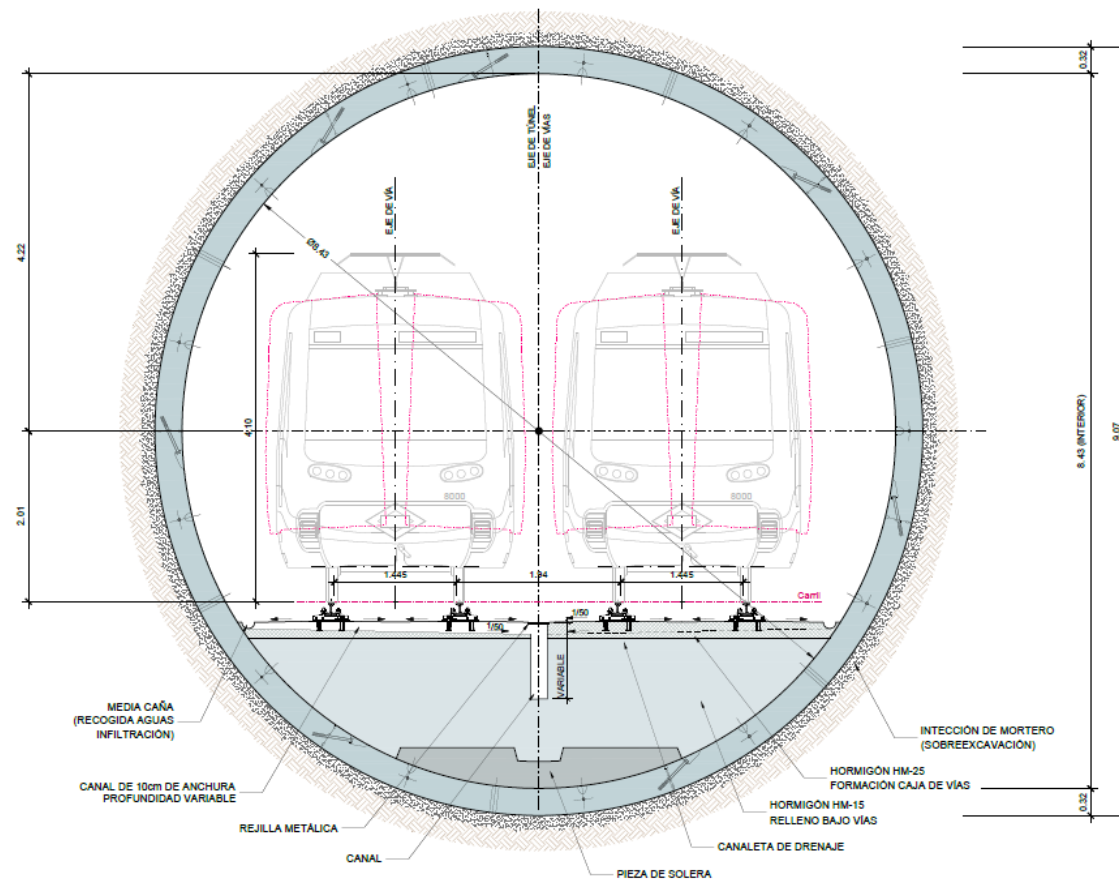


Figura n° 1. Sección tipo túnel de línea a ejecutar con tuneladora

Las secciones tipo se encuentran definidas en los planos.

2.2. RAMALES Y TÚNEL AUXILIAR DE CONEXIÓN L11-L8 A EJECUTAR CON MÉTODO MADRID

Se ejecutará mediante este método parte de los ramales a cocheras en alternativas 2 y 4, en vía única, y el túnel auxiliar de conexión L11-L8 en Mar de Cristal.

La geometría de la sección propuesta para el túnel en mina responde a las características habituales de las secciones de túnel excavadas por métodos convencionales en la red de Metro de Madrid, así como a las necesidades de gálibo ferroviario. Las dimensiones más representativas se recogen a continuación y la sección tipo se muestra en la figura adjunta:

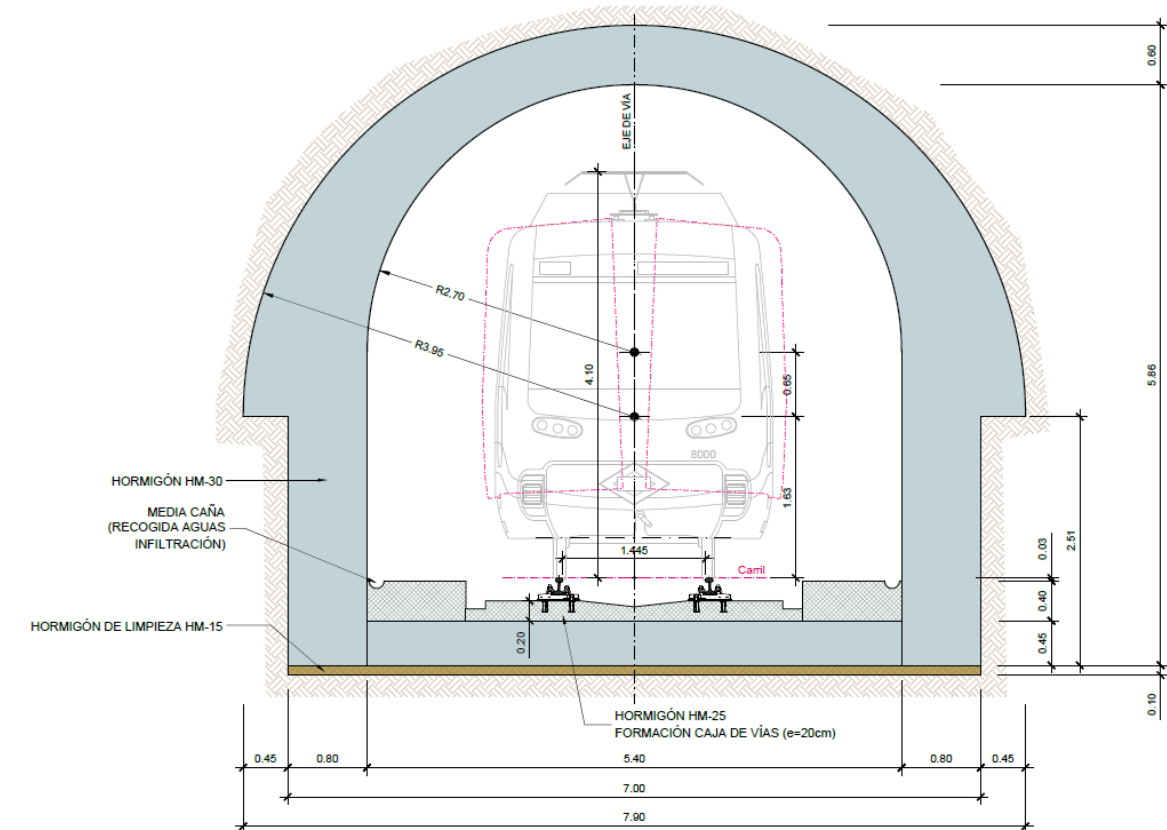


Figura nº 2. Sección tipo ramal método tradicional Madrid

2.3. RAMALES A EJECUTAR ENTRE PANTALLAS

Se ejecutará mediante este método parte de uno de los ramales a cocheras en alternativas 2 y 4, en vía única, en la zona de cruce por encima del túnel de línea de L-11.

- Anchura libre: 5.40 m.
- Altura libre por encima del plano de rodadura: 6.18 m

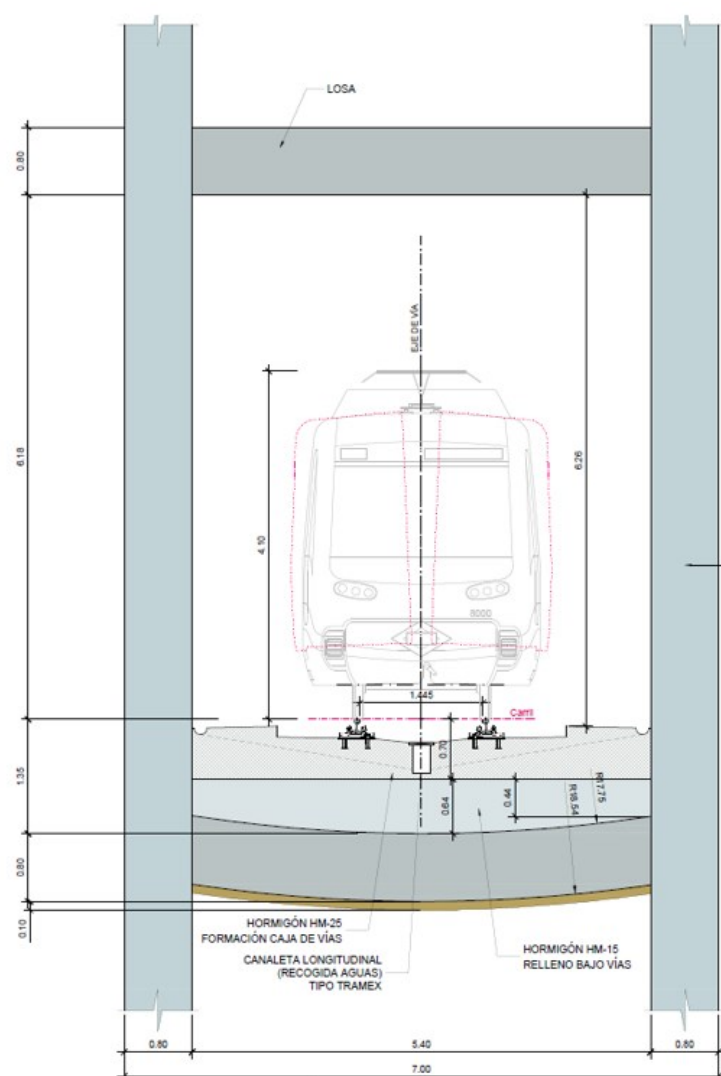


Figura nº 3. Sección tipo ramal entre pantallas

3. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

3.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL TÚNEL DE LÍNEA

El túnel de línea, en todas las alternativas, se realiza con máquina tuneladora, de tipo escudo cerrado.

Se propone un anillo de dovelas con un diámetro interior (\varnothing_{int}) de 8.430 mm con un espesor de dovela (edov) de 320 mm, lo que proporciona un diámetro exterior del túnel (\varnothing_{ext}) de $320+8.430+320=9.070$ mm. Adicionalmente, se cuenta con una sobreexcavación por la cabeza de corte que, de acuerdo a las últimas experiencias de Metro en Madrid del orden de 165 mm con lo que se define un diámetro de excavación (\varnothing_{exc}) total de $165 + 9.070 + 165 = 9.400$ mm.

El escudo (s.s.) consta de 3 cuerpos o elementos importantes.

- Elemento excavador, generalmente constituido, en un primer cuerpo por una cabeza giratoria accionada por motores hidráulicos que permiten variaciones en la velocidad y sentido del giro. El elemento de corte son picas, cinceles e incluso cortadores (discos), dependiendo de la resistencia y características del terreno a perforar. En la cabeza se localizan unas aberturas para recoger el material excavado y extraerlo al exterior mediante una cinta primaria (excavación en abierto), que en los casos en que la excavación se realiza con presión de tierras (E.P.B.) esta queda anulada, realizando la extracción mediante un tornillo sinfín o un sistema de transporte hidráulico.
- En el segundo cuerpo están alojados los motores, cuerpo de mando y controles.
- En el tercer cuerpo se sitúan los cilindros de empuje, equipados con zapatas que apoyan en el canto de las dovelas y que se retraen independientemente (por zapatas) que apoyan en el canto de las dovelas y que se retraen independientemente (por zapatas) para la colocación de las dovelas de un nuevo anillo, una vez efectuado el avance correspondiente. Las dovelas se colocan mediante un anillo (erector) con acoplamientos adecuados para su sujeción y colocación. El hueco del trasdós (terreno-dovela) se rellena mediante una inyección de mortero (anillo por anillo) que es retenida mediante unos cepillos de grasa (2-3).

El Back-up está constituido por una serie de plataformas que se deslizan sobre el propio revestimiento, arrastradas por la cabeza. En él se incorporan los transformadores, ventilación, sistema de evacuación de escombros, acceso mediante doble vía, etc.

La excavación en cerrado consiste en mantener la misma presión en cabeza que la que tenía el terreno antes de ser excavado. Dicha presión puede obtenerse mediante el propio material excavado mezclándolo con espumas biodegradables (sistema EPB). El material se extrae a través del tornillo sinfín a las cintas transportadoras.

A medida que avanza la tuneladora el escombros es vertido en un tren diésel con vagones basculantes que lo arrastra hasta el pozo de ataque en donde lo vierte en un foso de recogida. Desde éste el material es transportado por camiones hasta el exterior a través de la rampa de acceso. Este mismo tren vuelve al frente de la excavación cargado con las dovelas necesarias para construir los anillos y con el material de inyección.

Una vez colocado el anillo se procede a inyectar por su trasdós para asegurar el perfecto contacto anillo-terreno.

El avance de la máquina se hace combinando el par de giro y el esfuerzo longitudinal creado por un grupo de gatos hidráulicos que reaccionan contra el revestimiento ya construido.

Para comenzar la excavación se construye una estructura de reacción contra la que empujan los gatos de la máquina hasta que se puede colocar el primer anillo del revestimiento. La estructura de reacción se puede quitar cuando la cantidad de anillos dispuestos es tal que el rozamiento con las paredes del túnel absorbe el empuje de la máquina.

3.2. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE RAMALES A COCHERAS Y CONEXIÓN L11-L8

3.2.1. Método tradicional de Madrid

El ramal de conexión L11-L8 (eje 6 alt 3 y 4 L=302.7) , eje 5 alt 1 y 2 L=442.5m), y parte de los ramales a cocheras en alternativas 2 y 4, se ejecutarán con Método tradicional de Madrid, también conocido como Método Belga modificado, que permite efectuar la excavación por fases y con pequeños volúmenes de tierras, que son entibados a medida que se realizan, reduciendo de esta manera la mayor parte de las posibles inestabilidades del frente, y colocando el revestimiento inmediatamente después de su excavación.

El proceso consta de las siguientes fases:

- Ejecución de una mina o galería de avance en la sección de bóveda, de aproximadamente 1 m de ancho, 1,5-2 m de alto y varios metros de longitud, que queda totalmente revestida en clave y hastiales (ocasionalmente).
- Ejecución de la bóveda, mediante el ensanche desde la mina o galería de avance, en pases múltiples, con continua entibación mediante madera y perfiles metálicos apuntalados.
- Hormigonado de la sección de bóveda y ejecución de inyecciones de contacto para el relleno de huecos entre terreno y hormigón.
- Ejecución de la destroza en la sección central.
- Excavación y entibación de hastiales por bataches.
- Hormigonado de hastiales por bataches.
- Excavación y hormigonado de la solera o contrabóveda.

Los elementos de sostenimiento son madera de álamo (permite ligera deformación y ajuste al terreno), perfiles metálicos colocados longitudinalmente, tipo TH (conocidos como longarinas), que soportan la entibación de madera, y finalmente puntales (conocidos como pies derechos) que soportan los perfiles metálicos.

Las inestabilidades del frente se controlan mediante la colocación de tablas de madera, quedando totalmente forrado. Este proceso es generalmente sistemático.

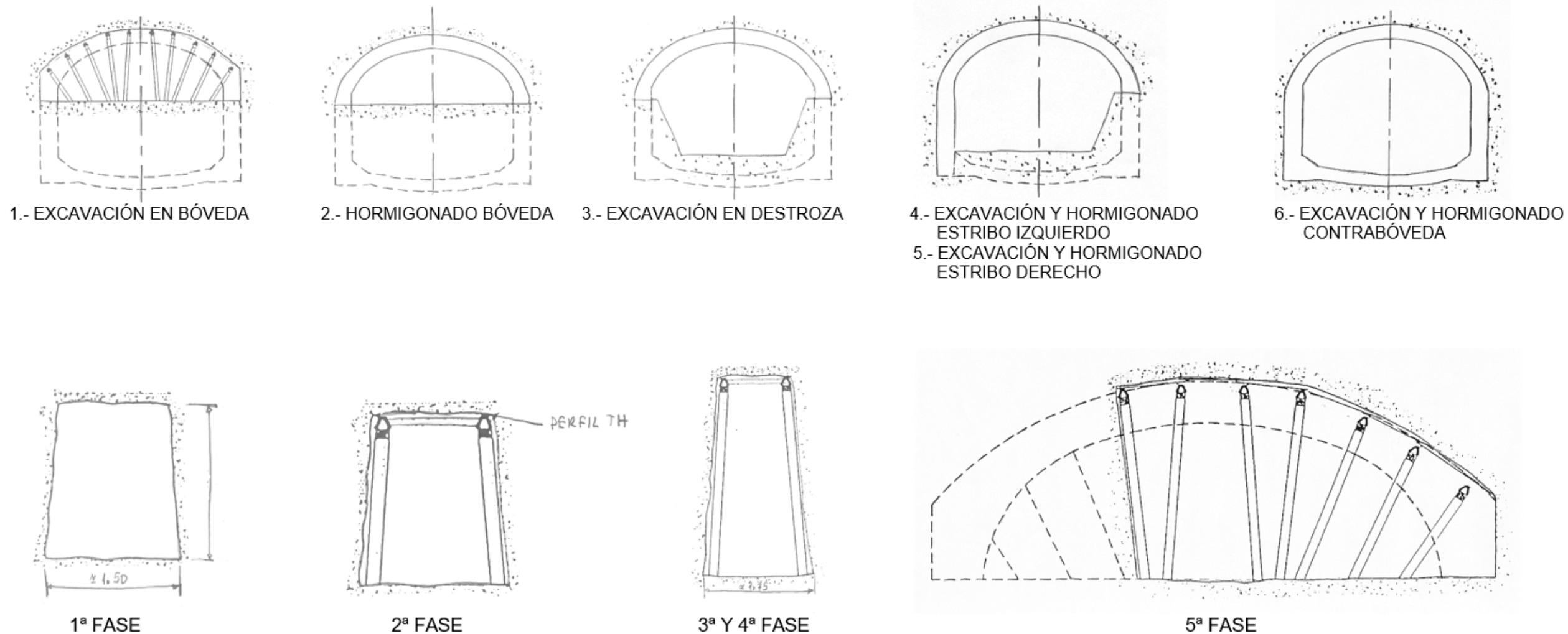
Las principales ventajas de este método son:

- Reducción de los problemas de estabilidad al efectuar la sección de excavación por fases y tener accesibilidad para actual rápidamente reduciendo la longitud de los pases, efectuando refuerzos de entibación o tratamientos del terreno.
- Adaptable a cualquier tipo de terreno.
- Las reducidas dimensiones de excavación unido al proceso constructivo, permiten controlar las subsidencias.
- El propio sistema de ejecución permite reducir imprevistos tanto en seguridad como en plazos.
- Los costes de implantación son muy inferiores a los de cualquier otro método, pudiendo disponer de tantos frentes de ataque como equipos y accesos se dispongan.

Los inconvenientes observados son:

- Dependencia prácticamente total de la mano de obra especializada.
- Los rendimientos de avance por frente suelen ser constantes, aunque ligeramente inferiores a los de otros métodos, para condiciones de terreno buenas (materiales cohesivos, consistencia elevada y sin presencia de agua).
- La dificultad de ejecutar las inyecciones de contacto inmediatamente después de la colocación del hormigón de revestimiento.

A continuación se incluye un esquema representativo del proceso constructivo del Método tradicional de Madrid:



FASES CONSTRUCTIVAS DE BÓVEDA

Figura nº 4. Fases constructivas del túnel (ramal) con Método Madrid

3.2.2. Ramal a cocheras entre pantallas

Una parte de los ramales a cocheras en alternativas 2 y 4, que constituye el salto de carnero que discurre por encima del túnel de línea, (eje 8), se ejecutará entre pantallas, con una longitud de 246 m. El ramal en este tramo está formado por una galería entre pantallas construidas por el método llamado "cut and cover" ejecutando las pantallas perimetrales y la losa superior, para a continuación excavar todo el volumen interior de la galería al amparo de las pantallas.

Tras el establecimiento de una plataforma de trabajo se procederá al replanteo y ejecución de los muretes guía y a la excavación de las pantallas entre los mismos. La excavación se realizará por módulos de 2.50 m de anchura en general que se ejecutarán sucesivamente.

Donde sea necesario se sustituirá el terreno excavado por lodos bentoníticos, para asegurar la estabilidad de la excavación. Una vez alcanzada la cota base de las pantallas se procederá a la colocación de las armaduras. Para garantizar la correcta posición de las mismas, se dispondrán rigidizadores en la jaula de armaduras, y se colocarán éstas suspendiéndolas del murete-guía y comprobando su posición respecto de este. De esta forma se garantizará también el necesario resguardo en la base de la pantalla.

A continuación se procederá al hormigonado del módulo, que se efectuará de abajo a arriba, y a la retirada de lodos. Se deberá disponer una estación de tratamiento de lodos para permitir su reutilización.

Finalizada la ejecución de un tramo de pantallas se realizará el descabezado de las mismas y la demolición de los muretes-guía. Entonces se procederá a la construcción de la losa superior encofrando sus laterales.

Cuando haya endurecido el hormigón de la losa se rellenará la excavación, reponiéndose la urbanización de superficie.

A continuación se iniciará la excavación del interior del recinto. La primera fase de excavación finaliza al nivel de un nivel de estampidores. Una vez alcanzada la cota de dicho arriostramiento se procederá a la ejecución del mismo. Para garantizar la correcta unión de la losa a la pantalla se picará esta última en la franja horizontal correspondiente y se dispondrán las barras de conexión.

El paso siguiente consistirá en continuar la excavación, hasta alcanzar la cota de solera.

Tras alcanzar la cota de contrabóveda se repetirá la operación de picado de pantalla y colocación de armaduras, y se hormigonará dicha contrabóveda contra el terreno.

4. REVESTIMIENTO DEL TÚNEL A EJECUTAR CON TUNELADORA

4.1. ANILLO DE DOVELAS PROPUESTO

El revestimiento del túnel de línea se realiza mediante un anillo de dovelas universal con conicidad por una cara (en la junta circunferencial trasera o junta de placas de fibra dura). Esta conicidad permite al revestimiento del túnel seguir alineaciones curvas y realizar correcciones ante posibles desvíos de la máquina.

El anillo está dividido en 7 dovelas (5 dovelas estándar, con la dovela clave K y la dovela contraclave A1) romboidales. El desarrollo de la dovela clave (K) es 1/2 del desarrollo de las demás dovelas. Adicionalmente, se reduce el desarrollo de la K y se incrementa el desarrollo de la dovela A1 en 1.5° para evitar la formación de juntas en cruz, de esta manera, el desarrollo de las dovelas estándar (dovelas A2, A3, A4, B1 y B2) es de 55.3846°, el de la dovela K es de 26.1923° y el de la dovela A1 es de 56.8846°. Esta reducción de desarrollo de la dovela K e incremento de desarrollo de la dovela A1 permite evitar las juntas en cruz en todas las combinaciones de posiciones de anillos contiguos, dejando un margen superior a los 100 mm en todos los casos. Esta singularidad geométrica da lugar a un descentrado de los conectores respecto al centro de las dovelas estándar A2, A3, A4, B1 y B2 de 0.75°. En la tabla siguiente se resumen las principales características geométricas del anillo de dovelas.

Tabla nº 5. Características geométricas del anillo de dovelas.

Configuración del anillo	5+1+K (~1/2)
Diámetro interior	8.43 m
Diámetro exterior	9.07 m
Espesor de dovela	0.32 m
Longitud del anillo	1.70 m
Conicidad del anillo	77.095 mm (L=1700 mm \pm 38.5475 mm)
Esbeltz dovelas estándar (A2, A3, A4, B1 y B2)	$\lambda=13.22$
Esbeltz dovela A1	$\lambda A1=13.57$
Radio de giro mínimo admisible	200 m

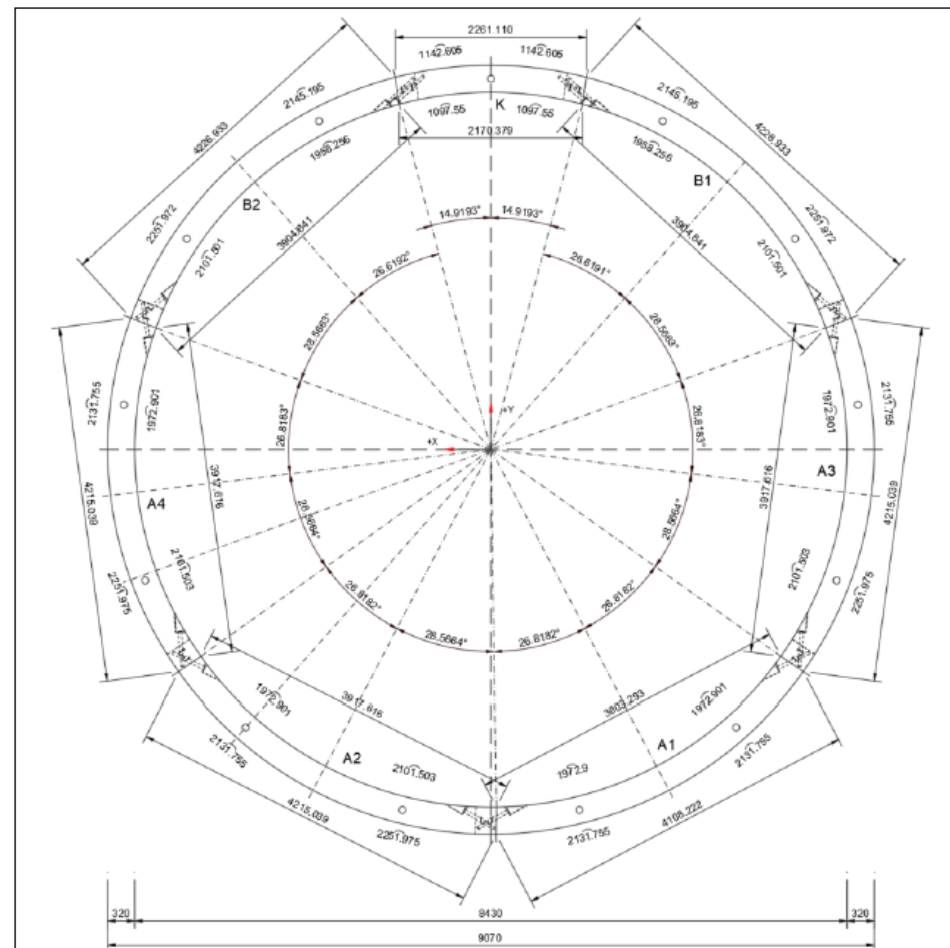


Figura nº 5. Vista de la junta circunferencial delantera (junta de empuje de gatos). Vista hacia el escudo

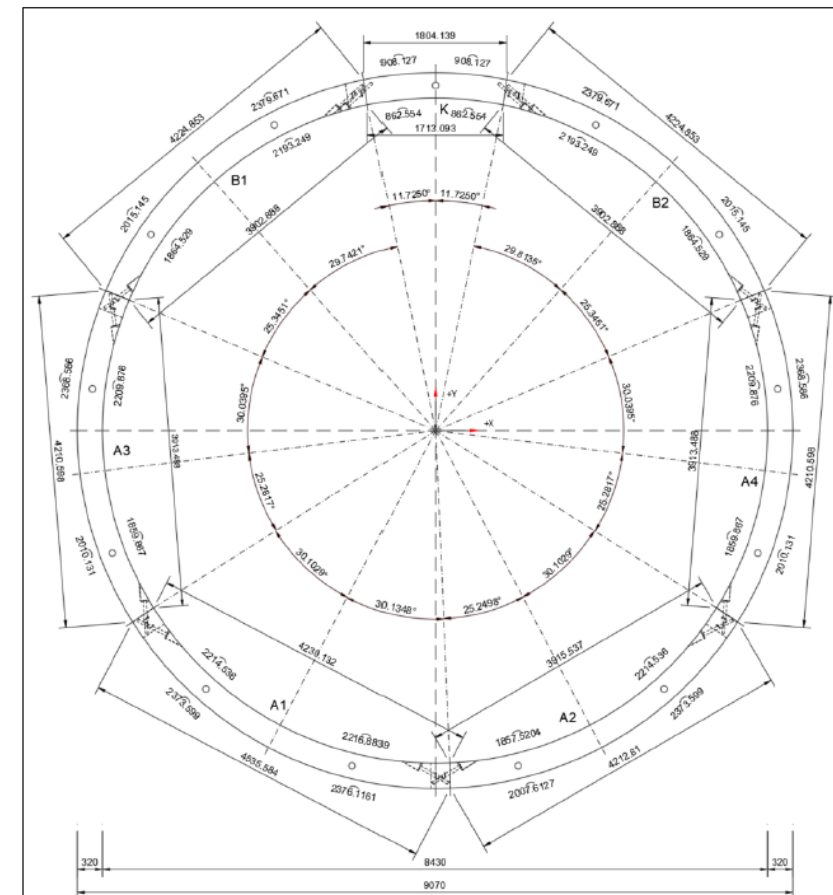


Figura n° 6. Vista de la junta circunferencial trasera (junta de placas de fibra dura). Vista en dirección del avance

4.2. GEOMETRÍA DE LAS JUNTAS

La geometría de las juntas viene definida por los recesos exterior, para alojar la junta de estanqueidad, e interior de las dovelas. En este caso, el receso superior de las juntas circunferenciales es de 74 mm, mientras que el receso inferior es de 36 mm. Por su parte, los recesos de las juntas longitudinales son de 75 y 37 mm exterior e interior respectivamente.

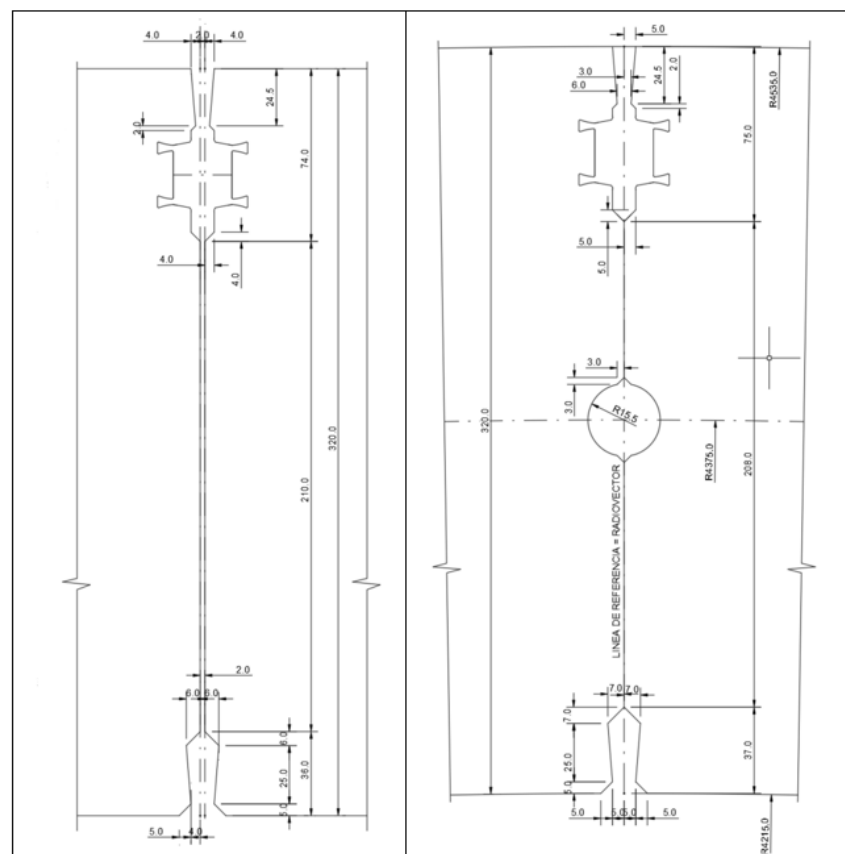


Figura nº 7. Geometría de las juntas circunferencial (izda) y longitudinal (dcha)

Tanto en las juntas circunferenciales como en las juntas longitudinales se dispone un receso de 50 mm en las esquinas, con una profundidad de 1 y 2 mm respectivamente, que reduce la zona de contacto en dichas juntas, protegiendo las esquinas de las dovelas frente a posibles concentraciones de carga. El detalle de este quiebro se muestra en los planos del modificado y se resume en la figura siguiente.

4.3. POSICIONES DEL ANILLO

Cada dovela estándar cuenta con 2 conectores en cada una de sus juntas circunferenciales, mientras que la dovela clave (K) cuenta con 1 conector por junta. De esta manera, el número de conectores por anillo es de 13 y por consiguiente cada anillo puede colocarse en 13 posiciones diferentes.

Los ajustes geométricos de las juntas longitudinales, es decir, la rotación que da lugar a dovelas romboidales, la reducción en desarrollo de la dovela K y el incremento del desarrollo de la dovela A1, permiten que todas las combinaciones de posiciones sean posibles sin dar lugar a juntas en cruz, dejando una distancia de al menos 10 cm entre juntas de dovelas de anillos contiguos. En la tabla siguiente se resumen las posiciones del anillo:

Tabla nº 6. Posiciones del anillo del anillo de dovelas.

Posición i	Rotación dovela K (°)	Posición i	Rotación dovela K (°)
1	0.000	8	193.846
2	27.692	9	221.538
3	55.385	10	249.231
4	83.077	11	276.923
5	110.769	12	304.615
6	138.462	13	332.308
7	166.154	-	-

4.4. JUNTAS DE ESTANQUEIDAD

El revestimiento está dividido en anillos y estos, a su vez, en dovelas, por este motivo se genera un importante número de juntas, tanto radiales/longitudinales (entre dovelas del mismo anillo) como circunferenciales (entre dovelas de diferentes anillos). La solución diseñada para garantizar la impermeabilidad del túnel se denomina junta de estanqueidad.

Se trata de una acanaladura o receso en la parte exterior de las juntas de las dovelas en la que se aloja una banda elastomérica tipo EPDM, esta debe seleccionarse teniendo en cuenta condicionantes de presión hidrostática, geometría del receso y tolerancias de colocación.

La junta de estanqueidad seleccionada es la DV 12 IS D H del fabricante ALGAHER S.A. (o similar) con cordón hidroexpansivo embebido en el propio perfil de EPDM, la geometría de dicha banda es 26 mm de ancho por 16.5 mm de alto como se muestra en la figura siguiente:

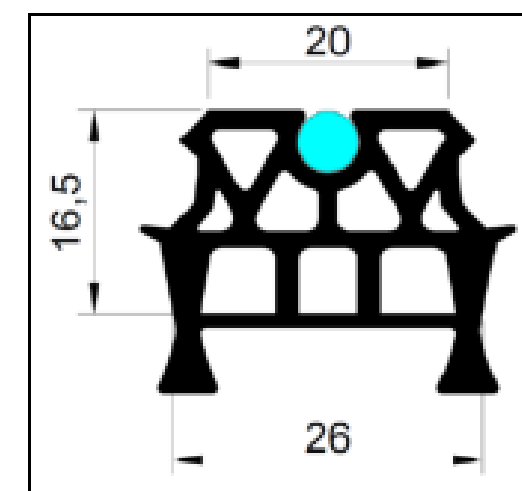


Figura nº 8. Definición geométrica de la junta de estanqueidad

4.5. ARMADURA

El tipo de armadura, tanto de anillo como de juntas, se definirá en fases posteriores de diseño mediante cálculos específicos, siendo lo más probable una armadura de tipo mixto fibra de acero + armadura de tipo convencional.

5. OBRAS AUXILIARES

Las necesidades logísticas que se requieren por razón de perforación de los túneles mediante tuneladora incluyen los pozos e introducción y extracción de la tuneladora, y las zonas de instalaciones auxiliares.

5.1. POZOS DE INTRODUCCIÓN Y EXTRACCIÓN DE LA TUNELADORA

El trabajo de la tuneladora exige unas infraestructuras de obra civil e instalaciones que permitan:

- Montar la tuneladora y posicionarla para atacar la perforación de túnel.
- Suministrar la energía necesaria para el trabajo de la máquina de perforación.
- Acopiar y aprovisionar continuamente a la máquina de los materiales necesarios para construir el túnel: dovelas prefabricadas, mortero de relleno del trasdós de dovelas, espumas para fluidificación de tierras excavadas, etc.
- Aportar la ventilación necesaria para mantener condiciones de salubridad a los trabajadores dentro del túnel
- Dotar a la tuneladora de una estructura reacción que permita perforar los primeros metros de túnel. (una vez alcanzada una longitud mínima, resulta superflua pues la reacción la ejerce el rozamiento con el terreno del tramo de túnel ya construido)
- Acopiar provisionalmente y evacuar los terrenos excavados

Todas estas actividades se realizan en la zona denominada “pozo de ataque” de la tuneladora, que debe tener espacio suficiente para las instalaciones y operaciones descritas que precisen situarse o realizarse a cota de túnel.

Una vez cumplida la construcción del túnel, se desmonta y extrae la máquina tuneladora. El desmontaje y extracción en el denominado “pozo de extracción”. El “pozo de extracción” y su entorno requieren una ocupación mucho menor pues no necesita espacio de acopio de materiales, solamente el necesario en el fondo del pozo para el desmontaje progresivo de la máquina según va asomando a la vertical del pozo y para su izado posterior. En superficie, el espacio necesario para el posicionamiento de la grúa y el estacionamiento de los camiones de

transporte de las piezas desmontadas a su destino. La situación de los pozos de ataque y extracción de la tuneladora en cada una de las alternativas es la siguiente:

Alternativa 1

Contrato 1. Mar de Cristal - Valdebebas

- Pozo de ataque en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo
- Pozo de extracción en final de culatón Mar de Cristal

Contrato 2. Valdebebas – T4 - Final

- Pozo de ataque en extremo terrenos Aena al sur de Parking T4
- Pozo de extracción en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo

Alternativa 2

Contrato 1. Mar de Cristal – Valdebebas Sur

- Pozo de ataque en extremo este de calle Fernando Higuera
- Pozo de extracción en final de culatón Mar de Cristal

Contrato 2. Valdebebas Sur – T4 - Valdebebas Norte

- Pozo de ataque en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo
- Pozo de extracción en extremo este de calle Fernando Higuera

Alternativa 3

Contrato 1. Mar de Cristal - Valdebebas

- Pozo de ataque en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo
- Pozo de extracción en final de culatón Mar de Cristal

Contrato 2. Valdebebas – T4 - Final

- Pozo de ataque en extremo terrenos Aena al sur de Parking T4
- Pozo de extracción en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo

Alternativa 4

Contrato 1. Mar de Cristal – Valdebebas Sur

- Pozo de ataque en extremo este de calle Fernando Higuera
- Pozo de extracción en final de culatón Mar de Cristal

Contrato 2. Valdebebas Sur – T4 - Valdebebas Norte

- Pozo de ataque en extremo oeste de Avda. Secundino Zuazo
- Pozo de extracción en extremo este de calle Fernando Higuera

La ejecución de estos pozos está prevista acometerse mediante pantallas continuas.

5.2. ZONAS DE INSTALACIONES AUXILIARES

En superficie junto al pozo de ataque debe reservarse espacio suficiente para el resto de las operaciones e instalaciones; la que más espacio ocupa es el acopio de dovelas y la superficie debe dimensionarse para el ritmo previsto de alimentación de dovelas a la máquina tuneladora. Como áreas para la implantación de instalaciones auxiliares (ZIAs). Se ha buscado la localización más idónea para las instalaciones auxiliares y se han definido las áreas en las que se localizarían los siguientes elementos:

- Parque de dovelas
- Área para extracción y acumulación de escombros
- Oficinas
- Silos y talleres
- Etc.

Estas zonas totalizan una superficie de 45.399 m² (16.616 + 28.773 m²) en Alternativas 1 y 3, y de 21.824 m² (7.778 + 14.046 m²) en alternativas 2 y 4.

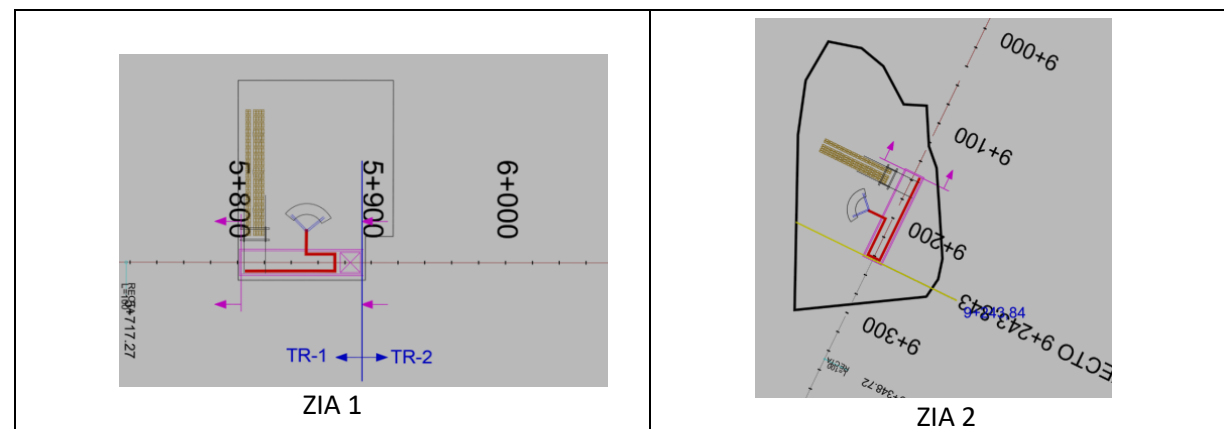


Figura nº 9. ZIAS. Alternativa 1 y 3

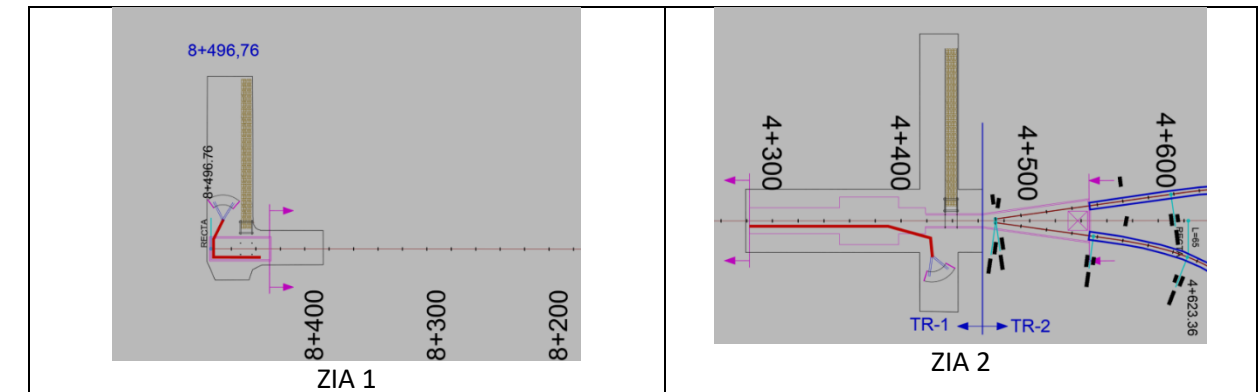


Figura nº 10. ZIAS. Alternativa 2 y 4

6. ESTUDIO DE SUBSIDENCIAS Y TRATAMIENTOS DEL TERRENO

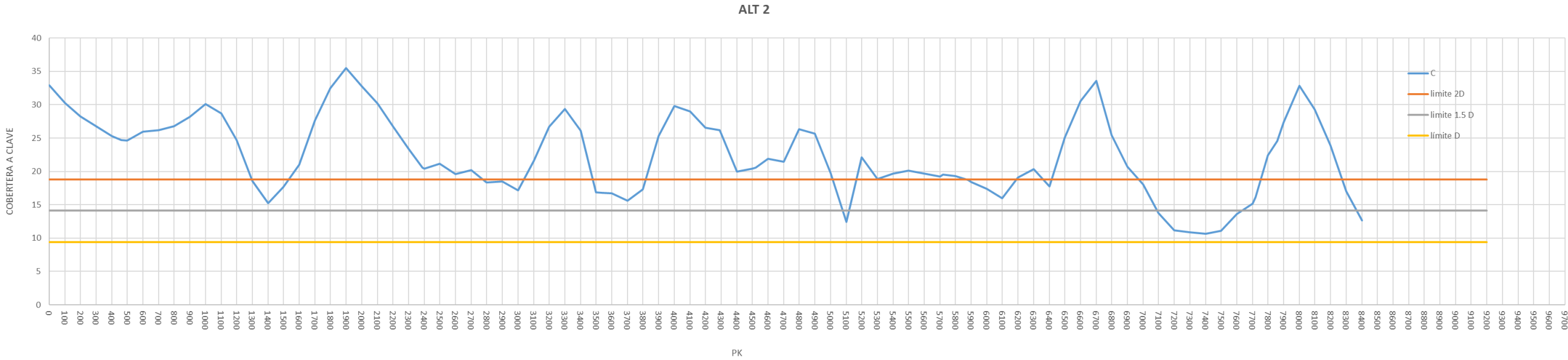
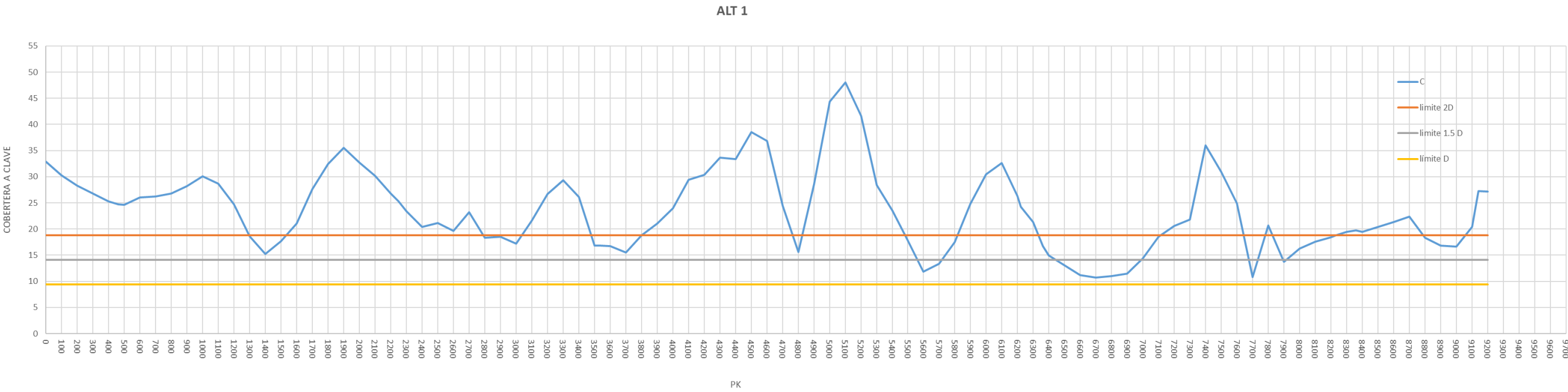
6.1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este punto es prever y valorar la subsidencia (asientos, distorsiones y desplazamientos horizontales) para cada alternativa planteada, que pudieran inducir las excavaciones proyectadas en el entorno de la Ampliación de la línea 11 del Metro de Madrid a Valdebebas, zonificar el trazado y evaluar los posibles riesgos sobre las estructuras e infraestructuras afectadas.

Las especiales circunstancias que concurren en este tramo son:

- diámetro de excavación $D = 9.40$ m en túnel de línea.
- trazados, que discurren bajo zonas sin urbanizar o con baja densidad de viviendas, excepto en el tramo inicial (aproximadamente 2.5 km iniciales de todas las alternativas), y en Valdebebas Norte, en la Avenida Secundino Zuazo.
- zonas de paso bajo las grandes infraestructuras y puntos singulares (M-40, M-11, M-12, FFCC, conducciones de saneamiento, etc)
- cruce bajo otras infraestructuras subterráneas: túneles de Línea 8 de metro y de ADIF Cercanías Chamartín-T4.
- naturaleza del terreno, con tramos con importantes espesores de depósitos cuaternarios (fundamentalmente rellenos antrópicos, y también algunos depósitos de terraza ligados a antiguos cauces) en algunas zonas, de baja calidad geotécnica.
- zonas de baja cobertera por encima de clave del túnel. En general, excepto en dos tramos concretos, el trazado de todas las alternativas tiene una cobertera sobre clave

del túnel mayor de 1.5 D, siendo D el diámetro de excavación. Estas zonas de baja cobertera ($<1.5 D$) se localizan aproximadamente, entre los PK 5+600 y 5+800 y 6+500 y 7+100 de las alternativas 1 y 3, y en el entorno del PK 5+100 y 7+200 a 7+700 en las alternativas 2 y 4.



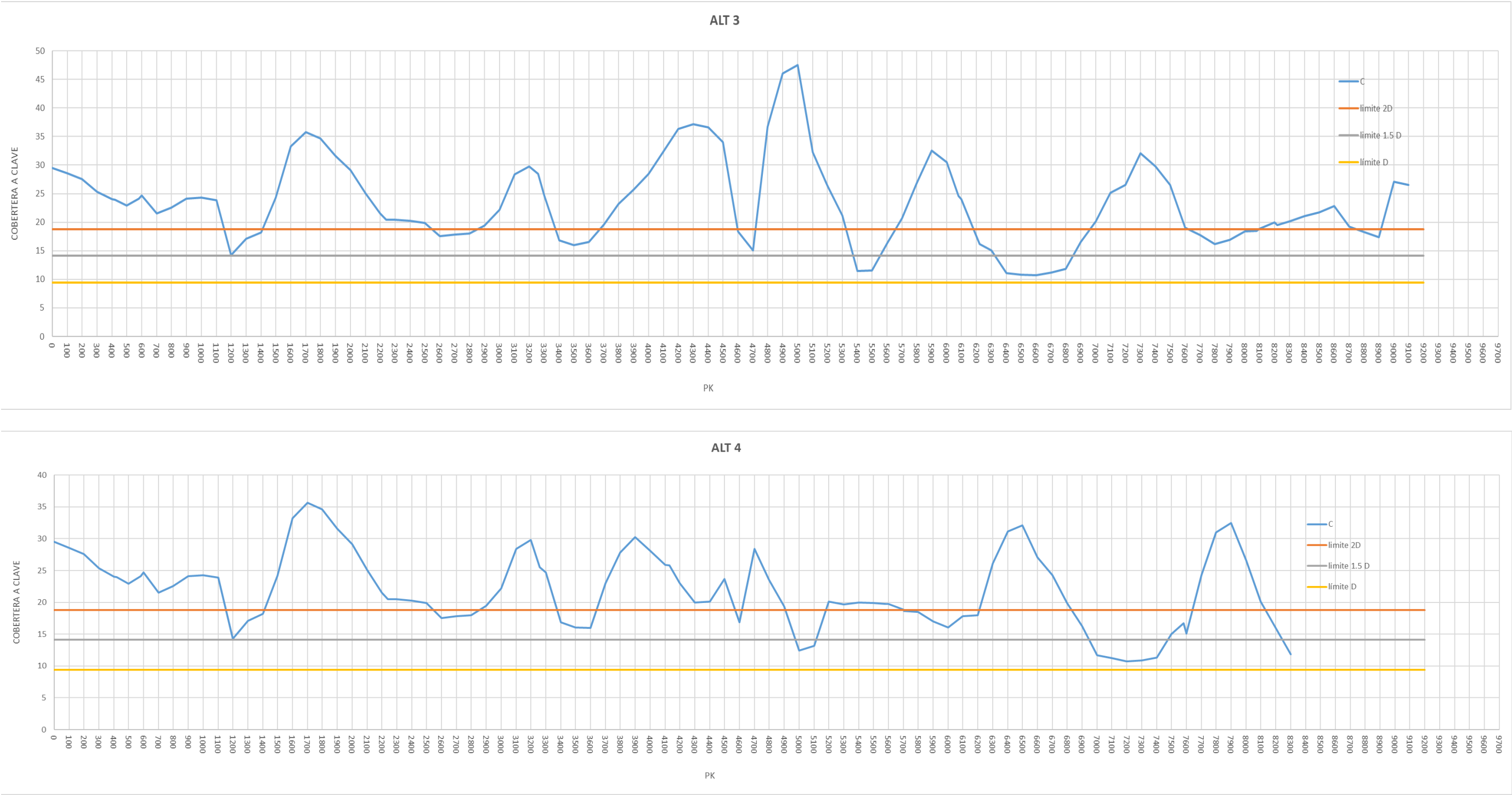


Figura nº 11. Cobertera por encima de clave y límites D, 1.5 D y 2D en las diferentes alternativas

Para el desarrollo de este análisis se parte de la campaña geológico-geotécnica efectuada por la UTE y los datos relativos a campañas efectuadas anteriormente en la zona de implantación del proyecto. Asimismo, se han consultado referencias bibliográficas sobre los suelos de Madrid y de la experiencia acumulada durante las excavaciones subterráneas realizadas en Madrid en contextos similares.

Entre ellas pueden citarse: la tesis doctoral “Nuevo modelo Madrid para la estimación de asentamientos producidos en túneles con tuneladoras EPB de gran diámetro” de Fernando Díez Rubio (2010). Dicha tesis recoge nuevas aportaciones partiendo del “Modelo Madrid” de Oteo et al (1999), modelo semiempírico ampliamente contrastado con medidas reales.

El documento de criterios básicos de diseño utilizado ha sido “Recomendaciones generales. Evaluación de riesgos. Zonificación del trazado por riesgos. Diseño de los planes de instrumentación y auscultación para las obras de ampliación de la red de Metro de Madrid (2003 – 2007)”.

6.2. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICO-GEOTÉCNICA DEL TERRENO EN LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de Proyecto se encuentra en la zona central de la Cuenca del Tajo, en la denominada Cuenca de Madrid, dominado por los materiales terciarios y cuaternarios, y se caracteriza por presentar conjuntos litológicos formados en esta zona por los depósitos terciarios de arenas y arcillas, y los cuaternarios, vinculados al cauce del arroyo de Valdebebas y sus tributarios. Los depósitos terciarios forman cuerpos subhorizontales de limitada continuidad horizontal y vertical, interdigitados entre sí mediante cambios laterales de facies o estructuras de truncamiento por intersección de la erosión producida por canales arenosos (arena de miga) sobre la llanura arcillosa (tosco). Además de estos, cabe destacar la abundancia de rellenos antrópicos asociados a las actuaciones urbanísticas, y rellenos estructurales y de plataformas de vías de comunicación.

Los materiales afectados en el área objeto de proyecto corresponden al sustrato terciario y a diversos recubrimientos cuaternario.

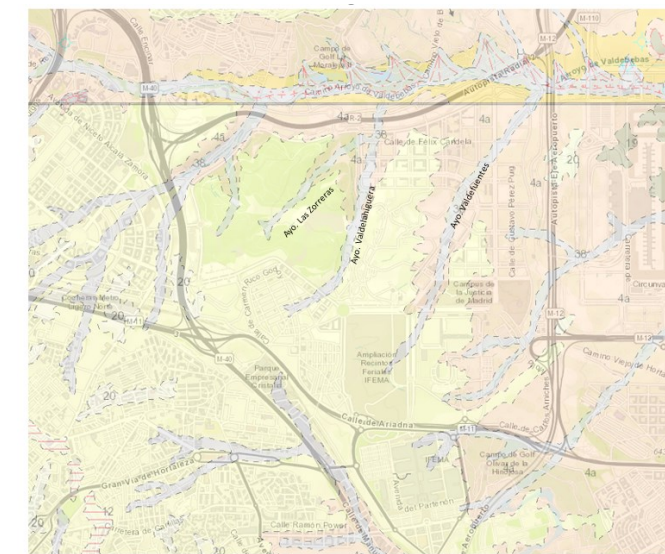
6.2.1. Terciario

Se distinguen en el entorno de Madrid varios tipos de Mioceno, según criterios principalmente de tipo granulométrico, siendo el paso de una unidad a otra de tipo gradual (sin contactos nítidos, por una parte justificado por los cambios laterales de facies, y por otro lado por las intercalaciones de tosco en arena de miga o viceversa). DE LA FUENTE Y OTEO (1.986),

distinguieron dos unidades: Arena de Miga y Tosco, en función del contenido arenoso a arcilloso, reconociendo también la existencia de toda una gama de materiales intermedios. La distinción entre los materiales de la Facies Madrid, suele hacerse en función del criterio establecido por ESCARIO (1.985), basado en el porcentaje de material pasante por el tamiz # 200.

MATERIAL	PASANTE POR EL TAMIZ # 200
ARENA DE MIGA	< 25 %
ARENA TOSQUIZA	25 – 40 %
TOSCO ARENOSO	40 – 60 %
TOSCO	> 60 %

Distinción entre los materiales de la Facies Madrid. Escario (1985)



38.- Arenas cuarzo-feldespáticas, arcillas y limos arenosos con gravas dispersas (fondos de valle)
11.- Arenas arcósicas de grano grueso y arcillas pardas y rojizas
4 a.- Arcosas gruesas con cantos, lechos de cantos, fangos y arenas arcósicas

Cartografía geológica de la zona de estudio. IGME

6.2.2. Cuaternario

- Depósitos de fondo de valle

Litológicamente se corresponde con los materiales de fondos de valle y barras aluviales. En los valles secundarios y vaguadas se presentan ciertos depósitos, discontinuos en general y de poco espesor, constituidos por arenas cuarzo-feldespáticas, arcillas y limos arenosos con gravas dispersas provenientes de los fondos de valle, lechos de canales y cauces de arroyos. En general, se trata de depósitos flojos, con espesores variables.

La delimitación de estos depósitos no es fácil, pues el aumento de la urbanización impide la mayoría de la veces la observación directa de estos depósitos superficiales, como en el caso del existente en la zona de la estación de Mar de Cristal (Arroyo de Quinto), cuyo trazado cruzaba la glorieta de Mar de Cristal, y que actualmente solo se puede identificar en fotos aéreas antiguas, donde se observa que coincide en parte con la actual Vereda de Quinto. Se trata de materiales permeables, que alcanzan espesores de unos 4-6 m, y están cubiertos por rellenos de hasta 5 m de potencia en esta zona.

Se han encontrado también espesores importantes en el cauce del arroyo de la Plata, al sur de la T4, actualmente encauzado.

- Rellenos antrópicos

Los materiales cuaternarios que presentan gran importancia son los depósitos antrópicos (rellenos, obras de tierra, vertederos,...) que se encuentran a lo largo de la zona objeto del proyecto y su entorno.

Se pueden diferenciar tres tipos de depósitos antrópicos: rellenos controlados de terraplén, rellenos incontrolados de pequeña altura, y grandes vertidos y escombreras. Estos últimos pueden presentar enormes potencias y han sido depositados recientemente, sin control de compactación, ni de selección de materiales en origen de ningún tipo. De hecho, el parque forestal de Valdebebas se desarrolla sobre las antiguas escombreras de las Cárcavas, el mayor vertedero ilegal de Madrid en la década de 1990. De las cerca de 30 hectáreas de escombreras y vertederos que existían en 1984, en el ámbito UNP 04.01 "Ciudad aeroportuaria y parque de Valdebebas", han pasado a unas 100 hectáreas en 1995. En ocasiones, estos vertidos han producido variaciones en la red hidrográfica natural.

Se han detectado también espesores importantes de rellenos en el antiguo trazado del arroyo de la Plata. En la zona de la T4 se tienen datos de espesores importantes de rellenos (hasta 8 m), que posiblemente correspondan a una rampa posteriormente rellenada.

Las características geotécnicas de esta unidad resultan difíciles de agrupar dada la fuerte heterogeneidad que suelen presentar estos materiales en cuanto a origen, compacidad, etc., pero de manera general, todos cumplen las siguientes características:

- Densidades generalmente bajas, pero siempre con grandes oscilaciones según los materiales presentes.
- Deformabilidad extremadamente alta

- Colapsabilidad muy elevada al saturarse. Además, suelen ser muy permeables pudiendo generar niveles freáticos anormales no concordantes con los de las formaciones encajantes.

Se describe a continuación la distribución espacial de estas formaciones superficiales para el perfil en la Alternativa 1, por abarcar la mayor parte del área estudiada. Los tramos diferenciados de las Alternativas 2 y 3 se describen más adelante. La Alternativa 4 coincide por completo con la 2.

Alternativa 1

Inicio – M-40 (0+000 a 1+350): La zona de Mar de Cristal se emplaza en el antiguo arroyo de Quinto por lo que presenta rellenos superficiales de 2 a 5 m de espesor, encontrándose los mayores en torno al p.k. 0+700, en la zona donde se cruza el antiguo arroyo. En esa zona, entre los p.k. 0+520 y 0+840, también se encuentran depósitos aluviales infrayacente a los rellenos, de hasta 3 m de espesor.

M-40 – Avenida de las Fuerzas Armadas (1+350 a 3+250): La M-40 discurre por el fondo de la continuación del antiguo arroyo de Quinto. Si bien la autovía discurre en desmonte (p.k. 1+400) alcanzando el sustrato, en su margen este se ha encontrado mayor espesor de depósitos, en torno a la línea de F.C. (p.k. 1+550), alcanzando de 3 a 5 m entre rellenos superficiales y aluvial. En la zona más baja del Parque del Campo de las Naciones (p.k. 1+650) se ha registrado hasta 10 m de suelos rígidos, pudiendo corresponder parte de ellos a sustrato meteorizado. En el resto de dicho parque, entorno de la M-11 y zona del camino Alto de Hortaleza (p.k. 1+900) solo se registran rellenos superficiales de 2-3 m de espesor que incluso pueden desaparecer, aflorando el sustrato.

Siguiendo hacia el norte se bordea la parcela de IFEMA por el oeste y norte (p.k. 2+100 a p.k. 3+200); en esta parcela hay diversos rellenos y vertidos, habiéndose detectado espesores importantes sobre el trazado en su borde sur, con unos 3-5 m junto a la glorieta de Manuel Muñoz Monasterio (p.k. 2+200) y sobre todo en su borde norte (p.k. 2+600 a 2+800) con unos 7 m de rellenos vertidos. En el resto de áreas el espesor de la capa de rellenos superficiales es de unos 2 m.

Glorieta Antonio Perpiña – Av. J.A. Samaranch – Arroyo Valdefuentes (3+250 a 4+050): El trazado discurre bajo el curso del arroyo Valdefuentes, con un nivel superficial de rellenos más depósito aluvial de entre 1 a 3 m en las zonas de borde, que llega a 5-7 m de espesor en la zona central, entre los p.k. 3+500 a 3+750.

Parque Princesa Leonor – Ayo. Valdelahiguera – Parque Felipe VI (4+050 a 5+730): Los parques se emplazan en zonas de antiguos vertidos, si bien en el Parque Princesa Leonor (p.k. 4+050 a 4+820) el trazado atraviesa por zonas de escasos vertidos, con unos 3-5 m de espesor máximo, en el Parque Felipe VI (p.k. 4+920 a 5+620) se encuentran antiguas escombreras de vertidos de hasta 10 m de espesor. En la zona del arroyo Valdelahiguera (p.k. 4+820 a 4+920 y 5+620 a 5+730) se encuentra un pequeño aluvial de unos 2-3 m de espesor máximo.

Av. Secundino Zuazo – Ayo. Valdefuentes – M12 (5+730 a 7+500): Toda la zona tiene un nivel superficial de rellenos de 3-5 m de espesor, siendo únicamente reseñable el cruce con el arroyo de Valdefuentes (p.k. 6+850 a 6+950) donde aparece subyacente un nivel aluvial de alrededor de 1 m de espesor.

M12 – Zona T4 – M13 (7+500 a 9+000): Aparecen rellenos superficiales discontinuos de entre 0 a 4 m en las superficies afectadas por las obras de la T4 alternando con sustrato aflorante en las zonas de desmonte. El tramo final (p.k. 8+000 a 8+900) se desarrolla sobre unas zonas de antiguas terrazas aluviales, presentando un nivel de rellenos superficiales de unos 3 m de espesor sobre un nivel de terrazas también de 3 m. La alternativa termina en el entorno del arroyo de la Plata, con aluvial de escaso espesor.

Alternativa 2

Av. J.A. Samaranch – C. Fernando Higuera – Arroyo de la Plata (3+700 a 5+200): Aparecen rellenos superficiales de alrededor de 3 m de espesor. Entre la calle Julio Cano Lasso y la M12 (p.k. 4+650 a 4+800), en la bajada al arroyo de la Plata, donde se encuentra la M12, hay algunos vertidos con espesores de entre 3 a 5 m. En el cruce con el arroyo de la Plata (p.k. 4+970 a 5+030) se encuentra un aluvial de escaso espesor.

Alternativa 3

Inicio – M-40 (0+000 a 0+900): La zona de Mar de Cristal en esta alternativa se emplaza algo más al sur de la anterior, evitando la zona central del arroyo de Quinto. Por ello el nivel de rellenos superficiales detectado es ligeramente de menor espesor, con entre 1,5 a 4 m

6.3. ESTUDIO DE SUBSIDENCIAS

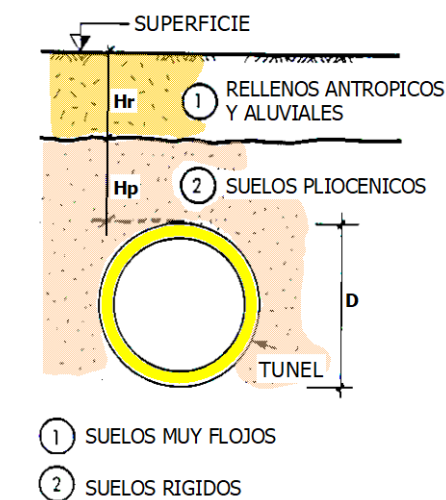
6.3.1. Introducción

El objeto del análisis de subsidencias es la clasificación de subtramos diferenciados, por contraste entre las deformaciones estimadas y las características de los edificios o estructuras existentes. La clasificación de cada subtramo permite la toma de decisiones en cuanto al diseño

y ejecución de obras de tratamiento y protección, y en cuanto a la disposición de instrumentación.

Partiendo de los perfiles geológico-geotécnicos elaborados para cada una de las alternativas, en primer lugar se evalúan los movimientos inducidos por las excavaciones mediante métodos empíricos, realizando cálculos cada 100 m a lo largo de los trazados de las 4 alternativas, en los que interviene el tipo de terreno y el recubrimiento sobre clave.

El análisis efectuado se basa fundamentalmente en la experiencia en casos y terrenos similares en otros Proyectos y obras en Madrid, lo que ha permitido el desarrollo del llamado “Modelo de Madrid” usando datos procedentes de análisis de elementos finitos tridimensionales para el estudio de las cubetas de asentos de Attewell, el método de Sagaseta y Oteo (1974) y correcciones empíricas basadas en mediciones de campo. En este modelo se asume que el perfil estratigráfico tipo es el definido en la figura siguiente:



Nivel 1: rellenos y cuaternarios flojos. Estos materiales pueden tener un módulo de deformación en decompresión de 5 a 10 MPa.

Nivel 2: constituido por los niveles más rígidos que constituyen el terciario (Mioceno y Plioceno). El módulo de deformación en decompresión oscila entre unos 50 MPa (arenas de miga) a 225 MPa (toscos duros). El agrupar todos estos materiales en un sólo nivel de cálculo queda justificado, en muchas ocasiones, por la alternancia de las capas terciarias, por la gran diferencia de sus módulos de deformación con los del Nivel 1, etc.

Figura nº 12. Perfil estratigráfico tipo en Madrid

En segundo lugar, se realiza una evaluación de riesgos que, sobre las edificaciones existentes y sobre otras estructuras o servicios, puedan producir las obras, a partir de los desplazamientos obtenidos.

Mediante la evaluación de riesgos, se establecen las medidas de actuación y tratamientos del terreno necesarios.

6.3.2. Evaluación de los movimientos inducidos por las excavaciones.

La evaluación de movimientos se efectuará mediante métodos semiempíricos, que permiten evaluar de forma rápida la ley de asientos (volumen de asientos, V_s , situación del punto de inflexión, i , etc.).

La curva de asientos del terreno viene expresada por la función de Gauss. Según la ley de asientos desarrollada por Peck (1969), en cada caso, los parámetros que definen geométricamente esta curva se obtienen con la hipótesis de que el área encerrada por la campana de Gauss es igual a la variación de sección experimentada por la excavación, denominada pérdida de suelo (V_s), que se define como la superficie encerrada por la curva por unidad de longitud.

$$S_v = S_{\max} e^{\frac{-y^2}{2i^2}}$$

donde:

- S_v = Asiento en la abscisa y .
- S_{\max} (ó δ_{\max}) = Asiento máximo en superficie, coincidente con la vertical de la clave del túnel.
- y = Abscisa medida desde la vertical de la clave del túnel.
- i = Abscisa del punto de inflexión de la curva de Gauss (distancia del punto de inflexión de la cubeta de asientos al eje del túnel).

La curva de asiento quedaría completamente definida una vez que se conozca el volumen de asientos (V_s) y la posición del punto de inflexión (i), mediante el cálculo del asiento máximo con la expresión:

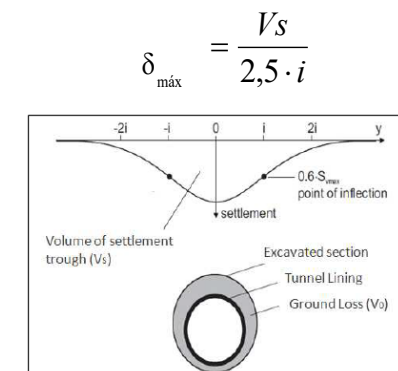


Figura nº 13. Definición de la cubeta de asientos transversal

- **Situación del punto de inflexión. Parámetro i**

Se calculará el valor del **punto de inflexión i** a partir de la profundidad relativa del túnel y del tipo de terreno, mediante la siguiente expresión (Oteo y Sagaseta, 1982):

$$i/D = \eta (0,52 H/D - 0,21)$$

Siendo

- H la profundidad del eje del túnel
- D el diámetro de excavación.
- η : parámetro de ajuste que varía entre 0,75 (suelos flojos y arenosos) a 1,25 (suelos densos o rígidos).

Tabla nº 7. Coeficiente η en función del tipo de terreno. Metro de Madrid

TIPO DE TERRENO	η
C: Cuaternario	0,60
Ta: Terciario alterado	0,90
Ti: Terciario inalterado	1,30
Tr: Terciario rocoso	1,60

En el caso de existir varios niveles de terreno, el valor de η se obtiene estableciendo un valor medio ponderado estimando el espesor de los distintos niveles de terreno.

- **Pérdida de volumen y volumen de asientos**

El **volumen de asientos** se calcula mediante la expresión:

$$V_s(m^3/m) = A (m^2) \cdot V_L(\%) / 100$$

Siendo VL% la pérdida de volumen (volumen de asientos en porcentaje de la sección excavada), y A el área de excavación. Los valores recomendados se resumen en la tabla adjunta:

Tabla nº 8. Valores recomendados de Vs en porcentaje % del área de la sección excavada. Metro de Madrid

T/D (Espesor de la cobertura de suelos sobre la clave/ Diámetro)	Tr Terciario Rocoso	Ti Terciario inalterado	Ta Terciario alterado
> 1.00	0.05	0.20	0.50
0.50	0.20	0.50	1.00
0.25	0.50	1.00	1.50
< 0.25	> 2.0 (1)	>3.0 (1)	> 4.0 (1)

(1) Existe riesgo de formación de chimeneas y colapsos de los materiales sobre la excavación y se deberán adoptar, como valores mínimos orientativos para la previsión, los rangos de Vs (%) propuestos en la tabla.

Dicho valor debería ser corregido dependiendo de las condiciones del terreno y de la ejecución tal y como queda reflejado en la tabla adjunta:

Tabla nº 9. Parámetro ψ que depende del sistema de excavación y del agua en el terreno

Clasificación del tipo en relación con diferentes situaciones	B/A: Excavación por el método tradicional Belga, Alemán, galerías entibadas	EPB (A): Tuneladora con frente abierto	EPB (C): Tuneladora con frente cerrado
Caso 1: Sin agua o con agua en terreno tipo Tr o Ti con finos (1) >50% y con recubrimiento >0.5 D sobre clave	2.0	0.7	0.3
Caso 2: Con agua y Terreno tipo Tr o Ti con finos (1) < 50% y con recubrimiento >0.5D	3.0	1.3	1.0
Caso 3: En situaciones diferentes a las contempladas en los casos 1 y 2	12.0 (2)	2.5 (2)	1.5 (3)

El valor de VL% puede obtenerse mediante ábacos, a partir de una determinada distribución de suelos (rellenos y Plioceno). En este modelo se asume que el espesor de rellenos

superficiales no influye prácticamente cuando el recubrimiento de terreno pliocénico) por encima de la clave del túnel es de 1-1.5 diámetros o superior

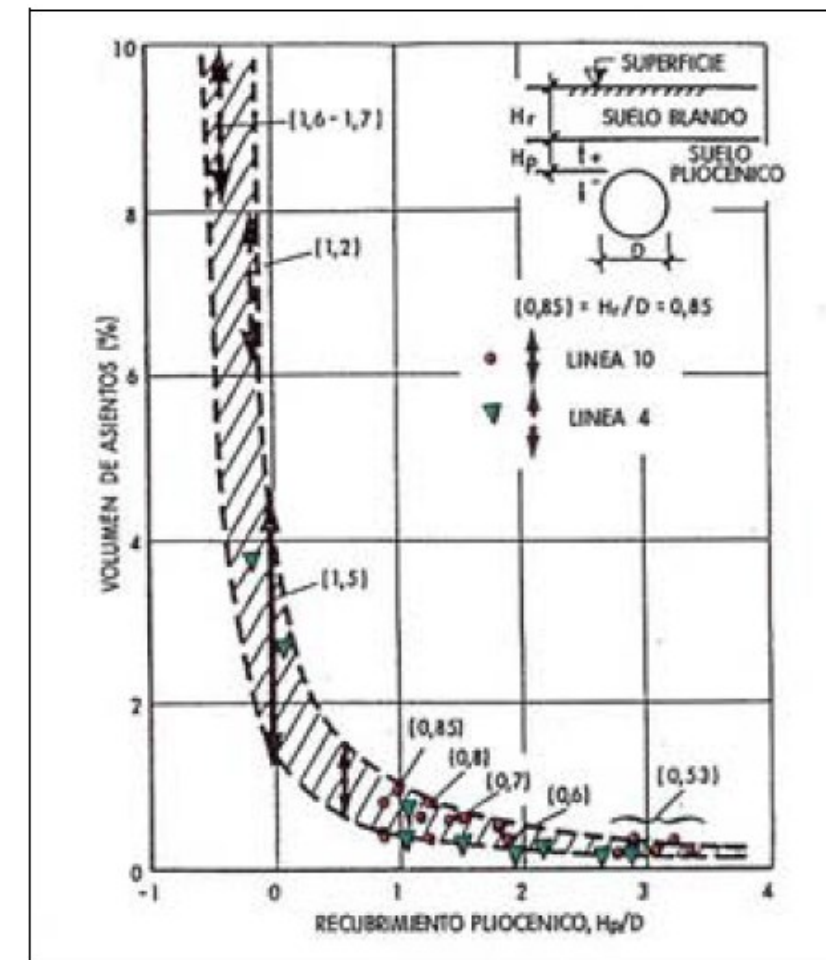


Figura nº 14. Volúmenes de asientos medidos en dos líneas de la Ampliación del Metro de Madrid

El Modelo Madrid de estimación de subsidencias permite la obtención del volumen de asientos mediante la aplicación del siguiente ábaco, en función de la profundidad y del recubrimiento terciario o plioceno (H_p):

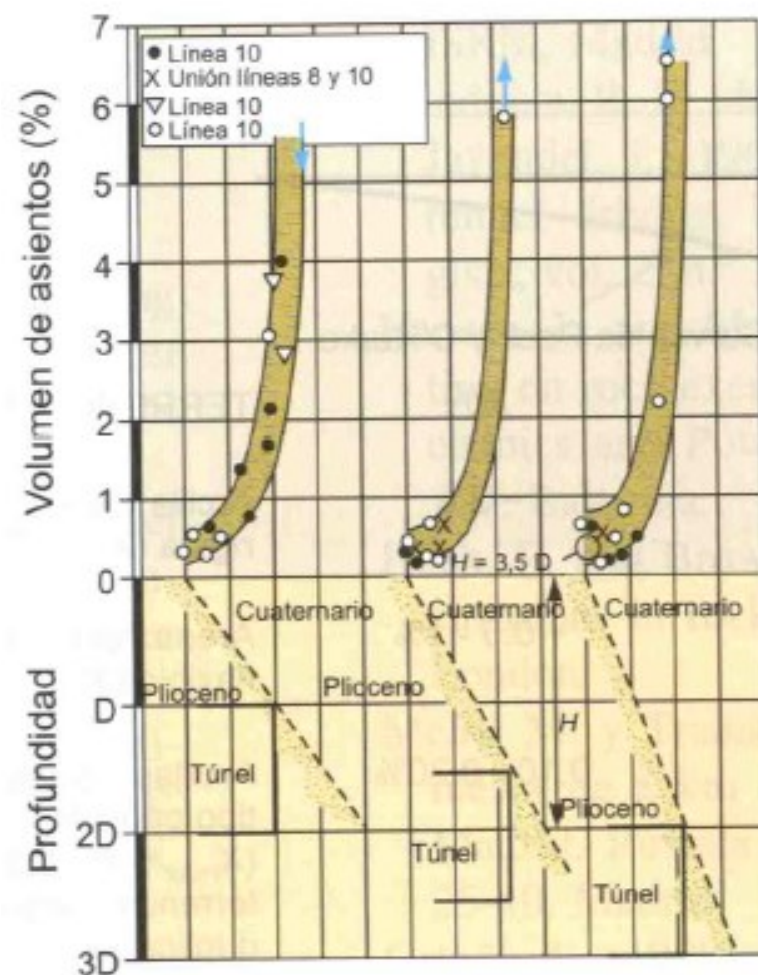


Figura nº 15. Modelo Madrid. Volumen de asientos superficiales en función de la profundidad y del recubrimiento terciario. (Oteo y otros, 1999)

De acuerdo con el trabajo de investigación de Oteo (2001) dicho volumen de asientos debe ser corregido en caso de trabajar con tuneladoras EPB. Dicho coeficiente adopta los siguientes valores:

- 0,50 Con $H_p > 0,75$ ($H_p + H_r$) y $H_p/D > 1,5$
- 0,70 Con $0,50$ ($H_p + H_r$) $< H_p < 0,75$ ($H_p + H_r$) y $H_p/D > 0,50$
- 1,00 Con $0,25$ ($H_p + H_r$) $< H_p < 0,50$ ($H_p + H_r$) y $H_p/D < 0,50$

De forma alternativa, estos valores de VL% pueden obtenerse a partir de la ley propuesta por Fernando Díez en su tesis doctoral del año 2010, para la variación del volumen de asientos en función de H_p/D :

- Para $H_p/D < 1,9$: $V_s\% = -0,4296 \ln(H_p/D) + 0,3432$
Intervalo de variación:

Para $H_p/D < 1,0$ $V_s(\%) \pm 0,3$

Para $1,0 < H_p/D < 1,5$ $V_s(\%) \pm 0,2$

Para $H_p/D > 1,5$ $V_s(\%) \pm 0,1$

- Para $H_p/D > 1,9$: $V_s\% = 0,10$

- La **curva de asientos transversales al eje del túnel** se define de acuerdo con Asiento máximo en superficie, coincidente con la vertical de la clave del túnel. Dicho asiento se calcula a partir de "i" y "Vs"

$$\delta_{\text{máx}} = \frac{V_s}{2,5 \cdot i} = \text{asiento máximo en superficie}$$

De forma alternativa, en el Modelo Madrid, se puede usar el siguiente gráfico para la obtención del asiento máximo:

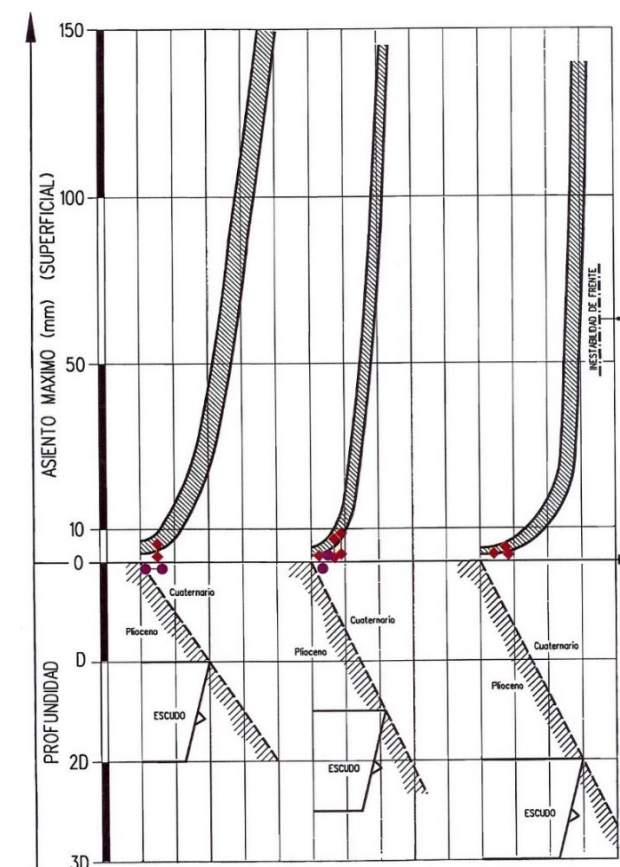


Figura nº 16. Modelo Madrid. Asiento máximo en superficie

- La **ley de desplazamientos horizontales** se formula a partir de la ley de asientos, asumiendo la hipótesis de que, a partir de una cierta distancia de la excavación, el

desplazamiento total inducido tiene, como dirección principal, una trayectoria que pasaría sensiblemente por el eje del túnel.

De esta forma, el asiento en cada punto y el desplazamiento horizontal serían proyecciones del desplazamiento total, de modo que ambas componentes del movimiento estarían, geoméricamente relacionadas, mediante la siguiente expresión:

$$u(x) = \frac{x}{H} \cdot \delta(x)$$

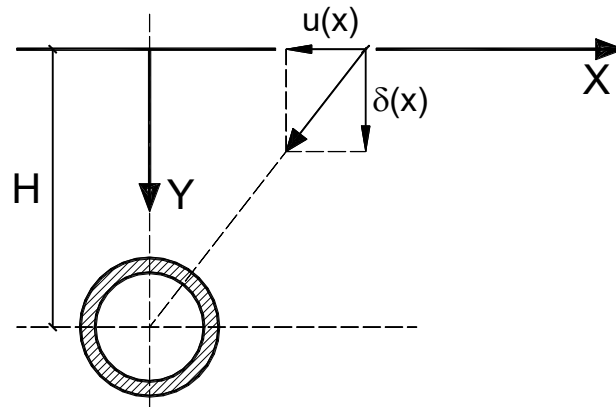


Figura nº 17. Obtención simplificada de la ley de movimientos horizontales (O'Reilly y New, 1982).

- El movimiento horizontal máximo se calcula mediante mediante la expresión

$$u_{\max} = \delta_{\max} \cdot \frac{i}{H} \cdot e^{-0,5} \cong 0,61 \cdot \delta_{\max} \cdot \frac{H/2}{H} = 0,3 \cdot \delta_{\max}$$

Debida a O'Reilly y New (1982), en la que se considera que el u_{\max} se produce a una distancia "i" del eje.

6.3.3. Resultados de los cálculos. Subsidiencias en "campo libre"

Se ha realizado una estimación de la subsidencia producida por el túnel excavado con tuneladora cada 100 m a lo largo de los trazados de las alternativas. Para cada sección de cálculo se ha empleado la metodología expuesta. Los cálculos se realizan a nivel de superficie de terreno, sin considerar la rigidez de los edificios existentes.

En el apéndice 1.1 se incluyen tablas con los resultados de los cálculos para cada parámetro (asientos verticales y horizontales máximos, volumen de asiento, pérdida de suelo, punto de inflexión), y los gráficos correspondientes para cada alternativa de trazado.

En general, a lo largo de los trazados, los asientos obtenidos son menores de 10 mm, excepto en los tramos en los que la cobertera pliocena disminuye situándose en el entorno de 10 m,

ocasionando asientos mayores, que llegan a alcanzar los 30-32 mm. Esta situación se produce en la zona de la vaguada del arroyo de Valdefuentes, situado al este de la estación Valdebebas Norte. Toda la zona tiene un nivel superficial de rellenos de 3-5 m de espesor, y en el cruce con el arroyo de Valdefuentes (p.k. 6+850 a 6+950 de la alternativa 1) aparece subyacente un nivel aluvial de alrededor de 1 m de espesor.

6.3.4. Evaluación del riesgo. Umbrales de control

De acuerdo con las recomendaciones de Metro de Madrid, se establecen los siguientes umbrales de riesgo de movimientos adicionales admisibles:

Tabla nº 10. Movimientos adicionales admisibles. Metro de Madrid

UMBRAL DE CONTROL	MOVIMIENTOS ADMISIBLES								
	ASIENTO ADMISIBLE (mm)			DISTORSIÓN ANGULAR			DEFORMACIÓN HORIZONTAL UNITARIA (%)		
	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar	Rojo	Verde	Ámbar	Rojo
Zonas sin edificaciones	< 50	50 a 100	> 100	< 1/100	1/100 a 1/50	> 1/50	< 1,5	1,5 a 2,0	> 2,0
Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado.	< 20	20 a 30	> 30	< 1/1000	1/1000 a 1/500	> 1/500	< 0,15	0,15 a 0,20	> 0,20
Conducciones no de gas.									
Estructura subterránea o túneles existentes.	< 15	15 a 25	> 25	< 1/2000	1/2000 a 1/1000	> 1/1000	< 0,15	0,15 a 0,20	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente, sin daños parentes	< 10	10 a 15	> 15	< 1/2000	1/2000 a 1/1000	> 1/1000	< 0,15	0,15 a 0,20	> 0,20
Edificios cimentados superficialmente con daños.									
Edificios monumentales.	< 5	5 a 10	> 10	< 1/3000	1/3000 a 1/2000	> 1/2000	< 0,05	0,05 a 0,10	> 0,10
Edificios con más de 10 alturas.									
Tuberías de gas.									
Túneles existentes.	Asiento o levantamiento: 10 mm/10 m								

Atendiendo al criterio de movimientos admisibles, se clasifican los niveles de riesgo y las medidas de actuación siguientes

Tabla nº 11. Categorías de riesgo

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN
VERDE	Riesgo bajo. Los movimientos inducidos en edificaciones y servicios no superan el umbral menos restrictivo.
ÁMBAR	Riesgo medio. Los movimientos inducidos a cota de cimentación que superan el límite establecido, sin alcanzar, en su punto pésimo, los niveles de deformación equivalentes al umbral "rojo".
ROJO	Riesgo alto. Los movimientos inducidos a cota de cimentación superan los establecidos para el umbral "rojo". Zonas con edificios singulares.

6.3.5. Evaluación de afección a edificios

Características urbanas de los trazados

El nuevo túnel de línea se perforará bajo un terreno con una urbanización heterogénea a lo largo de su longitud.

En todas las alternativas la profundidad de diseño, la clave de túnel bajo la parte inferior de edificios superficiales o superficie de terreno sin edificar es de 1,5 veces su diámetro, es decir 13,5 m. En casos excepcionales en que no pueda cumplirse este resguardo de referencia, se justificará expresamente mediante cálculos técnicos.

En todo caso, para cada alternativa se pueden distinguir 8 zonas de características urbanas relativamente homogéneas. Se describen a continuación.

- **Zona Mar de Cristal - M40**

Es la zona inicial para todas las alternativas. Pertenece al barrio de Hortaleza en su parte interior a la M40. La superficie de terreno en esta zona está densamente construida con edificación residencial y comercial si bien el trazado discurre mayormente bajo superficies sin edificar como viales o parques. En esta zona, las 4 alternativas de trazado se reducen a dos, dependiendo de la ubicación de la Estación E1.

En una de ellas (Alternativas 1 y 2) el túnel se inicia bajo calle Agustín de Iturbide, pasa bajo el edificio de viviendas de Calle Valdetorres del Jarama 1, posteriormente bajo el Parque Alfredo Kraus al norte del Centro Comercial Gran Vía de Hortaleza y, tras la estación E1.1, parcialmente bajo el IES Gabriel García Márquez, calle Ayacucho, parcela sin edificar entre calles Ayacucho y Arequipa, parcialmente bajo la sede del Comité Olímpico Español y luego bajo el Parque Villa Rosa para después virar hacia el noreste bajo el campo de fútbol de la A.D. Villa Rosa hasta alcanzar la M40.

En la otra (Alternativas 3 y 4), el túnel se inicia en la parte sur de la Glorieta Sandro Pertini y discurre siempre bajo la Calle Arequipa al sur del Centro Comercial Gran Vía de Hortaleza hasta que, tras la estación E1.2, vira ligeramente a derecha bajo el Parque Villa Rosa para luego hacerlo hacia el noreste bajo el campo de fútbol de la A.D. Villa Rosa, en trazado coincidente con las Alternativas 1 y 2.

- **Zona M40 – FFCC Madrid-Barcelona**

En esta zona las 4 alternativas tienen el mismo trazado. El terreno superficial es una zona de parque deportivo denominada Jardín del Olmo Viejo situado entre el Colegio Juan de Zaragüeta al norte y el Punto Limpio Fijo Hortaleza al sur, junto a la calle Tomás Redondo.

- **Zona FFCC Madrid-Barcelona – M11**

En esta zona las 4 alternativas tienen el mismo trazado. El terreno superficial es un área perteneciente al Bosque Metropolitano de Madrid denominado Bosque de los Abrazos Perdidos, dedicado a las víctimas del Covid-19. La franja paralela y contigua al Ferrocarril es zona de servidumbre del CYII ya que bajo ella discurren importantes conducciones de suministro de agua.

- **Zona M11 - Intercambiador Valdebebas**

En esta zona las 4 alternativas también tienen el mismo trazado. Salvo los primeros 250 m que pasan bajo zona de chalés unifamiliares, el resto del tramo carece de edificaciones en superficie.

Tras esos primeros 250 m, discurre en sentido sur-norte bajo la Calle Francisco Umbral, que está flanqueada al oeste por chalés unifamiliares y al este por la parcela para la futura Ampliación de Ifema, actualmente expedita, sin edificar. Después vira al este cruzando la parcela de Ampliación de Ifema para luego girar al noreste y, tras pasar bajo la Glorieta Antonio Perpiñá y, a su vez, bajo el túnel de Cercanías Chamartín-T4, enfilarse bajo la Calle de Juan Antonio Samaranch donde existe una reserva de espacio de estación dentro del complejo de Intercambiador Metro-Bus-Cercanías, actualmente en construcción.

En este tramo, el túnel apenas tiene edificaciones en su vertical, salvo los primeros 250 m de edificaciones bajas muy ajardinadas. En el siguiente tramo bajo Calle Francisco Umbral las edificaciones unifamiliares están sólo en su margen oeste; el margen este corresponde a la parcela de Ifema que está totalmente sin edificar. Posteriormente, hasta el final de la zona, no existen más edificaciones ni en la vertical del túnel ni en sus bandas laterales.

- **Zona Valdebebas Sur**

La parte central y oriental de esta zona la recorren las alternativas 2 y 4, en un tramo de unos 1.200 m hasta alcanzar el cruce con la M12. Se caracteriza por su completa urbanización viaria pero aún escasa edificación de sus parcelas. Las construcciones previstas son edificios de altura, mayormente de uso hotelero y de servicios.

Las alternativas 1 y 3 recorren la parte occidental de Valdebebas Sur en una longitud corta, de unos 400 m, para adentrarse luego en el Parque Princesa Leonor en dirección noroeste. En esta zona existe una franja consolidada de bloques de viviendas ya ocupadas de hasta 8 plantas en altura.

- **Zona parques de Valdebebas**

Esta zona la recorren sólo las alternativas 1 y 3, buscando adentrarse posteriormente en el barrio de Valdebebas Norte por su lado occidental. Los parques existentes en superficie son primero el “Princesa Leonor”, también denominado Parque Central de Valdebebas, y posteriormente, más al oeste, el Parque Forestal de Valdebebas Felipe VI. Ambos, evidentemente, sin edificar por lo que el trazado de túnel bajo ellos no presenta riesgo de afección a construcciones. En todo caso, los criterios de diseño túnel se mantienen idénticos a los aplicados en zonas edificadas.

- **Zona AENA**

Denominamos esta zona a aquella bajo la cual se prevé el trazado de túnel al este de la M12. Los terrenos de superficie pertenecen al Sistema General Aeroportuario de Madrid-Barajas y actualmente se encuentran expeditos, salvo por la presencia de los viales públicos de acceso a la terminal T4 desde la M12 y M13, así como de viales internos de AENA de comunicación entre instalaciones propias.

Por esta zona discurren todas las alternativas.

- **Zona Valdebebas Norte**

Esta zona la recorren todas las alternativas de trazado pasando bajo la Avda. Secundino Zuazo que vertebra el barrio en dirección este-oeste. Es la zona más densamente poblada de Valdebebas, con numerosos bloques de viviendas de hasta 12 plantas de altura.

Evaluación de afección a edificios

Las cubetas de subsidencia, deducidas de los cálculos realizados, permiten evaluar las distorsiones angulares y asentos esperables en los edificios, en la hipótesis conservadora de deformaciones no mitigadas por la rigidez de los propios edificios. Los cálculos también permiten estimar los desplazamientos horizontales al nivel de la base de los edificios.

La totalidad de edificios inventariados se incluyen en el siguiente esquema.

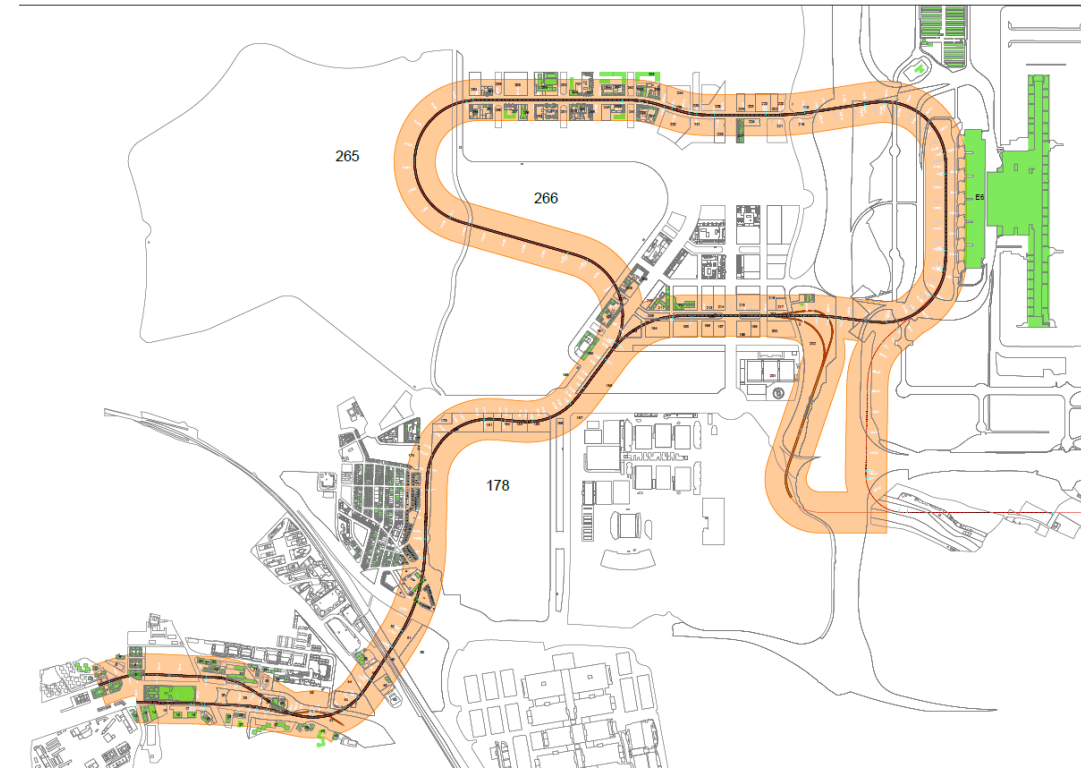


Figura nº 18. Edificios inventariados. Plano de planta de las alternativas

El inventario incluye, de acuerdo con lo especificado en el PPTP, la información disponible en esta etapa sobre cimentaciones de los edificios como de a los propios edificios, para todas las edificaciones situadas a una distancia de 100 metros a cada lado de los diferentes trazados.

Para cada una de las alternativas, de acuerdo con las categorías de control anteriormente definidas, se descartan los edificios situados fuera de la franja definida por las rectas a una distancia 2 i del eje (zona de influencia de las excavaciones).

Los casos en que $\delta_{\text{máx}} \leq 10 \text{ mm}$, se descartarán también, ya que se demuestra fácilmente que las distorsiones angulares serán mínimas. El asiento en el punto de abscisa i (distorsión angular máxima) es de $0,606 \delta_{\text{máx}} / i$, y en el de abscisa $\sqrt{3} \cdot i$ de $0,202 \delta_{\text{máx}}$. Estos puntos están separados $(\sqrt{3} - 1)i$, es decir $0,732 i$.

A continuación, se presenta el listado de edificios situados dentro de la cubeta de asentos (+/- 2 i) en zonas edificadas, en tramos en los que se superan los 10 mm de asiento máximo en superficie:

Tabla nº 12. Alternativa 1 y 3. Listado de edificios a analizar

PK	2 i	Edificios (nº parcela)	Distancia mínima desde el eje del túnel al borde del edificio (m)	Asiento máximo en el eje $\delta_{\text{máx}}$ (mm)
5720	18.5	262	20	12.8
6450	17	237-238	19	16.6
6960	14	227	18	28,2

Tabla nº 13. Alternativa 2 y 4 Listado de edificios a analizar

PK	2 i	Edificios (nº parcela)	Distancia mínima desde el eje del túnel al borde del edificio (m)	Asiento máximo en el eje $\delta_{\text{máx}}$ (mm)
7120	18.5	227	20	12.8
7520	17	237	19	16.6
7620	14	238	18	28,2

Dos de estos edificios analizados, los números 237 y 238, tienen más de 10 plantas.

Para estimar los posibles daños que pueden producirse se utiliza el método de BOSCARDIN y CORDING (1989), que relaciona los daños sobre los edificios con la distorsión angular y la deformación horizontal del terreno.

Puesto que se asume la formación de cubetas siguiendo la ley de Gauss, pueden derivarse las distorsiones máximas esperables y las leyes de movimientos horizontales, conociendo el punto de inflexión de la campana y el máximo asiento esperable.

Las distorsiones angulares y deformaciones horizontales máximas se calculan en cada punto de la cubeta de asientos limitada por 2 i y -2 i, mediante las siguientes expresiones:

$$\beta = \frac{\delta_{v\text{max}} - \delta_{v\text{min}}}{d_1} \quad \varepsilon_h = \frac{\delta_{h\text{max}} - \delta_{h\text{min}}}{d_2}$$

donde:

β : distorsión angular máxima

ε_h : deformación horizontal máxima

$\delta_{v\text{max}}$: asiento vertical máximo

$\delta_{v\text{min}}$: asiento vertical mínimo

d_1 : distancia que separa los puntos donde se producen los desplazamientos verticales máximo y mínimo

$\delta_{h\text{max}}$: asiento horizontal máximo

$\delta_{h\text{min}}$: asiento horizontal mínimo

d_2 : distancia que separa los puntos donde se producen los desplazamientos horizontales máximo y mínimo

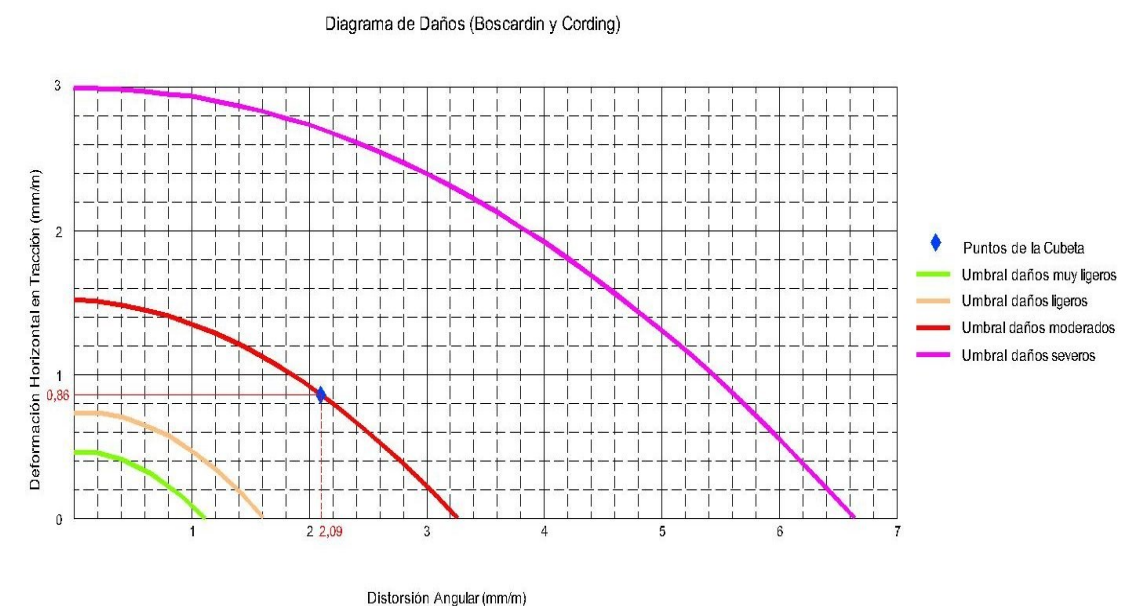


Figura nº 19. Daños según Boscardin y Cording (1989)

El criterio de BURLAND, basado en deformaciones de tracción, tiene en cuenta el tipo de edificio. Para la estimación de las deformaciones se puede aplicar el modelo de la viga equivalente en el que se supone que el edificio se deforma según la cubeta de asientos, con compresiones entre el eje y el punto i (zona de arrufo) y de tracciones a partir de dicho punto (zona de quebranto).

La clasificación de daños habitualmente aceptada define 6 categorías de daños (de 0 a 5), en la que las categorías 0 a 2 se refieren a daños estéticos, las categorías 3 y 4 se refieren a daños en la funcionalidad y la categoría 5 representa daños que afectan a la estabilidad.

Tabla nº 14. Clasificación de los daños visibles (Burland)

CATEGORÍA DE LOS DAÑOS	GRADO DE SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO TÍPICO (FACILIDAD DE REPARACIÓN EN NEGRITA)
0	Inapreciables	Grietas capilares de menos de 0.1 mm de anchura
1	Muy ligeros	Grietas finas fácilmente reparables mediante redecoración. Daños normalmente restringidos a los acabados de tabiques interiores. Una inspección detallada puede resaltar grietas en muros exteriores de mampostería. Anchura típica de grieta de 1 mm
2	Ligeros	Grietas fácilmente rellenables. Redecoración probablemente necesaria. Las grietas recurrentes pueden ser enmascaradas mediante revestimientos adecuados. Las grietas pueden ser visibles desde el exterior, y puede ser necesario un rejuntado para asegurar la resistencia meteorológica . Puertas y ventanas pueden atascarse ligeramente. Anchura típica de grieta de hasta 5 mm
3	Moderados	Las grietas requieren saneo y relleno con mortero. Rejuntado de muros exteriores y posiblemente una pequeña parte con sustitución de mampostería. Puertas y ventanas se atascan. Tuberías de servicio pueden romperse. Resistencia meteorológica del edificio a menudo reducida. Anchura típica de grieta de 5 – 15 mm o varias > 3mm
4	Severos	Extensa reparación incluyendo demolición y restitución de porciones de muros, especialmente sobre puertas y ventanas. Marcos de puertas y ventanas distorsionados, suelo apreciablemente inclinado. Muros apreciablemente inclinados o abombados y algún descuelgue de vigas. Cañerías fuera de servicio. Anchura típica de grieta de 15 – 25 mm, dependiendo del número de grietas.
5	Muy severos	Trabajos de reparación masivos incluyendo reconstrucción parcial o completa. Descuelgue de vigas, muros inclinados que requieren apuntalamiento. Ventanas rotas por la distorsión. Peligro de inestabilidad. Anchura típica de grieta superior a 25 mm, dependiendo del número de grietas.

Nota: la anchura de grieta es un factor para el establecimiento de la categoría del daño y no debería emplearse en sí misma como una medida directa del mismo.

Las categorías de daños propuestas están relacionadas con los niveles de deformación a tracción límite ε_{lim} . Estos rangos están tabulados en el cuadro siguiente, que proporciona la interrelación entre las deformaciones estimadas y la posible gravedad de los daños.

Tabla nº 15. Relación entre categoría de daños y deformación a tracción límite

CATEGORÍA DE LOS DAÑOS	GRADO DE SEVERIDAD	DEFORMACIÓN A TRACCIÓN LÍMITE ε_{lim} (%)
0	Inapreciables	0 – 0.05
1	Muy ligeros	0.05 – 0.075
2	Ligeros	0.075 – 0.15
3	Moderados	0.15 – 0.30
4 y 5	Severos a muy severos	> 0.30

Mediante el modelo de viga equivalente, y adoptando para la máxima deformación de tracción de la viga los ε_{lim} asociados con las diversas categorías de daños presentadas en el Cuadro anterior, se puede desarrollar un diagrama que presenta la relación entre la distorsión angular Δ/L y la deformación horizontal en tracción, ε_h ,

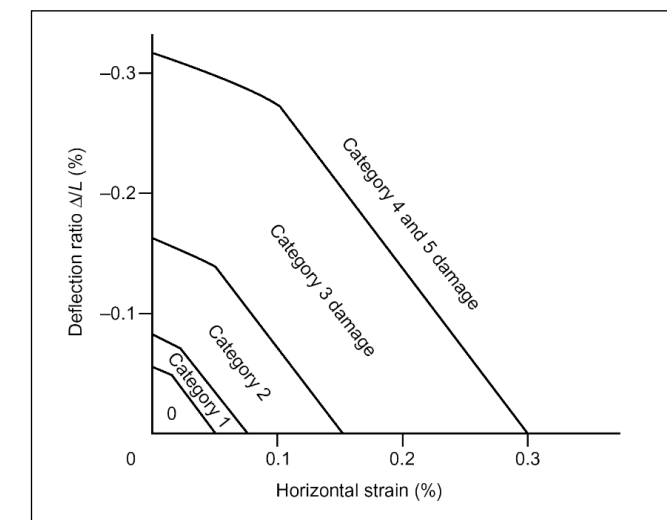
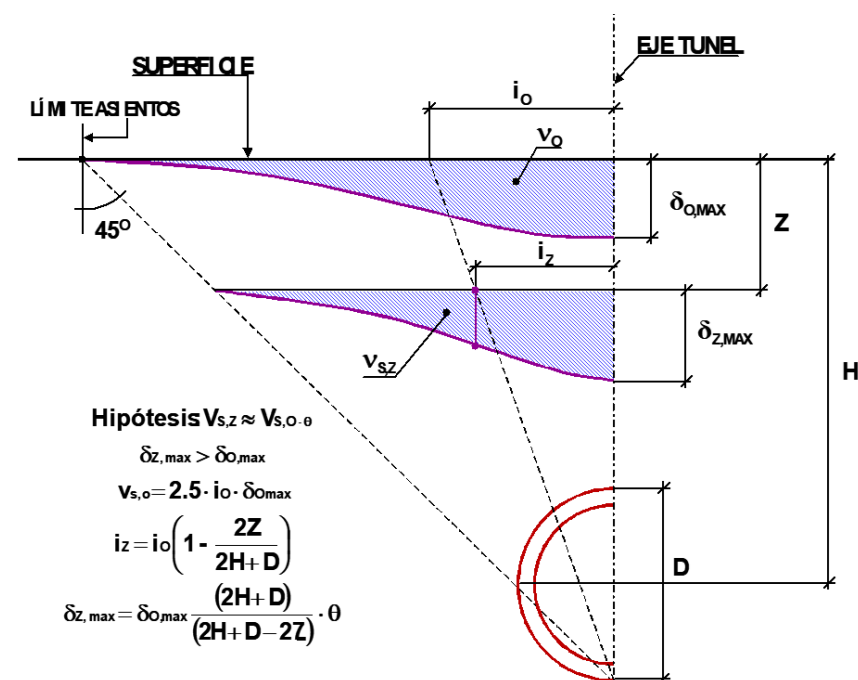


Figura nº 20. Relación de la categoría de daños con la distorsión angular y la deformación horizontal para deformaciones en quebranto y $L/H=1$

En cuanto a las subsidencias en profundidad, en el caso de edificios situados encima de la traza, para deducir el volumen de asentamientos a una cota determinada se propone el procedimiento que se indica en la figura adjunta:



Φ : coeficiente corrector: de 0,80 a 1,00

Figura nº 21. Cálculo de subsidencias en profundidad

El análisis efectuado figura en el apéndice 1.2.

Como conclusión, en todos los casos analizados, se obtiene una categoría de daño 0-inapreciable. Los resultados obtenidos en los edificios de la alternativa 1 son extrapolables a la alternativa 3 y los obtenidos en la Alternativa 2 son extrapolables a esos mismos edificios en la Alternativa 4.

6.3.6. Evaluación de la afección a otras estructuras

En los perfiles longitudinales del túnel para cada una de las alternativas estudiadas se muestran todas las infraestructuras que abarca la banda de influencia de los trazados, ordenadas por el PK de cruce sobre el túnel.

En cuanto al cruce bajo infraestructuras superficiales del transporte, todas las alternativas tienen en común el paso bajo línea de ferrocarril y cruce bajo las autovías M-40 y M-11 y M-12.

- Cruce bajo M40. Todas las alternativas
- Cruce bajo FFCC Madrid-Barcelona. Todas las alternativas
- Cruce bajo M11. Todas las alternativas
- Cruce bajo M12-Sur. Alternativas 2 y 4

- Cruce bajo M12-Norte. Todas las alternativas

Asimismo, los trazados cruzan bajo infraestructuras subterráneas de transporte o servicios: las líneas L-4 y L-8 de metro, y bajo la línea de ADIF cercanías Chamartín-T4:

- **Metro L4 en Mar de Cristal.** Todas las alternativas han de cruzar bajo la L4. Las alternativas 1 y 2 lo hacen al norte de la estación de Mar de Cristal, las 2 y 3 al sur de ella.
- **Metro L8 en tramo Mar de Cristal-Campo de las Naciones.** Todas las alternativas cruzan bajo la L8. Las alternativas 1 y 2 lo hacen dos veces en el tramo inicial entre Mar de Cristal y M40, ambas oblicuamente, la primera en dirección noroeste-sureste, a continuación, tras la curva bajo el Parque Villa Rosa, en dirección suroeste-noreste. Las alternativas 3 y 4, lo hacen sólo una vez, en el tramo de trazado compartido con las alternativas 1 y 2.
- **Túnel AVE Chamartín-T4.** Esta infraestructura **no existe actualmente** pero está en fase de estudio previo. Durante la redacción del proyecto se ha solicitado al MITMA planos de trazado previsto de esta infraestructura, habiéndose recibido e incorporado como condicionante de diseño. El presente estudio prevé un cruce sensiblemente ortogonal a unos 150 m al norte de la estación E2 (Cárcavas/Ampliación Ifema). La información recibida de MITMA y las necesidades de implantación de la estación E2 en L11 imponen un cruce del túnel del AVE bajo la L11. Con los datos recibidos, la clave del túnel AVE quedaría a unos 4,5 m de la parte inferior del túnel de L11.
- **Túnel Cercanías Chamartín-T4.** Este túnel existe, se encuentra en servicio y es, por tanto, un importante condicionante de trazado. La L11 cruzará bajo este túnel, construido entre pantallas, en ángulo aproximado de 45°, bajo la Glorieta de Antonio Perpiñá. El trazado propuesto prevé el cruce con la clave de túnel de L11 a 5,36 m bajo el pie de pantallas del túnel de Cercanías.

En cuanto a los servicios, a pesar de tratarse en su mayoría de obras subterráneas, se esperan afecciones diferentes en función de su proceso constructivo:

- Los tramos ejecutados en mina minimizan la afección en superficie, permitiendo mantener el trazado de conducciones enterradas existentes, si bien será necesario protegerlas de posibles movimientos inducidos durante la excavación, según su rigidez o su tolerancia a las deformaciones impuestas.

No obstante, en caso de producirse afecciones propiamente dichas, será en aquellos casos en que el trazado de los servicios (fundamentalmente saneamiento) discorra a elevada profundidad, cruzando o siendo paralelos al túnel de línea o la estación a su misma cota.

- Con independencia de la cota de la rasante ferroviaria, la ejecución de estaciones será entre pantallas, implicando afección en superficie, por lo que estos tramos concentrarán la gran mayoría de las afecciones. Dado el carácter urbano del corredor y la cercanía al aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, se localizan multitud de cruces y paralelismos de colectores de agua de abastecimiento, riego, saneamiento, servicios de telecomunicaciones, gas, electricidad, semaforización y alumbrado público.

Asimismo, se contempla la necesidad de salvaguardar aquellas conducciones que discurren bajo zonas auxiliares, áreas destinadas al tránsito de maquinaria o al acopio de materiales. Previo a la ejecución de los trabajos, se aplicarán medidas de protección adecuadas. En tal sentido, se cumplirán rigurosamente con los requerimientos técnicos y disposiciones establecidas por los Organismos y compañías titulares del servicio.

Para cada una de las infraestructuras subterráneas y servicios, se ha hecho una estimación de los movimientos inducidos a la profundidad de dicha estructura.

Los cálculos figuran en el apéndice 1.3. Se incluye a continuación un resumen de resultados:

Tabla nº 16. Alternativa 1. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (m)	D.A.Máx/umbral de control	D.H.U/umbral de control
Túnel metro L-4	0+480	29	17	14,9	3,6	1/6902	0,005 %
Túnel metro L-8	0+680	31	21	15,4	4,2	1/6075	0,006 %
Túnel metro L-8	0+720	31	19	15,5	3,7	1/6933	0,005 %
Ramal metro L-8-L-11	1+120	33	21	18,4	3,3	1/9138	0,004 %
Túnel metro L-8	1+160	30	19	16,4	3,5	1/7583	0,005 %
2 Conducción diam. 1600 Red abastecimiento CYII	1+560	24	7,6	12,6	5,5	1/3772	0,010 %
ADIF Cercanías Chamartín-T4	3+340	34	24	18,2	3,8	1/7774	0,005 %
Encauzamiento arroyo 1800	6+760	16	8	6,5	46,7	1/231	0,132 %
Saneamiento 1800	6+920	16	7	6,4	43,9	1/243	0,120 %

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (m)	D.A.Máx/umbral de control	D.H.U/umbral de control
Encauzamiento Ayo Plata diam 1800	8+980	21	4,5	10,5	9,2	1/1879	0,019 %

Tabla nº 17. Alternativa 2. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (m)	D.A.Máx/umbral de control	D.H.U/umbral de control
Túnel metro L-4	0+480	29	17	14,9	3,6	1/6902	0,005 %
Túnel metro L-8	0+680	31	21	15,4	4,2	1/6075	0,006 %
Túnel metro L-8	0+720	31	19	15,5	3,7	1/6933	0,005 %
Ramal metro L-8-L-11	1+120	33	21	18,4	3,3	1/9138	0,004 %
Túnel metro L-8	1+160	30	19	16,4	3,5	1/7583	0,005 %
2 Conducción diam. 1600 Red abastecimiento CYII	1+560	24	7,6	12,6	5,5	1/3772	0,010 %
ADIF Cercanías Chamartín-T4	3+340	34	24	18,2	3,8	1/7774	0,004 %
Saneamiento 2000	4+280	31	16	16,6	2,9	1/9259	0,005 %
Saneamiento 1800	7+160	16	7	6,7	41,0	1/273	0,114 %
Encauzamiento diam 1800	7+320	15	8	5,6	62,7	1/149	0,185 %

Tabla nº 18. Alternativa 3. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (m)	D.A.Máx/umbral de control	D.H.U/umbral de control
Túnel metro L-4	0+380	29	16	15	3,5	1/7071	0,005 %
Túnel metro L-8	0+980	29	20	16,1	3,9	1/6690	0,006 %
Túnel metro L-8	1+000	31	20	17,4	3,4	1/8236	0,005 %
2 Conducción diam. 1600 Red abastecimiento CYII	1+420	24	8	13,1	5,1	1/4239	0,009 %

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (m)	D.A.Máx/umbral de control	D.H. U/ umbral de control
ADIF Cercanías Chamartín-T4	3+160	34	24	19,3	3,6	1/8641	0,005 %
Encauzamiento 1800	6+620	16	8	6.5	45.3	1/240	0,126 %
Saneamiento 1800	6+760	16	7	6,3	47.1	1/222	0,130 %
Encauzamiento Ayo Plata diam 1800	8+980	21	4,5	10,5	9,2	1/1879	0,019 %

Tabla nº 19. Alternativa 4. Deformaciones en profundidad y umbrales de control en estructuras y túneles existentes

ESTRUCTURA SUBTERRÁNEA O TÚNEL EXISTENTE	PK	PROFUNDIDAD EJE TUNEL (m)	PROFUNDIDAD DE SOLERA ESTRUCTURA O TÚNEL (m)	iz (m) en profundidad	Asiento $\delta Z_{\text{máx}}$ (mm)	D.A.Máx/umbral de control	D.H. U/ umbral de control
Túnel metro L-4	0+380	29	16	15	3,5	1/7071	0,005 %
Túnel metro L-8	0+980	29	20	16,1	3,9	1/6690	0,006 %
Túnel metro L-8	1+000	31	20	17,4	3,4	1/8236	0,005 %
2 Conducción diam. 1600 Red abastecimiento CYII	1+420	24	8	13.1	5.1	1/4239	0,009 %
ADIF Cercanías Chamartín-T4	3+160	34	24	19,3	3,6	1/8641	0,005 %
Saneamiento 1800	7+020	16	7	6.7	41.0	1/273	0,114 %
Encauzamiento diam 1800	7+180	15	8	5.6	62.7	1/149	0.185 %

6.4. ZONIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS

La estimación del riesgo potencial se lleva a cabo mediante la combinación de los siguientes factores:

- Método constructivo

La magnitud de los movimientos del terreno y la estabilidad del frente de excavación están directamente relacionadas con el procedimiento de construcción del túnel. La construcción de falso-túnel o estaciones entre muros-pantalla, y de túneles con escudos EPB tienen menos influencia sobre el entorno que la excavación según el Método Tradicional.

- Profundidad del eje del túnel en relación con su diámetro

A medida que aumenta el diámetro aumenta el volumen total de los asientos, que actúa a cualquier profundidad sobre la clave del túnel. Pero cuanto más profundo sea el eje, menor asiento máximo se tendrá en superficie, aunque el ancho de la cubeta de asientos es mayor.

- Espesor de terreno terciario sobre la clave del túnel con relación al diámetro

A medida que disminuye este parámetro, aumenta el porcentaje de pérdida de volumen, incrementándose rápidamente por debajo de una cobertera igual a la mitad del diámetro, hasta el punto de existir en estas condiciones un importante riesgo de colapso.

- Presencia de agua en el frente o sobre el mismo

Obviamente el riesgo de inestabilidad del frente y las subsidencias aumentan con la existencia de agua, sobre todo en rellenos, suelos cuaternarios y arenas de miga limpias.

- Posición y estado de conservación de las estructuras y servicios colindantes

La situación de las estructuras o edificaciones respecto a la cubeta de asientos determina el asiento máximo, distorsión angular y deformación horizontal sufridos. Por otra parte, sus características constructivas y su estado de conservación determinan la capacidad de las estructuras para soportar las deformaciones del terreno sin sufrir daños.

Teniendo en cuenta la previsión de asientos efectuada, así como la posición de las edificaciones, estructuras y servicios que pudieran verse afectados por las excavaciones proyectadas, se ha establecido una zonificación a lo largo del trazado, distinguiendo tramos relativamente homogéneos, en función de las características del entorno y considerando las condiciones geométricas de la excavación y la naturaleza de los suelos existentes.

Para definir el ancho de influencia de la excavación del túnel ejecutado con tuneladora, se ha tomado como ancho de la zona de influencia el obtenido a partir de un ángulo de influencia de 45° desde la contrabóveda del túnel, equivalente a la línea 2 i, a cada lado del eje.

En el caso de estaciones y pozos de ataque de la tuneladora, a construir al abrigo de muros pantalla, se ha tomado como ancho una longitud de 1 vez la profundidad máxima de excavación.

Los trazados pueden tramificarse en función de los diversos niveles de control según diferentes criterios, resumidos en la siguiente tabla. Los niveles de riesgo se clasifican en tres categorías atendiendo a los siguientes criterios:

- Tramos clasificados como VERDES: Los desplazamientos adicionales inducidos previstos -en ausencia de tratamientos de protección- serán admisibles por la mayoría de los elementos situados en la zona de influencia del túnel, para las condiciones normales de control de la presión en el frente y del relleno del gap. En general, por tanto, los elementos situados en estos tramos no requerirán tratamientos de protección, salvo aquellos que por sus características particulares sí lo exijan.
- Tramos clasificados como ÁMBAR: Los desplazamientos adicionales inducidos previstos -en ausencia de tratamientos de protección- corresponden a valores que se encuentran entre los admisibles (verde) y los críticos (rojo) correspondientes a los elementos situados en la zona de influencia del túnel, para las condiciones normales de control de la presión en el frente y del relleno del gap. En prevención de posibles desviaciones sobre la estimación realizada, se podrán requerir tratamientos especiales del terreno en algunos casos.
- Tramos clasificados como ROJOS: Los desplazamientos adicionales inducidos previstos -en ausencia de tratamientos de protección- pueden superar los umbrales críticos establecidos para los elementos situados en la zona de influencia del túnel, para las condiciones normales de control de la presión en el frente y del relleno del gap. Se requieren con generalidad tratamientos especiales del terreno.

Tabla nº 20. Categorías de nivel de control. Metro de Madrid

NIVEL DE CONTROL	Edificaciones o servicios en el entorno de la excavación	Previsión de movimientos inducidos	Recubrimiento relativo de terciario Hp/D	Presencia de agua en el frente
VERDE	Alejados de la zona de influencia de las excavaciones. Exterior de 2i	No supera el nivel ámbar de movimientos adicionales admisibles	$Hp/D > 1,0$	No es previsible la presencia de niveles arenosos con agua en el frente de excavación
ÁMBAR	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones, entre (-2i, -i) y (i, 2i)	Se sitúan entre el umbral ámbar y rojo de movimientos adicionales admisibles	$0,5 < Hp/D < 1,0$	Se interceptan algunos niveles arenosos con probable presencia de agua.
ROJO	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones (sobre las mismas, entre -i, i)	Superan el nivel rojo de movimientos adicionales admisibles	$Hp/D < 0,5$	Se interceptan numerosos niveles arenosos con agua.

El resultado de la aplicación de estas categorías a la totalidad de los trazados figura en el Apéndice 2.

6.5. MEDIDAS DE ACTUACIÓN Y TRATAMIENTOS DEL TERRENO

Para reducir el efecto negativo debido a los asientos y desplazamientos horizontales, que se pudiera inducir a los edificios y estructuras o servicios situados próximos al área de influencia de las excavaciones, existen distintos tipos de medidas de protección o tratamiento de mejora del terreno en función de las características de la edificación o estructura a proteger.

Una vez definido el nivel de control para cada tramo en cada alternativa, éste condicionará la instrumentación a disponer y las frecuencias de lecturas, así como la necesidad de medidas de refuerzo o protección. En cada caso de umbral de control considerado, se deberán prever las siguientes medidas de actuación

Tabla nº 21. Medidas de actuación en relación con umbrales de riesgo

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

Los tipos de tratamientos más comúnmente utilizados incluyen los siguientes:

Inyecciones de compensación

El principal objetivo de las inyecciones de compensación es la eliminación, o al menos, la reducción, de la subsidencia originada por la ejecución del túnel, hasta niveles aceptables por su entorno.

Las inyecciones de compensación constituyen el único tratamiento del terreno que afronta los efectos de la subsidencia de manera activa, lo cual permite reaccionar de forma eficaz ante cualquier diferencia respecto a los resultados esperados.

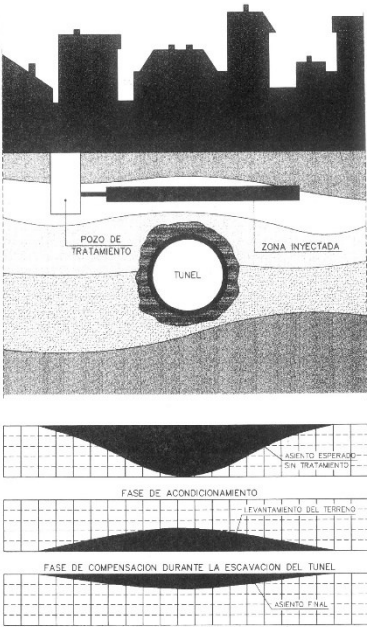


Figura nº 22 Esquema del procedimiento de inyecciones de compensación.

Inyecciones de impregnación o consolidación

Se define como inyección de impregnación aquella que se realiza sin alterar la estructura original del terreno, introduciendo en las oquedades del mismo un material, que, una vez endurecido, le aporte unas determinadas características, tales como: disminución de permeabilidad, aumento de la capacidad resistente, cohesión,...

Cuando hay que atravesar niveles de arena saturada de agua pueden presentarse grandes problemas de inestabilidad y contención, recurriéndose en esos casos a realizar un tratamiento previamente mediante el empleo de geles de sílice para posibilitar su excavación con seguridad y rapidez.

En el caso de túnel construido manualmente, como es el caso del Método Tradicional, la posible inestabilidad se desarrollaría hacia el frente de excavación, es decir hacia el terreno aún no excavado.

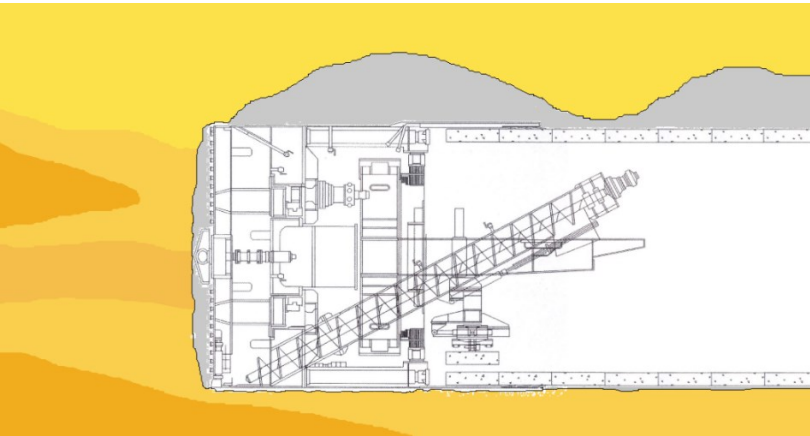


Figura nº 23 Inestabilidad en arenas limpias.

En el caso de túneles construidos con TBM con arenas limpias (finos < 15%) en la clave, la experiencia en la construcción (principalmente en el Metro de Madrid) ha mostrado que la inestabilidad en estos materiales se produce en forma de “cúpulas” que se desarrollan en la parte de terreno ya excavado en la zona de la clave. Estos desprendimientos de arena producen, por tanto, grandes oquedades, en ocasiones de dimensiones métricas, que, por movimientos de colapso del terreno, pueden llegar a manifestarse en superficie en forma de socavones.

El objetivo de estos tratamientos es proporcionar al terreno formado por arenas limpias una cohesión tal que se reduzca el riesgo de formación de inestabilidades en la clave del túnel. Así mismo, se buscará reducir la permeabilidad de dichas arenas.

Barreras de protección

Consisten en un refuerzo del terreno mediante la introducción de unos elementos más o menos rígidos, los cuales se interponen entre la estructura que debe ser protegida y el túnel.

Pueden ser de micropilotes con un diámetro comprendido entre 250 y 100 mm, en lo que se rellena un taladro con lechada o mortero, después de introducir una armadura (tubos, y/o redondos).

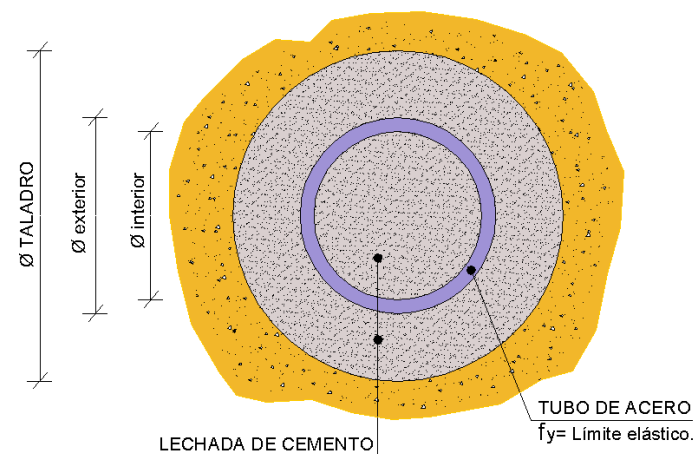


Figura nº 24 Sección de micropilote con tubos.

Los micropilotes se ejecutan normalmente desde superficie (inclinados) u horizontalmente, desde pozos. Generalmente las perforaciones se realizan en dos niveles, situándose al trespelillo.

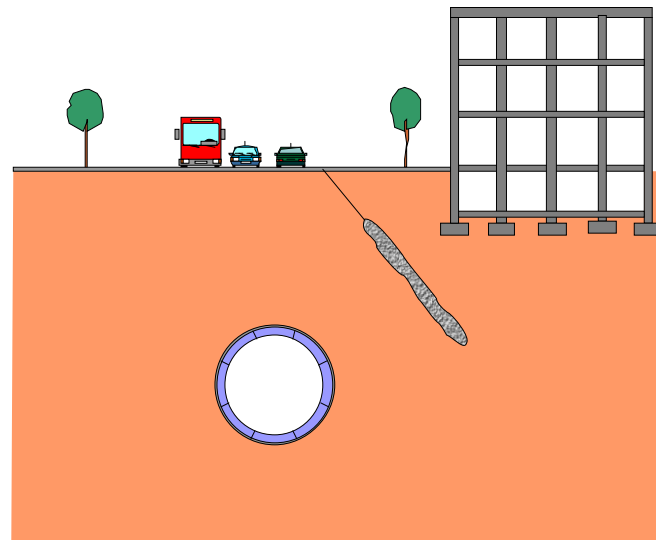
De forma alternativa, pueden realizarse barreras mediante jet grouting, cuyo resultado es la formación de columnas de suelo – cemento, de sección aproximadamente circular, conseguidas mediante la mezcla “in situ” por remoldeo del terreno natural y una lechada de un conglomerante hidráulico.

6.5.1. Tratamientos para protección de edificios

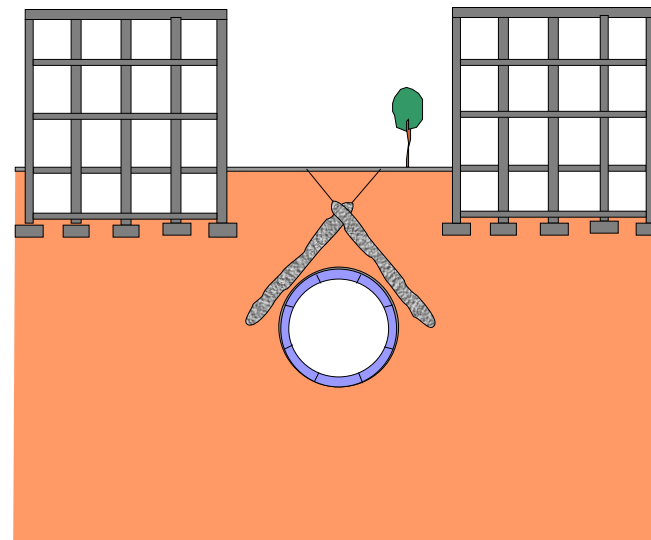
Entre los sistemas de protección posibles se pueden considerar, entre otros, los siguientes:

- Refuerzo mediante micropilotes interpuestos sobre el nuevo túnel y bajo estructuras de especial sensibilidad frente a subsidencias, como puede ser el caso de túneles o infraestructuras subterráneas bajo las que se efectúa la excavación.
- Barreras de protección lateral, que impiden o limitan los asentamientos, distorsiones y desplazamientos horizontales. Entre ellas hay que destacar:
 - Barreras rígidas mediante pilotes
 - Barreras semirrígidas mediante tratamiento de jet-grouting o micropilotes
 - Inyecciones de compensación de asentamientos
 - Inyecciones de impregnación o consolidación, cuyo objetivo es reducir las inestabilidades y la permeabilidad del terreno.

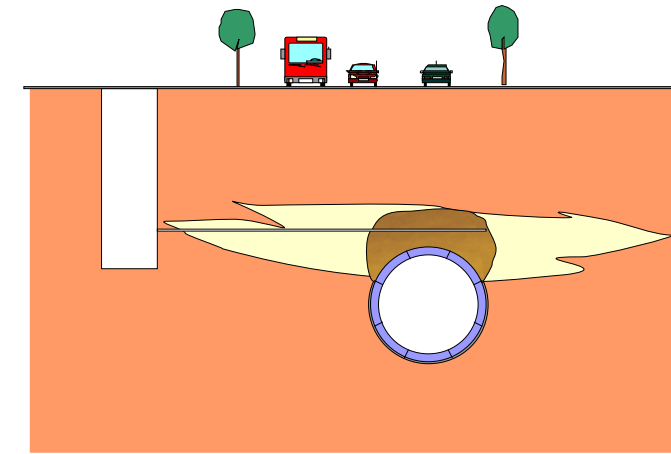
A continuación se muestran diversos esquemas que ilustran estos tipos de tratamientos.



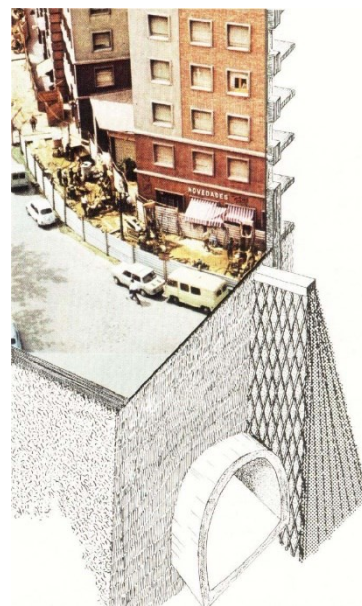
Esquema de protección mediante pantalla lateral de jet-grouting



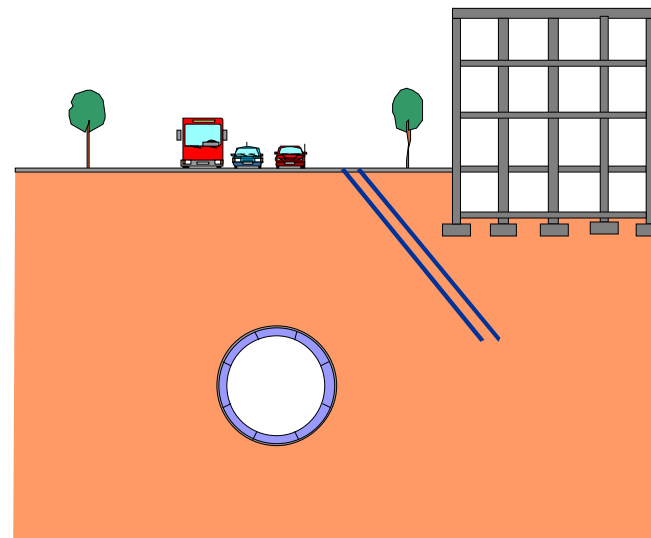
Esquema de protección mediante disposición en "tienda de campaña" de jet-grouting.



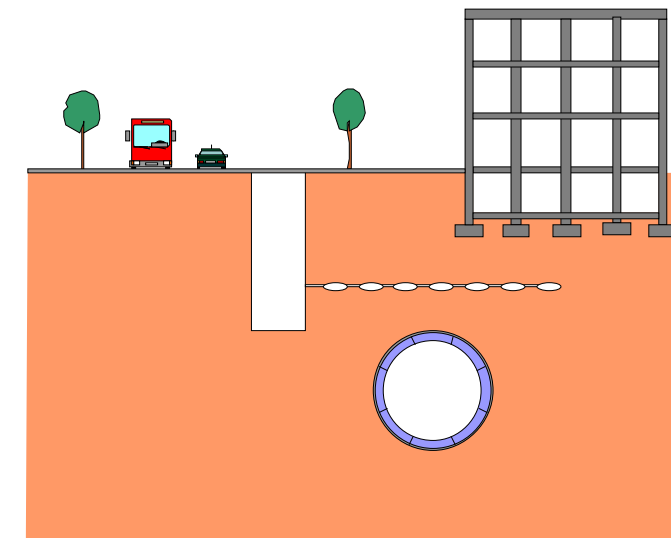
Esquema de inyecciones de impregnación ejecutadas desde pozo.



Protección de edificios con micropilotes



Esquema de protección mediante pantalla lateral doble de micropilotes.



Esquema de inyecciones de compensación ejecutadas desde pozo.

Figura nº 25. Esquemas de posibles tratamientos

En todas las alternativas, desde el inicio de los trazados hasta la estación E3 (Intercambiador Valdebebas), dado que la cobertera terciaria por encima de clave en relación con el diámetro del túnel supera el valor de 1.5, la ejecución del túnel produciría movimientos en edificaciones próximas absolutamente admisibles, calificándose como de nivel de riesgo verde o ausencia de riesgo, por lo que no se estima necesario realizar ninguna medida protectora, aunque si una auscultación adecuada.

En la zona de Valdebebas norte, bajo la Avda. Secundino Zuazo, que es la zona más densamente poblada de Valdebebas, con numerosos bloques de viviendas de hasta 12 plantas de altura, los movimientos inducidos por la excavación del túnel son igualmente admisibles en todas las alternativas, por lo que igualmente no se estima necesario realizar ninguna medida protectora, aunque si una auscultación adecuada.

Se incluye a continuación una tabla con la relación de edificios inventariados con 10 o más plantas, situados parcialmente en la banda +/- 2 i:

Tabla nº 22. Edificios con 10 o más plantas situados en la banda de afección +/- 2i

Nº_PARCELA_PLANO	UBICACIÓN	CALLE Y NÚMERO	Nº PLANTAS
23	Margen izquierdo	CL SAMACA 2	13
38	Margen derecho	CL TRIBALDOS 10	12
192	Margen izquierdo	AV JOSE ANTONIO CORRALES 1	11
236	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 105	11
237	Margen izquierdo	CL CESAR CORT BOTI 9	10
238	Margen izquierdo	AV SECUNDINO ZUAZO 100	10
242	Margen izquierdo	AV SECUNDINO ZUAZO 90	11
243	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 89	10
246	Margen izquierdo	CL LUIS MOYA BLANCO 17	10
247	Margen derecho	CL FELIX CANDELA 36	11
248	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 63	12
249	Margen izquierdo	AV SECUNDINO ZUAZO 66	11
250	Margen izquierdo	AV SECUNDINO ZUAZO 62	12
254	Margen izquierdo	CL FINA DE CALDERON 19	10
255	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 44	10
257	Margen derecho	CL JOSE ANTONIO CODERCH 48	11
261	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 14	15
262	Margen derecho	AV SECUNDINO ZUAZO 15	10

De ellos, el único edificio situado sobre el eje del túnel es el 192, situado entre los PK 3+800 y 3+900 de la alternativa 1, y 360-3+800 de la alternativa 3, donde se esperan asientos máximos en superficie de unos 5 mm.

6.5.2. Tratamientos para evitar Inestabilidades de la excavación

Respecto a la posible aparición de arenas limpias (con bajo contenido de finos <15%) en el trazado, no se han detectado estos niveles en los reconocimientos efectuados en ninguna de las alternativas, exceptuando un pequeño número de muestras en cotas superficiales.

A priori, no se estima necesario definir tratamientos específicos desde el exterior.

6.5.3. Tratamientos en afección a servicios y estructuras

Según puede observarse en los cálculos de subsidencias, no se esperan afecciones importantes a estructuras existentes, incluyendo conducciones y otros túneles, exceptuando la afección al encauzamiento del arroyo $\Phi = 1800$ mm y al saneamiento $\Phi = 1800$ mm, que se cruzan en todas las alternativas al este de la estación Valdebebas Norte, situada en la Av Secundino Zuazo esquina Luis Moya Blanco, y en los que, debido a la escasa cobertera existente entre su base y la clave del túnel, los asientos esperables superan los umbrales ámbar o rojo para conducciones no de gas.

Esta baja cobertera hace posible el tratamiento desde superficie. Con el objetivo de mejorar el terreno existente entre estas conducciones y la clave del túnel, se recomienda la aplicación de inyecciones de consolidación mediante manguitos separados 1 m en una longitud de 15 m a cada lado del eje del túnel.

6.5.4. Tratamientos en otras infraestructuras. Carreteras y ferrocarriles

Todas las alternativas tienen en común el paso bajo línea de ferrocarril y cruce bajo las autovías M-40 y M-11 y M-12.

No existen cruces donde se alcance un nivel de asientos superior a los 5 cm. Por tanto, en principio, no se prevén tratamientos del terreno en estas zonas.

6.5.5. Tratamientos en zonas sin edificaciones

En la zona de la vaguada del arroyo de Valdefuentes, situado al este de la estación Valdebebas Norte, se producirán asientos estimados de unos 30 mm, debido a la presencia en toda la zona tiene un nivel superficial de rellenos de 3-5 m de espesor, y a que en el cruce con el arroyo de Valdefuentes, al este de la estación Valdebebas norte, aparece subyacente un nivel aluvial de alrededor de 1 m de espesor.

De acuerdo con los umbrales de control establecidos, para zonas sin edificaciones, se considera que asientos menores de 50 mm se encuentran en el umbral de control verde, lo que implica que los desplazamientos adicionales inducidos previstos -en ausencia de tratamientos de protección- serán admisibles por los elementos situados en la zona de influencia del túnel, para

las condiciones normales de control de la presión en el frente y del relleno del gap. En general, por tanto, los elementos situados en estos tramos no requerirán tratamientos de protección

6.5.6. Construcción del ramal a cocheras entre pantallas

Un tramo de los ramales a cocheras en alternativas 2 y 4, que constituye el salto de carnero que discurre por encima del túnel de línea, (eje 8), se ejecutará entre pantallas, con una longitud de 246 m. El ramal en este tramo está formado por una galería entre pantallas construidas por el método llamado "cut and cover" ejecutando las pantallas perimetrales y la losa superior, para a continuación excavar todo el volumen interior de la galería al amparo de las pantallas.

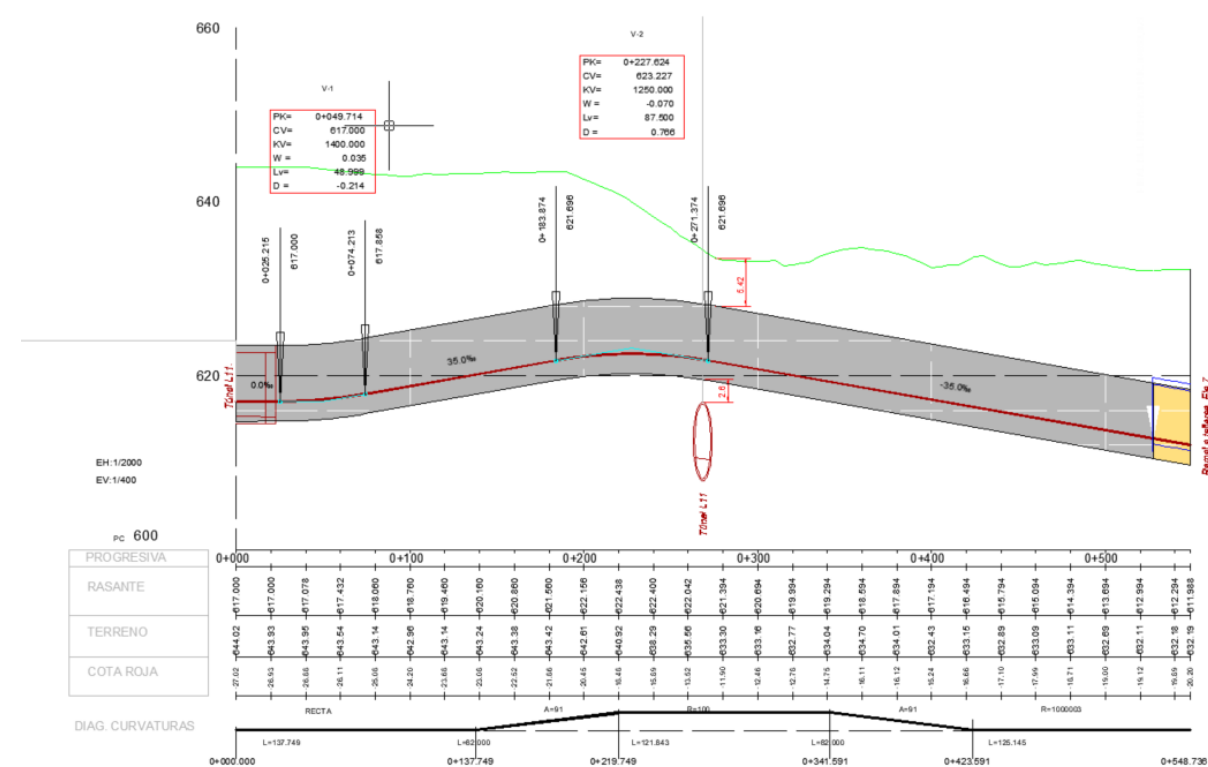


Figura nº 26. Salto de carnero en alternativas 2 y 4

La distancia estimada entre pie de pantalla y clave del túnel es de unos 2.5 m, por lo que su construcción podría producir afecciones al túnel construido, en caso de que este se ejecutara de forma previa al ramal. En caso contrario, si el ramal se ejecuta previo al túnel, el paso de éste podría producir deformaciones inadmisibles en la estructura. Con objeto de impedir deformaciones excesivas, una vez ejecutadas las pantallas, la excavación del volumen interior de la galería en la zona de cruce no deberá realizarse hasta la completa construcción del túnel.

6.5.7. Tratamientos en emboquilles

Se incluyen en este apartado tanto emboquilles para inicio de excavación con tuneladora desde los pozos de ataque, como desde el inicio de excavación de tuneladora desde las pantallas (tímpanos) de estaciones, y los emboquilles de túneles (ramales) ejecutados con método Madrid desde los telescopios ejecutados entre pantallas.

En pozos de ataque tramo 2 alternativa 2 y alternativa 4, en los que la profundidad hasta cota de clave de túnel es de unos 12 m, se construirá un recinto de de pilotes de mortero, formado por una malla de pilotes de 0.80 m de diámetro al tresbolillo separados 2.25 m entre sí, en un área de 13x13 m, hasta una profundidad de 2 m por debajo de la coa de contrabóveda del túnel. Esta medida, en función de la posibilidad de que el trasdós de las pantallas de las estaciones pudiera estar saturado, se podría plantear construyendo el perímetro del recinto de pilotes mediante pantallas de mortero o pilotes secantes.

En el paso por estaciones, está previsto que la tuneladora comience los trabajos de excavación desde las distintas estaciones con la cámara de amasado en vacío. En general, estos emboquilles se encuentran a profundidades importantes, por lo que, se considera adecuado para hacer esta operación más segura la colocación de un paraguas que puede servir para frenar el progreso de posibles inestabilidades que se generen sobre el escudo de la tuneladora en el arranque, evitando descompresiones importantes del terreno y la generación de chimeneas.

Los paraguas de micropilotes tendrán las siguientes características:

- Diámetro de perforación 185 mm.
- Tubo de acero: TN80 127/9 mm.
- Tubos separados entre ejes 0,45 m.
- Longitud: 20 m.
- 23 micropilotes por emboquille (desde la clave del túnel hasta una línea de 30° trazada desde el centro del túnel hacia cada uno de los hombros).

Además, se propone una serie de inyecciones de consolidación con tubo manguito en el trasdós de las pantallas de estaciones, en una malla de perforación de 2,0 x 2,0 m. El área de mejora abarcará un mínimo de 3 m a partir de la sección de excavación del túnel.

En la huella de la tuneladora, se ejecutarán las pantallas únicamente con paneles de mortero (sin armadura).

Se ejecutarán además paraguas horizontales de micropilotes en todos los emboquilles para ataque de túnel en mina (ramales a cocheras) desde telescopios, de las mismas características que los anteriores, con longitud $L = 15$ m.



APÉNDICES

APÉNDICE 1. EVALUACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS INDUCIDOS POR LAS EXCAVACIONES. MÉTODO MADRID

PARÁMETRO →		Asiento δ_{adm}			Distorsión angular			Deformación horizontal unitaria		
		[mm]			β			ϵ_H [%]		
UMBRAL DE CONTROL →		VERDE	ÁMBAR	ROJO	VERDE	ÁMBAR	ROJO	VERDE	ÁMBAR	ROJO
A	Zonas sin edificaciones.	< 50	50-100	> 100	<1/100	1/100	>1/50	< 1,5	1,5	> 2,0
						a			a	
						1/50			2	
B	Edificios cimentados profundos o con losa, en buen estado.	< 20	20-30	> 30	<1/1000	1/1000	>1/500	< 0,15	0,15	> 0,20
	a					a				
	1/500					0,2				
C	Estructura subterránea o túneles existentes.	< 15	15-25	> 25	<1/2000	1/2000	>1/1000	< 0,15	0,15	> 0,20
						a			a	
						1/1000			0,2	
D	Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes.	< 10	10-15	> 15	<1/2000	1/2000	>1/1000	< 0,15	0,15	> 0,20
						a			a	
						1/1000			0,2	
E	Edificios cimentados superficialmente con daños.	< 5	5-10	> 10	<1/3000	1/3000	>1/2000	< 0,05	0,05	> 0,10
	Edificios monumentales.					a			a	
	Edificios con más de 10 alturas.					1/2000			0,1	
	Tuberías de gas.									
F	Túneles existentes.	Asiento o levantamiento: 10 mm / 10m.								

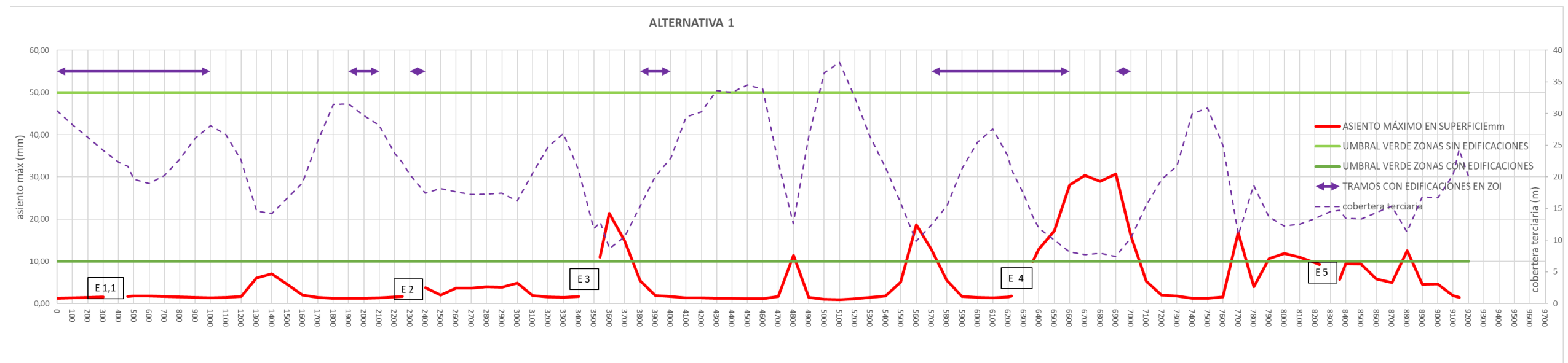
1.1. MOVIMIENTOS EN SUPERFICIE

ALTERNATIVA 1

						TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
0	39,61	37,6	4	32,9	3,5	2,5		30,4		2,5	30,4	3,23	1,25	21,97	38,1	44	44	0,10	0,10	0,07	1,26	0,00039
100	36,96	34,95	3,718085	30,25	3,218085	2		28,25		2	28,25	3,01	1,25	20,25	35,1	41	44	0,10	0,10	0,07	1,37	0,00042
200	34,99	32,98	3,508511	28,28	3,008511	2		26,28		2	26,28	2,80	1,25	18,97	32,9	38	45	0,10	0,10	0,07	1,46	0,00045
300	33,45	31,44	3,344681	26,74	2,844681	2,5		24,24		2,5	24,24	2,58	1,23	17,68	30,6	35	46	0,10	0,10	0,07	1,57	0,00048
400	32,02	30,01	3,192553	25,31	2,692553	3		22,31		3	22,31	2,37	1,22	16,63	28,8	33	46	0,10	0,10	0,07		0,00000
460	31,4	29,39	3,126596	24,69	2,626596	3		21,69		3	21,69	2,31	1,21	16,10	27,9	32	47	0,10	0,10	0,07	1,72	0,00053
500	31,36	29,35	3,12234	24,65	2,62234	4	1	19,65		5	19,65	2,09	1,16	15,41	26,7	31	48	0,10	0,10	0,07	1,80	0,00055
600	32,7	30,69	3,264894	25,99	2,764894	5	2	18,99		7	18,99	2,02	1,11	15,52	26,9	31	49	0,10	0,10	0,07	1,79	0,00055
700	32,92	30,91	3,288298	26,21	2,788298	4	2	20,21		6	20,21	2,15	1,14	16,07	27,8	32	48	0,10	0,10	0,07	1,73	0,00053
800	33,48	31,47	3,347872	26,77	2,847872	4		22,77		4	22,77	2,42	1,2	17,27	29,9	35	46	0,10	0,10	0,07	1,61	0,00049
900	34,86	32,85	3,494681	28,15	2,994681	2		26,15		2	26,15	2,78	1,25	18,89	32,7	38	45	0,10	0,10	0,07	1,47	0,00045
1000	36,8	34,79	3,701064	30,09	3,201064	2		28,09		2	28,09	2,99	1,25	20,15	34,9	40	44	0,10	0,10	0,07	1,38	0,00042
1100	35,41	33,4	3,553191	28,7	3,053191	2		26,7		2	26,7	2,84	1,25	19,24	33,3	38	45	0,10	0,10	0,07	1,44	0,00044
1200	31,41	29,4	3,12766	24,7	2,62766	2		22,7		2	22,7	2,41	1,24	16,51	28,6	33	46	0,10	0,10	0,07	1,68	0,00051
1300	25,27	23,26	2,474468	18,56	1,974468	4		14,56		4	14,56	1,55	1,15	11,64	20,2	23	50	0,16	0,26	0,18	6,09	0,00186
1400	21,93	19,92	2,119149	15,22	1,619149	1		14,22		1	14,22	1,51	1,25	10,48	18,2	21	50	0,17	0,27	0,18	7,03	0,00214
1500	24,35	22,34	2,376596	17,64	1,876596	1		16,64		1	16,64	1,77	1,26	12,15	21,0	24	48	0,10	0,20	0,14	4,52	0,00138
1600	27,72	25,71	2,735106	21,01	2,235106	2		19,01		2	19,01	2,02	1,23	14,02	24,3	28	47	0,10	0,10	0,07	1,98	0,00060
1700	34,35	32,34	3,440426	27,64	2,940426	2		25,64		2	25,64	2,73	1,25	18,55	32,1	37	45	0,10	0,10	0,07	1,50	0,00046
1800	39,15	37,14	3,951064	32,44	3,451064	1		31,44		1	31,44	3,34	1,28	22,19	38,4	44	43	0,10	0,10	0,07	1,25	0,00038
1900	42,23	40,22	4,278723	35,52	3,778723	4		31,52		4	31,52	3,35	1,22	23,11	40,0	46	44	0,10	0,10	0,07	1,20	0,00037
2000	39,44	37,43	3,981915	32,73	3,481915	3		29,73		3	29,73	3,16	1,24	21,69	37,6	43	44	0,10	0,10	0,07	1,28	0,00039
2100	36,9	34,89	3,711702	30,19	3,211702	2		28,19		2	28,19	3,00	1,25	20,21	35,0	40	44	0,10	0,10	0,07	1,37	0,00042
2200	33,45	31,44	3,344681	26,74	2,844681	3		23,74		3	23,74	2,53	1,22	17,54	30,4	35	46	0,10	0,10	0,07	1,58	0,00048
2250	32	29,99	3,190426	25,29	2,690426	3		22,29		3	22,29	2,37	1,22	16,62	28,8	33	46	0,10	0,10	0,07	1,67	0,00051
2300	30,08	28,07	2,98617	23,37	2,48617	3		20,37		3	20,37	2,17	1,21	15,27	26,5	31	47	0,10	0,10	0,07		0,00000
2400	27,11	25,1	2,670213	20,4	2,170213	3		17,4		3	17,4	1,85	1,2	13,29	23,0	27	48	0,08	0,18	0,12	3,73	0,00114
2500	27,89	25,88	2,753191	21,18	2,253191	3		18,18		3	18,18	1,93	1,2	13,78	23,9	28	48	0,10	0,10	0,07	2,01	0,00061
2600	26,34	24,33	2,588298	19,63	2,088298	2		17,63		2	17,63	1,88	1,23	13,13	22,7	26	48	0,07	0,17	0,12	3,66	0,00112
2700	29,92	27,91	2,969149	23,21	2,469149	6		17,21		6	17,21	1,83	1,12	14,04	24,3	28	49	0,08	0,18	0,13	3,62	0,00111
2800	25,03	23,02	2,448936	18,32	1,948936	1		17,32		1	17,32	1,84	1,26	12,60	21,8	25	48	0,08	0,18	0,13	3,98	0,00121
2900	25,18	23,17	2,464894	18,47	1,964894	1		17,47		1	17,47	1,86	1,26	12,69	22,0	25	48	0,08	0,18	0,12	3,87	0,00118
3000	23,9	21,89	2,328723	17,19	1,828723	1		16,19		1	16,19	1,72	1,26	11,86	20,5	24	48	0,11	0,21	0,15	4,91	0,00150
3100	28,34	26,33	2,801064	21,63	2,301064	1		20,63		1	20,63	2,19	1,27	14,88	25,8	30	46	0,10	0,10	0,07	1,87	0,00057

						TERRENO SOBRE CLAVE				PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA												
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (°)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
3200	33,41	31,4	3,340426	26,7	2,840426	2		24,7		2	24,7	2,63	1,25	17,94	31,1	36	45	0,10	0,10	0,07	1,55	0,00047
3300	36,07	34,06	3,623404	29,36	3,123404	2,5		26,86		2,5	26,86	2,86	1,24	19,51	33,8	39	45	0,10	0,10	0,07	1,42	0,00043
3400	32,82	30,81	3,27766	26,11	2,77766	5		21,11		5	21,11	2,25	1,17	16,44	28,5	33	47	0,10	0,10	0,07	1,69	0,00052
3500	23,55	21,54	2,291489	16,84	1,791489	5		11,84		5	11,84	1,26	1,09	10,06	17,4	20	53	0,24	0,44	0,31		0,00000
3540	23,51	21,5	2,287234	16,8	1,787234	4		12,8		4	12,8	1,36	1,13	10,40	18,0	21	52	0,21	0,41	0,28	10,96	0,00334
3600	23,42	21,41	2,27766	16,71	1,77766	8		8,71		8	8,71	0,93	0,96	8,79	15,2	18	56	0,38	0,68	0,47	21,34	0,00651
3700	22,26	20,25	2,154255	15,55	1,654255	5		10,55		5	10,55	1,12	1,07	9,15	15,9	18	54	0,29	0,49	0,34	14,97	0,00457
3800	25,5	23,49	2,498936	18,79	1,998936	3,5		15,29		3,5	15,29	1,63	1,17	11,98	20,8	24	50	0,13	0,23	0,16	5,43	0,00165
3900	27,76	25,75	2,739362	21,05	2,239362	1		20,05		1	20,05	2,13	1,27	14,50	25,1	29	46	0,10	0,10	0,07	1,91	0,00058
4000	30,68	28,67	3,05	23,97	2,55	1		22,97		1	22,97	2,44	1,27	16,43	28,5	33	45	0,10	0,10	0,07	1,69	0,00052
4100	36,16	34,15	3,632979	29,45	3,132979	0		29,45		0	29,45	3,13	1,3	20,52	35,5	41	43	0,10	0,10	0,07	1,35	0,00041
4200	37,02	35,01	3,724468	30,31	3,224468	0		30,31		0	30,31	3,22	1,3	21,10	36,5	42	43	0,10	0,10	0,07	1,32	0,00040
4300	40,32	38,31	4,075532	33,61	3,575532	0		33,61		0	33,61	3,58	1,3	23,33	40,4	47	43	0,10	0,10	0,07	1,19	0,00036
4400	40,09	38,08	4,051064	33,38	3,551064	0		33,38		0	33,38	3,55	1,3	23,18	40,1	46	43	0,10	0,10	0,07	1,20	0,00037
4500	45,26	43,25	4,601064	38,55	4,101064	4		34,55		4	34,55	3,68	1,23	25,23	43,7	50	44	0,10	0,10	0,07	1,10	0,00034
4600	43,54	41,53	4,418085	36,83	3,918085	3		33,83		3	33,83	3,60	1,24	24,33	42,1	49	44	0,10	0,10	0,07	1,14	0,00035
4700	31,17	29,16	3,102128	24,46	2,602128	2		22,46		2	22,46	2,39	1,24	16,35	28,3	33	46	0,10	0,10	0,07	1,70	0,00052
4800	22,35	20,34	2,16383	15,64	1,66383	0	3	12,64		3	12,64	1,34	1,17	10,07	17,4	20	51	0,22	0,42	0,29	11,47	0,00350
4900	35,28	33,27	3,539362	28,57	3,039362	2		26,57		2	26,57	2,83	1,25	19,16	33,2	38	45	0,10	0,10	0,07	1,45	0,00044
5000	51,11	49,1	5,223404	44,4	4,723404	8		36,4		8	36,4	3,87	1,17	27,56	47,7	55	44	0,10	0,10	0,07	1,01	0,00031
5100	54,77	52,76	5,612766	48,06	5,112766	10		38,06		10	38,06	4,05	1,15	29,28	50,7	59	44	0,10	0,10	0,07	0,95	0,00029
5200	48,36	46,35	4,930851	41,65	4,430851	9		32,65		9	32,65	3,47	1,15	25,45	44,1	51	45	0,10	0,10	0,07	1,09	0,00033
5300	35,09	33,08	3,519149	28,38	3,019149	2		26,38		2	26,38	2,81	1,25	19,03	33,0	38	45	0,10	0,10	0,07	1,46	0,00044
5400	30,18	28,17	2,996809	23,47	2,496809	2		21,47		2	21,47	2,28	1,24	15,72	27,2	31	46	0,10	0,10	0,07	1,77	0,00054
5500	24,57	22,56	2,4	17,86	1,9	2		15,86		2	15,86	1,69	1,22	11,90	20,6	24	49	0,12	0,22	0,15	5,09	0,00155
5600	18,54	16,53	1,758511	11,83	1,258511	0	2	9,83		2	9,83	1,05	1,18	7,81	13,5	16	54	0,32	0,52	0,36	18,62	0,00568
5700	20,08	18,07	1,92234	13,37	1,42234	1	0	12,37		1	12,37	1,32	1,25	9,28	16,1	19	51	0,23	0,43	0,30	12,72	0,00388
5800	24,15	22,14	2,355319	17,44	1,855319	2		15,44		2	15,44	1,64	1,22	11,64	20,2	23	49	0,13	0,23	0,16	5,49	0,00167
5900	31,56	29,55	3,143617	24,85	2,643617	3,5		21,35		3,5	21,35	2,27	1,2	16,07	27,8	32	47	0,10	0,10	0,07	1,73	0,00053
6000	37,16	35,15	3,739362	30,45	3,239362	5		25,45		5	25,45	2,71	1,19	19,40	33,6	39	46	0,10	0,10	0,07	1,43	0,00044
6100	39,32	37,31	3,969149	32,61	3,469149	5		27,61		5	27,61	2,94	1,19	20,74	35,9	41	45	0,10	0,10	0,07	1,34	0,00041
6200	33,02	31,01	3,298936	26,31	2,798936	3		23,31		3	23,31	2,48	1,22	17,26	29,9	35	46	0,10	0,10	0,07	1,61	0,00049
6220	30,95	28,94	3,078723	24,24	2,578723	3		21,24		3	21,24	2,26	1,21	15,82	27,4	32	47	0,10	0,10	0,07	1,75	0,00054
6300	28,02	26,01	2,767021	21,31	2,267021	4		17,31		4	17,31	1,84	1,17	13,51	23,4	27	49	0,08	0,18	0,13		0,00000
6360	23,39	21,38	2,274468	16,68	1,774468	3		13,68		3	13,68	1,46	1,17	10,70	18,5	21	51	0,18	0,38	0,27	9,91	0,00302
6400	21,62	19,61	2,08617	14,91	1,58617	3		11,91		3	11,91	1,27	1,16	9,54	16,5	19	52	0,24	0,44	0,31	12,85	0,00392
6500	19,79	17,78	1,891489	13,08	1,391489	3		10,08		3	10,08	1,07	1,14	8,29	14,4	17	54	0,31	0,51	0,36	17,19	0,00524
6600	17,88	15,87	1,688298	11,17	1,188298	3		8,17		3	8,17	0,87	1,11	6,97	12,1	14	56	0,40	0,70	0,49	28,02	0,00855

PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	TERRENO SOBRE CLAVE				Hr	Hp	Hp/D	η	PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA				VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
						R	AL	AM+AT+TA+T	P					i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (°)					
6700	17,43	15,42	1,640426	10,72	1,140426	3		7,72		3	7,72	0,82	1,1	6,65	11,5	13	57	0,43	0,73	0,51	30,39	0,00927
6800	17,67	15,66	1,665957	10,96	1,165957	3		7,96		3	7,96	0,85	1,11	6,85	11,9	14	56	0,41	0,71	0,50	28,97	0,00884
6900	18,13	16,12	1,714894	11,42	1,214894	3	1	7,42		4	7,42	0,79	1,05	6,73	11,7	13	57	0,44	0,74	0,52	30,73	0,00937
7000	21,06	19,05	2,026596	14,35	1,526596	3	1	10,35		4	10,35	1,10	1,1	8,73	15,1	17	54	0,30	0,50	0,35	15,97	0,00487
7100	25,19	23,18	2,465957	18,48	1,965957	3		15,48		3	15,48	1,65	1,19	11,99	20,8	24	49	0,13	0,23	0,16	5,30	0,00162
7200	27,31	25,3	2,691489	20,6	2,191489	1		19,6		1	19,6	2,09	1,27	14,20	24,6	28	47	0,10	0,10	0,07	1,95	0,00060
7300	28,47	26,46	2,814894	21,76	2,314894	0		21,76		0	21,76	2,31	1,3	15,32	26,5	31	45	0,10	0,10	0,07	1,81	0,00055
7400	42,68	40,67	4,326596	35,97	3,826596	6		29,97		6	29,97	3,19	1,18	22,63	39,2	45	45	0,10	0,10	0,07	1,23	0,00037
7500	37,59	35,58	3,785106	30,88	3,285106	0		30,88		0	30,88	3,29	1,3	21,49	37,2	43	43	0,10	0,10	0,07	1,29	0,00039
7600	31,61	29,6	3,148936	24,9	2,648936	0		24,9		0	24,9	2,65	1,3	17,44	30,2	35	45	0,10	0,10	0,07	1,59	0,00049
7700	17,56	15,55	1,654255	10,85	1,154255	0		10,85		0	10,85	1,15	1,3	7,95	13,8	16	52	0,28	0,48	0,33	16,82	0,00513
7800	27,42	25,41	2,703191	20,71	2,203191	2		18,71		2	18,71	1,99	1,23	13,82	23,9	28	47	0,10	0,20	0,14	4,02	0,00122
7900	20,42	18,41	1,958511	13,71	1,458511	0		13,71		0	13,71	1,46	1,3	9,88	17,1	20	49	0,18	0,38	0,26	10,71	0,00327
8000	22,95	20,94	2,22766	16,24	1,72766	2	2	12,24		4	12,24	1,30	1,13	10,07	17,4	20	52	0,23	0,43	0,30	11,84	0,00361
8100	24,29	22,28	2,370213	17,58	1,870213	2	3	12,58		5	12,58	1,34	1,1	10,57	18,3	21	52	0,22	0,42	0,29	10,98	0,00335
8200	25,15	23,14	2,461702	18,44	1,961702	2	3	13,44		5	13,44	1,43	1,11	11,17	19,3	22	51	0,19	0,39	0,27	9,69	0,00295
8230	25,5	23,49	2,498936	18,79	1,998936	2	3	13,79		5	13,79	1,47	1,11	11,37	19,7	23	51	0,18	0,38	0,26	9,24	0,00282
8300	26,19	24,18	2,57234	19,48	2,07234	2	3	14,48		5	14,48	1,54	1,12	11,87	20,6	24	51	0,16	0,26	0,18		0,00000
8360	26,44	24,43	2,598936	19,73	2,098936	2	3	14,73		5	14,73	1,57	1,12	12,02	20,8	24	50	0,15	0,25	0,17	5,78	0,00176
8400	26,19	24,18	2,57234	19,48	2,07234	3	3	13,48		6	13,48	1,43	1,08	11,45	19,8	23	52	0,19	0,39	0,27	9,42	0,00287
8500	27,06	25,05	2,664894	20,35	2,164894	3	4	13,35		7	13,35	1,42	1,06	11,72	20,3	23	52	0,19	0,39	0,27	9,30	0,00284
8600	28,08	26,07	2,773404	21,37	2,273404	3	4	14,37		7	14,37	1,53	1,07	12,39	21,5	25	51	0,16	0,26	0,18	5,84	0,00178
8700	29,1	27,09	2,881915	22,39	2,381915	4	3	15,39		7	15,39	1,64	1,08	13,08	22,7	26	51	0,13	0,23	0,16	4,91	0,00150
8800	25,03	23,02	2,448936	18,32	1,948936	4	3	11,32		7	11,32	1,20	1,03	10,30	17,8	21	53	0,26	0,46	0,32	12,49	0,00381
8900	23,53	21,52	2,289362	16,82	1,789362	0	0	16,82		0	16,82	1,79	1,3	11,98	20,8	24	48	0,09	0,19	0,13	4,48	0,00137
9000	23,38	21,37	2,273404	16,67	1,773404	0	0	16,67		0	16,67	1,77	1,3	11,88	20,6	24	48	0,10	0,20	0,14	4,61	0,00140
9100	27,08	25,07	2,667021	20,37	2,167021	0	0	20,37		0	20,37	2,17	1,3	14,38	24,9	29	46	0,10	0,10	0,07	1,93	0,00059
9140	33,98	31,97	3,401064	27,27	2,901064	3		24,27			24,27	2,58	1,3	19,05	33,0	38	44	0,10	0,10	0,07	1,46	0,00044
9200	33,84	31,83	3,38617	27,13	2,88617	4	3	20,13		7	20,13	2,14	1,12	16,33	28,3	33	48	0,10	0,10	0,07		0,00000



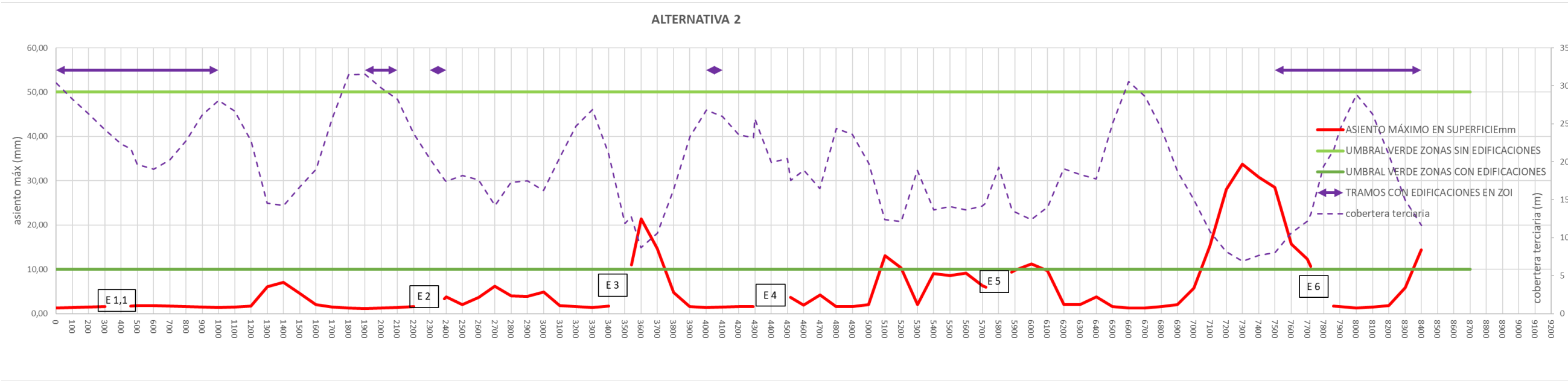
ALTERNATIVA 2

						TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
0	39,61	37,6	4	32,9	3,5	2,5		30,4		2,5	30,4	3,23	1,25	21,97	38,1	43,9	44	0,10	0,10	0,07	1,26	0,00039
100	36,96	34,95	3,718085	30,25	3,218085	2		28,25		2	28,25	3,01	1,25	20,25	35,1	40,5	44	0,10	0,10	0,07	1,37	0,00042
200	34,99	32,98	3,508511	28,28	3,008511	2		26,28		2	26,28	2,80	1,25	18,97	32,9	37,9	45	0,10	0,10	0,07	1,46	0,00045
300	33,45	31,44	3,344681	26,74	2,844681	2,5		24,24		2,5	24,24	2,58	1,23	17,68	30,6	35,4	46	0,10	0,10	0,07	1,57	0,00048
400	32,02	30,01	3,192553	25,31	2,692553	3		22,31		3	22,31	2,37	1,22	16,63	28,8	33,3	46	0,10	0,10	0,07		0,00000
460	31,4	29,39	3,126596	24,69	2,626596	3		21,69		3	21,69	2,31	1,21	16,10	27,9	32,2	47	0,10	0,10	0,07	1,72	0,00053
500	31,36	29,35	3,12234	24,65	2,62234	4	1	19,65		5	19,65	2,09	1,16	15,41	26,7	30,8	48	0,10	0,10	0,07	1,80	0,00055
600	32,7	30,69	3,264894	25,99	2,764894	5	2	18,99		7	18,99	2,02	1,11	15,52	26,9	31,0	49	0,10	0,10	0,07	1,79	0,00055
700	32,92	30,91	3,288298	26,21	2,788298	4	2	20,21		6	20,21	2,15	1,14	16,07	27,8	32,1	48	0,10	0,10	0,07	1,73	0,00053
800	33,48	31,47	3,347872	26,77	2,847872	4		22,77		4	22,77	2,42	1,2	17,27	29,9	34,5	46	0,10	0,10	0,07	1,61	0,00049
900	34,86	32,85	3,494681	28,15	2,994681	2		26,15		2	26,15	2,78	1,25	18,89	32,7	37,8	45	0,10	0,10	0,07	1,47	0,00045
1000	36,8	34,79	3,701064	30,09	3,201064	2		28,09		2	28,09	2,99	1,25	20,15	34,9	40,3	44	0,10	0,10	0,07	1,38	0,00042
1100	35,41	33,4	3,553191	28,7	3,053191	2		26,7		2	26,7	2,84	1,25	19,24	33,3	38,5	45	0,10	0,10	0,07	1,44	0,00044
1200	31,41	29,4	3,12766	24,7	2,62766	2		22,7		2	22,7	2,41	1,24	16,51	28,6	33,0	46	0,10	0,10	0,07	1,68	0,00051
1300	25,24	23,23	2,471277	18,53	1,971277	4		14,53		4	14,53	1,55	1,15	11,62	20,1	23,2	50	0,16	0,26	0,18	6,12	0,00187
1400	21,93	19,92	2,119149	15,22	1,619149	1		14,22		1	14,22	1,51	1,25	10,48	18,2	21,0	50	0,17	0,27	0,18	7,03	0,00214
1500	24,35	22,34	2,376596	17,64	1,876596	1		16,64		1	16,64	1,77	1,26	12,15	21,0	24,3	48	0,10	0,20	0,14	4,52	0,00138
1600	27,72	25,71	2,735106	21,01	2,235106	2		19,01		2	19,01	2,02	1,23	14,02	24,3	28,0	47	0,10	0,10	0,07	1,98	0,00060
1700	34,35	32,34	3,440426	27,64	2,940426	2		25,64		2	25,64	2,73	1,25	18,55	32,1	37,1	45	0,10	0,10	0,07	1,50	0,00046
1800	39,15	37,14	3,951064	32,44	3,451064	1		31,44		1	31,44	3,34	1,28	22,19	38,4	44,4	43	0,10	0,10	0,07	1,25	0,00038
1900	42,23	40,22	4,278723	35,52	3,778723	4		31,52		4	31,52	3,35	1,22	23,11	40,0	46,2	44	0,10	0,10	0,07	1,20	0,00037
2000	39,44	37,43	3,981915	32,73	3,481915	3		29,73		3	29,73	3,16	1,24	21,69	37,6	43,4	44	0,10	0,10	0,07	1,28	0,00039
2100	36,9	34,89	3,711702	30,19	3,211702	2		28,19		2	28,19	3,00	1,25	20,21	35,0	40,4	44	0,10	0,10	0,07	1,37	0,00042
2200	33,45	31,44	3,344681	26,74	2,844681	3		23,74		3	23,74	2,53	1,22	17,54	30,4	35,1	46	0,10	0,10	0,07	1,58	0,00048
2300	30,08	28,07	2,98617	23,37	2,48617	3		20,37		3	20,37	2,17	1,21	15,27	26,5	30,5	47	0,10	0,10	0,07		0,00000
2390	27,3	25,29	2,690426	20,59	2,190426	3		17,59			17,59	1,87	1,3	14,53	25,2	29,1	46	0,07	0,17	0,12	3,32	0,00101
2400	27,11	25,1	2,670213	20,4	2,170213	3		17,4		3	17,4	1,85	1,2	13,29	23,0	26,6	48	0,08	0,18	0,12	3,73	0,00114
2500	27,89	25,88	2,753191	21,18	2,253191	3		18,18		3	18,18	1,93	1,2	13,78	23,9	27,6	48	0,10	0,10	0,07	2,01	0,00061
2600	26,34	24,33	2,588298	19,63	2,088298	2		17,63		2	17,63	1,88	1,23	13,13	22,7	26,3	48	0,07	0,17	0,12	3,66	0,00112
2700	26,92	24,91	2,65	20,21	2,15	6		14,21		6	14,21	1,51	1,09	11,97	20,7	23,9	51	0,17	0,27	0,18	6,16	0,00188
2800	25,03	23,02	2,448936	18,32	1,948936	1		17,32		1	17,32	1,84	1,26	12,60	21,8	25,2	48	0,08	0,18	0,13	3,98	0,00121
2900	25,18	23,17	2,464894	18,47	1,964894	1		17,47		1	17,47	1,86	1,26	12,69	22,0	25,4	48	0,08	0,18	0,12	3,87	0,00118
3000	23,9	21,89	2,328723	17,19	1,828723	1		16,19		1	16,19	1,72	1,26	11,86	20,5	23,7	48	0,11	0,21	0,15	4,91	0,00150
3100	28,34	26,33	2,801064	21,63	2,301064	1		20,63		1	20,63	2,19	1,27	14,88	25,8	29,8	46	0,10	0,10	0,07	1,87	0,00057
3200	33,41	31,4	3,340426	26,7	2,840426	2		24,7		2	24,7	2,63	1,25	17,94	31,1	35,9	45	0,10	0,10	0,07	1,55	0,00047
3300	36,07	34,06	3,623404	29,36	3,123404	2,5		26,86		2,5	26,86	2,86	1,24	19,51	33,8	39,0	45	0,10	0,10	0,07	1,42	0,00043
3400	32,82	30,81	3,27766	26,11	2,77766	5		21,11		5	21,11	2,25	1,17	16,44	28,5	32,9	47	0,10	0,10	0,07	1,69	0,00052

						TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
3500	23,55	21,54	2,291489	16,84	1,791489	5		11,84		5	11,84	1,26	1,09	10,06	17,4	20,1	53	0,24	0,44	0,31		0,00000
3540	23,5	21,49	2,28617	16,79	1,78617	4		12,79		4	12,79	1,36	1,13	10,40	18,0	20,8	52	0,21	0,41	0,29	10,97	0,00335
3600	23,42	21,41	2,27766	16,71	1,77766	8		8,71		8	8,71	0,93	0,96	8,79	15,2	17,6	56	0,38	0,68	0,47	21,34	0,00651
3700	22,33	20,32	2,161702	15,62	1,661702	5		10,62		5	10,62	1,13	1,08	9,28	16,1	18,6	53	0,29	0,49	0,34	14,68	0,00448
3800	24	21,99	2,339362	17,29	1,839362	1		16,29		1	16,29	1,73	1,26	11,92	20,6	23,8	48	0,11	0,21	0,14	4,82	0,00147
3900	31,98	29,97	3,188298	25,27	2,688298	2		23,27		2	23,27	2,48	1,24	16,88	29,2	33,8	46	0,10	0,10	0,07	1,64	0,00050
4000	36,53	34,52	3,67234	29,82	3,17234	3		26,82		3	26,82	2,85	1,23	19,65	34,0	39,3	45	0,10	0,10	0,07	1,41	0,00043
4100	35,71	33,7	3,585106	29	3,085106	3		26		3	26	2,77	1,23	19,13	33,1	38,3	45	0,10	0,10	0,07	1,45	0,00044
4200	33,28	31,27	3,326596	26,57	2,826596	3		23,57		3	23,57	2,51	1,22	17,43	30,2	34,9	46	0,10	0,10	0,07	1,59	0,00049
4290	32,9	30,89	3,28617	26,19	2,78617	3		23,19		3	23,19	2,47	1,22	17,19	29,8	34,4	46	0,10	0,10	0,07	1,62	0,00049
4300	32,36	30,35	3,228723	25,65	2,728723			25,65		0	25,65	2,73	1,3	17,95	31,1	35,9	44	0,10	0,10	0,07		0,00000
4400	26,65	24,64	2,621277	19,94	2,121277			19,94		0	19,94	2,12	1,3	14,09	24,4	28,2	46	0,10	0,10	0,07		0,00000
4500	27,1	25,09	2,669149	20,39	2,169149			20,39		0	20,39	2,17	1,3	14,39	24,9	28,8	46	0,10	0,10	0,07		0,00000
4520	27,24	25,23	2,684043	20,53	2,184043	3		17,53		3	17,53	1,86	1,2	13,37	23,2	26,7	48	0,08	0,18	0,12	3,64	0,00111
4600	28,62	26,61	2,830851	21,91	2,330851	3		18,91		3	18,91	2,01	1,2	14,24	24,7	28,5	48	0,10	0,10	0,07	1,95	0,00059
4700	28,17	26,16	2,782979	21,46	2,282979	5		16,46		5	16,46	1,75	1,14	13,26	23,0	26,5	49	0,10	0,20	0,14	4,24	0,00129
4800	33,06	31,05	3,303191	26,35	2,803191	2		24,35		2	24,35	2,59	1,25	17,72	30,7	35,4	45	0,10	0,10	0,07	1,57	0,00048
4900	32,35	30,34	3,22766	25,64	2,72766	2		23,64		2	23,64	2,51	1,25	17,25	29,9	34,5	45	0,10	0,10	0,07	1,61	0,00049
5000	26,49	24,48	2,604255	19,78	2,104255	0		19,78		0	19,78	2,10	1,3	13,98	24,2	28,0	46	0,10	0,10	0,07	1,99	0,00061
5100	19,12	17,11	1,820213	12,41	1,320213	0		12,41		0	12,41	1,32	1,3	9,00	15,6	18,0	50	0,22	0,42	0,29	13,07	0,00399
5200	28,81	26,8	2,851064	22,1	2,351064	8	2	12,1		10	12,1	1,29	0,98	11,72	20,3	23,4	53	0,23	0,43	0,30	10,29	0,00314
5300	25,58	23,57	2,507447	18,87	2,007447	0		18,87		0	18,87	2,01	1,3	13,37	23,2	26,7	47	0,10	0,10	0,07	2,08	0,00063
5400	26,4	24,39	2,594681	19,69	2,094681	4	2	13,69		6	13,69	1,46	1,09	11,67	20,2	23,3	51	0,18	0,38	0,26	9,08	0,00277
5500	26,83	24,82	2,640426	20,12	2,140426	4	2	14,12		6	14,12	1,50	1,09	11,92	20,6	23,8	51	0,17	0,37	0,26	8,58	0,00262
5600	26,36	24,35	2,590426	19,65	2,090426	3	3	13,65		6	13,65	1,45	1,09	11,65	20,2	23,3	51	0,18	0,38	0,27	9,12	0,00278
5700	25,91	23,9	2,542553	19,2	2,042553	2	3	14,2		5	14,2	1,51	1,12	11,71	20,3	23,4	51	0,17	0,27	0,18	6,31	0,00192
5720	26,24	24,23	2,57766	19,53	2,07766	2	3	14,53		5	14,53	1,55	1,12	11,90	20,6	23,8	51	0,16	0,26	0,18	5,97	0,00182
5800	26,01	24	2,553191	19,3	2,053191			19,3		0	19,3	2,05	1,3	13,66	23,7	27,3	46	0,10	0,10	0,07		0,00000
5880	25,45	23,44	2,493617	18,74	1,993617	2	3	13,74		5	13,74	1,46	1,11	11,34	19,6	22,7	51	0,18	0,38	0,26	9,31	0,00284
5900	25,1	23,09	2,456383	18,39	1,956383	2	3	13,39		5	13,39	1,42	1,11	11,14	19,3	22,3	51	0,19	0,39	0,27	9,75	0,00297
6000	24,1	22,09	2,35	17,39	1,85	2	3	12,39		5	12,39	1,32	1,1	10,46	18,1	20,9	52	0,22	0,42	0,29	11,26	0,00344
6100	22,72	20,71	2,203191	16,01	1,703191	2	0	14,01		2	14,01	1,49	1,21	10,64	18,4	21,3	50	0,17	0,37	0,26	9,70	0,00296
6200	25,79	23,78	2,529787	19,08	2,029787		0	19,08		0	19,08	2,03	1,3	13,51	23,4	27,0	47	0,10	0,10	0,07	2,05	0,00063
6300	27,02	25,01	2,660638	20,31	2,160638	2		18,31		2	18,31	1,95	1,23	13,57	23,5	27,1	48	0,10	0,10	0,07	2,05	0,00062
6400	24,46	22,45	2,388298	17,75	1,888298	0		17,75		0	17,75	1,89	1,3	12,61	21,8	25,2	47	0,07	0,17	0,12	3,74	0,00114
6500	31,81	29,8	3,170213	25,1	2,670213	0		25,1			25,1	2,67	1,3	17,58	30,4	35,2	44	0,10	0,10	0,07	1,58	0,00048
6600	37,27	35,26	3,751064	30,56	3,251064	0		30,56		0	30,56	3,25	1,3	21,27	36,8	42,5	43	0,10	0,10	0,07	1,31	0,00040
6700	40,27	38,26	4,070213	33,56	3,570213	5		28,56		5	28,56	3,04	1,2	21,51	37,2	43,0	45	0,10	0,10	0,07	1,29	0,00039
6800	32,16	30,15	3,207447	25,45	2,707447	1		24,45		1	24,45	2,60	1,27	17,40	30,1	34,8	45	0,10	0,10	0,07	1,59	0,00049



					TERRENO SOBRE CLAVE									PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C CLAVE	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
6900	27,42	25,41	2,703191	20,71	2,203191	2		18,71		2	18,71	1,99	1,23	13,82	23,9	27,6	47	0,10	0,10	0,07	2,01	0,00061
7000	24,78	22,77	2,42234	18,07	1,92234	3		15,07		3	15,07	1,60	1,18	11,64	20,2	23,3	50	0,14	0,24	0,17	5,73	0,00175
7100	20,49	18,48	1,965957	13,78	1,465957	3		10,78		3	10,78	1,15	1,15	8,78	15,2	17,6	53	0,28	0,48	0,34	15,31	0,00467
7200	17,86	15,85	1,68617	11,15	1,18617	3		8,15		3	8,15	0,87	1,11	6,96	12,1	13,9	56	0,40	0,70	0,49	28,11	0,00857
7300	17,6	15,59	1,658511	10,89	1,158511	3	1	6,89		4	6,89	0,73	1,04	6,38	11,0	12,8	58	0,48	0,78	0,54	33,80	0,01031
7400	17,35	15,34	1,631915	10,64	1,131915	3		7,64		3	7,64	0,81	1,1	6,60	11,4	13,2	57	0,43	0,73	0,51	30,78	0,00939
7500	17,78	15,77	1,67766	11,07	1,17766	3		8,07		3	8,07	0,86	1,11	6,91	12,0	13,8	56	0,41	0,71	0,49	28,47	0,00868
7600	20,33	18,32	1,948936	13,62	1,448936	3		10,62		3	10,62	1,13	1,15	8,69	15,0	17,4	53	0,29	0,49	0,34	15,69	0,00478
7700	21,9	19,89	2,115957	15,19	1,615957	3		12,19		3	12,19	1,30	1,16	9,71	16,8	19,4	52	0,23	0,43	0,30	12,34	0,00376
7720	22,87	20,86	2,219149	16,16	1,719149	3		13,16		3	13,16	1,40	1,17	10,38	18,0	20,8	51	0,20	0,40	0,28	10,66	0,00325
7800	29,09	27,08	2,880851	22,38	2,380851	3		19,38		3	19,38	2,06	1,21	14,65	25,4	29,3	47	0,10	0,10	0,07		0,00000
7860	31,3	29,29	3,115957	24,59	2,615957	3		21,59		3	21,59	2,30	1,21	16,04	27,8	32,1	47	0,10	0,10	0,07	1,73	0,00053
7900	34,05	32,04	3,408511	27,34	2,908511	3		24,34		3	24,34	2,59	1,22	17,92	31,0	35,8	46	0,10	0,10	0,07	1,55	0,00047
8000	39,55	37,54	3,993617	32,84	3,493617	4		28,84		4	28,84	3,07	1,21	21,23	36,8	42,5	45	0,10	0,10	0,07	1,31	0,00040
8100	35,99	33,98	3,614894	29,28	3,114894	3		26,28		3	26,28	2,80	1,23	19,31	33,4	38,6	45	0,10	0,10	0,07	1,44	0,00044
8200	30,57	28,56	3,038298	23,86	2,538298	3		20,86		3	20,86	2,22	1,21	15,58	27,0	31,2	47	0,10	0,10	0,07	1,78	0,00054
8300	23,73	21,72	2,310638	17,02	1,810638	2		15,02		2	15,02	1,60	1,22	11,37	19,7	22,7	49	0,14	0,24	0,17	5,90	0,00180
8400	19,33	17,32	1,842553	12,62	1,342553	1		11,62		1	11,62	1,24	1,24	8,72	15,1	17,4	52	0,25	0,45	0,31	14,39	0,00439

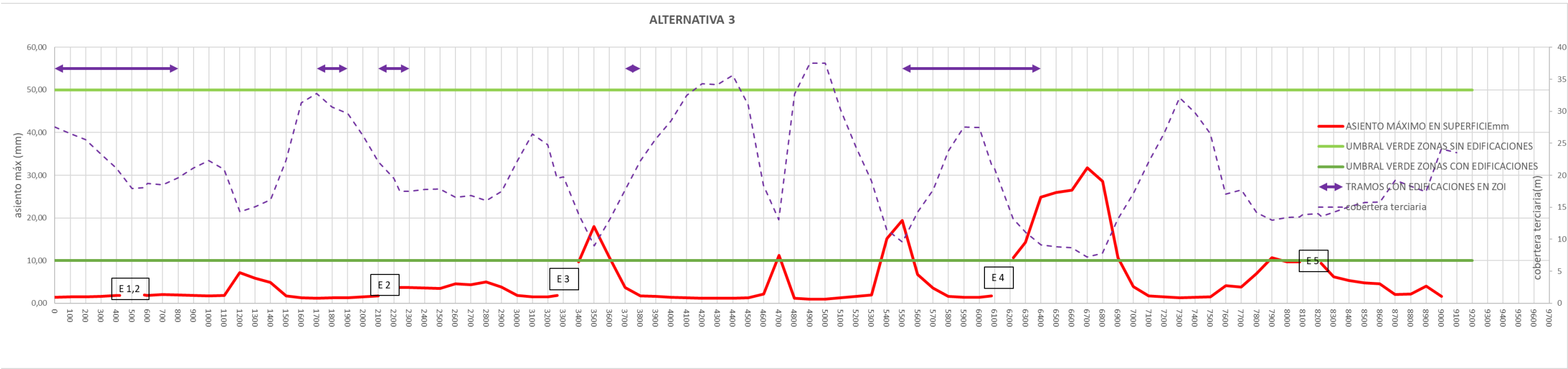


ALTERNATIVA 3

					TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
0	36,23	34,22	3,640426	3,140426	2	0	27,52		2	27,52	2,93	1,25	19,7755	34,25217	39,551	45	0,10	0,10	0,07	1,40	0,00043
100	35,24	33,23	3,535106	3,035106	2		26,53		2	26,53	2,82	1,25	19,132	33,1376	38,264	45	0,10	0,10	0,07	1,45	0,00044
200	34,29	32,28	3,434043	2,934043	2		25,58		2	25,58	2,72	1,25	18,5145	32,06805	37,029	45	0,10	0,10	0,07	1,50	0,00046
300	32,05	30,04	3,195745	2,695745	2		23,34		2	23,34	2,48	1,24	16,92203	29,30982	33,84406	46	0,10	0,10	0,07	1,64	0,00050
400	30,74	28,73	3,056383	2,556383	3		21,03		3	21,03	2,24	1,21	15,68838	27,17306	31,37675	47	0,10	0,10	0,07	1,77	0,00054
420	30,65	28,64	3,046809	2,546809	3,5		20,44		3,5	20,44	2,17	1,2	15,50256	26,85122	31,00512	47	0,10	0,10	0,07	1,79	0,00055
500	29,61	27,6	2,93617	2,43617	5		17,9		5	17,9	1,90	1,15	14,2347	24,65522	28,4694	49	0,10	0,10	0,07		0,00000
580	30,81	28,8	3,06383	2,56383	6		18,1		6	18,1	1,93	1,13	14,69226	25,44774	29,38452	49	0,10	0,10	0,07	1,89	0,00058
600	31,4	29,39	3,126596	2,626596	6		18,69		6	18,69	1,99	1,13	15,03894	26,04822	30,07789	49	0,10	0,10	0,07	1,85	0,00056
700	28,25	26,24	2,791489	2,291489	3		18,54		3	18,54	1,97	1,2	14,00496	24,2573	28,00992	48	0,10	0,10	0,07	1,98	0,00060
800	29,28	27,27	2,901064	2,401064	3		19,57		3	19,57	2,08	1,21	14,76974	25,58195	29,53949	47	0,10	0,10	0,07	1,88	0,00057
900	30,81	28,8	3,06383	2,56383	3		21,1		3	21,1	2,24	1,21	15,73242	27,24935	31,46484	47	0,10	0,10	0,07	1,76	0,00054
1000	30,98	28,97	3,081915	2,581915	2		22,27		2	22,27	2,37	1,24	16,2321	28,11481	32,46419	46	0,10	0,10	0,07	1,71	0,00052
1100	30,6	28,59	3,041489	2,541489	3		20,89		3	20,89	2,22	1,21	15,60029	27,02049	31,20058	47	0,10	0,10	0,07	1,78	0,00054
1200	20,96	18,95	2,015957	1,515957	0		14,25		0	14,25	1,52	1,3	10,244	17,74313	20,488	49	0,16	0,26	0,18	7,17	0,00219
1300	23,82	21,81	2,320213	1,820213	2		15,11		2	15,11	1,61	1,22	11,42798	19,79385	22,85597	49	0,14	0,24	0,17	5,81	0,00177
1400	24,88	22,87	2,432979	1,932979	2		16,17		2	16,17	1,72	1,22	12,10045	20,95859	24,2009	49	0,11	0,21	0,15	4,82	0,00147
1500	30,98	28,97	3,081915	2,581915	2		22,27		2	22,27	2,37	1,24	16,2321	28,11481	32,46419	46	0,10	0,10	0,07	1,71	0,00052
1600	40,01	38	4,042553	3,542553	2		31,3		2	31,3	3,33	1,26	22,41036	38,81588	44,82072	44	0,10	0,10	0,07	1,24	0,00038
1700	42,46	40,45	4,303191	3,803191	3		32,75		3	32,75	3,48	1,24	23,6344	40,93598	47,2688	44	0,10	0,10	0,07	1,17	0,00036
1800	41,41	39,4	4,191489	3,691489	4		30,7		4	30,7	3,27	1,22	22,58708	39,12197	45,17416	44	0,10	0,10	0,07	1,23	0,00037
1900	38,36	36,35	3,867021	3,367021	2		29,65		2	29,65	3,15	1,26	21,32928	36,9434	42,65856	44	0,10	0,10	0,07	1,30	0,00040
2000	35,87	33,86	3,602128	3,102128	3		26,16		3	26,16	2,78	1,23	19,22884	33,30532	38,45767	45	0,10	0,10	0,07	1,44	0,00044
2100	31,79	29,78	3,168085	2,668085	3		22,08		3	22,08	2,35	1,22	16,48415	28,55139	32,9683	46	0,10	0,10	0,07	1,68	0,00051
2200	28,26	26,25	2,792553	2,292553	2		19,55		2	19,55	2,08	1,24	14,47824	25,07705	28,95648	47	0,10	0,10	0,07		0,00000
2240	27,17	25,16	2,676596	2,176596	3		17,46		3	17,46	1,86	1,2	13,33104	23,09004	26,66208	48	0,08	0,18	0,12	3,69	0,00113
2300	27,18	25,17	2,67766	2,17766	3		17,47		3	17,47	1,86	1,2	13,33728	23,10085	26,67456	48	0,08	0,18	0,12	3,68	0,00112
2400	26,98	24,97	2,656383	2,156383	2,5		17,77		2,5	17,77	1,89	1,21	13,32258	23,07539	26,64517	48	0,07	0,17	0,12	3,53	0,00108
2500	26,57	24,56	2,612766	2,112766	2		17,86		2	17,86	1,90	1,23	13,28056	23,0026	26,56111	48	0,07	0,17	0,12	3,50	0,00107
2600	24,26	22,25	2,367021	1,867021	1		16,55		1	16,55	1,76	1,26	12,09096	20,94216	24,18192	48	0,10	0,20	0,14	4,60	0,00140
2700	24,55	22,54	2,397872	1,897872	1		16,84		1	16,84	1,79	1,26	12,28097	21,27126	24,56194	48	0,09	0,19	0,13	4,36	0,00133
2800	24,71	22,7	2,414894	1,914894	2		16		2	16	1,70	1,22	11,9926	20,77179	23,9852	49	0,11	0,21	0,15	4,97	0,00152
2900	26,16	24,15	2,569149	2,069149	2		17,45		2	17,45	1,86	1,23	13,01832	22,54839	26,03664	48	0,08	0,18	0,12	3,78	0,00115
3000	28,89	26,88	2,859574	2,359574	0		22,18		0	22,18	2,36	1,3	15,60468	27,0281	31,20936	45	0,10	0,10	0,07	1,78	0,00054
3100	35,12	33,11	3,52234	3,02234	2		26,41		2	26,41	2,81	1,25	19,054	33,0025	38,108	45	0,10	0,10	0,07	1,46	0,00044
3200	36,51	34,5	3,670213	3,170213	5		24,8		5	24,8	2,64	1,18	18,83988	32,63163	37,67976	46	0,10	0,10	0,07	1,47	0,00045
3260	32,24	30,23	3,215957	2,715957	6		19,53		6	19,53	2,08	1,14	15,66998	27,14121	31,33997	48	0,10	0,10	0,07	1,77	0,00054
3300	31,43	29,42	3,129787	2,629787	5		19,72		5	19,72	2,10	1,16	15,4563	26,7711	30,91261	48	0,10	0,10	0,07		0,00000

					TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	√3i	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
3400	23,54	21,53	2,290426	1,790426	3		13,83		3	13,83	1,47	1,18	10,88149	18,84729	21,76298	50	0,18	0,38	0,26	9,63	0,00294
3500	22,7	20,69	2,201064	1,701064	7		8,99		7	8,99	0,96	0,99	8,696952	15,06356	17,3939	56	0,36	0,56	0,39	17,95	0,00547
3600	23,23	21,22	2,257447	1,757447	3,5		13,02		3,5	13,02	1,39	1,15	10,41946	18,04703	20,83892	51	0,20	0,40	0,28	10,74	0,00328
3700	26,34	24,33	2,588298	2,088298	2		17,63		2	17,63	1,88	1,23	13,13345	22,7478	26,2669	48	0,07	0,17	0,12	3,66	0,00112
3800	29,9	27,89	2,967021	2,467021	1		22,19		1	22,19	2,36	1,27	15,91158	27,55966	31,82315	46	0,10	0,10	0,07	1,74	0,00053
3900	32,37	30,36	3,229787	2,729787	0		25,66		0	25,66	2,73	1,3	17,95716	31,10271	35,91432	44	0,10	0,10	0,07	1,55	0,00047
4000	35,2	33,19	3,530851	3,030851	0		28,49		0	28,49	3,03	1,3	19,87024	34,41627	39,74048	44	0,10	0,10	0,07	1,40	0,00043
4100	39,17	37,16	3,953191	3,453191	0		32,46		0	32,46	3,45	1,3	22,55396	39,0646	45,10792	43	0,10	0,10	0,07	1,23	0,00038
4200	43,01	41	4,361702	3,861702	2		34,3		2	34,3	3,65	1,26	24,37596	42,2204	48,75192	43	0,10	0,10	0,07	1,14	0,00035
4300	43,86	41,85	4,452128	3,952128	3		34,15		3	34,15	3,63	1,24	24,53712	42,49954	49,07424	43	0,10	0,10	0,07	1,13	0,00035
4400	43,33	41,32	4,395745	3,895745	1		35,62		1	35,62	3,79	1,28	24,97587	43,25948	49,95174	43	0,10	0,10	0,07	1,11	0,00034
4500	40,77	38,76	4,123404	3,623404	3		31,06		3	31,06	3,30	1,24	22,54469	39,04855	45,08938	44	0,10	0,10	0,07	1,23	0,00038
4600	25,12	23,11	2,458511	1,958511	0		18,41		0	18,41	1,96	1,3	13,05616	22,61393	26,11232	47	0,10	0,10	0,07	2,13	0,00065
4700	21,74	19,73	2,098936	1,598936		2	13,03		2	13,03	1,39	1,21	10,02558	17,36481	20,05115	51	0,20	0,40	0,28	11,16	0,00340
4800	43,43	41,42	4,406383	3,906383	4		32,72		4	32,72	3,48	1,22	23,86857	41,34157	47,73714	44	0,10	0,10	0,07	1,16	0,00035
4900	52,75	50,74	5,397872	4,897872	8,5		37,54		8,5	37,54	3,99	1,17	28,56064	49,46847	57,12127	44	0,10	0,10	0,07	0,97	0,00030
5000	54,25	52,24	5,557447	5,057447	10		37,54		10	37,54	3,99	1,15	28,96942	50,17651	57,93884	45	0,10	0,10	0,07	0,96	0,00029
5100	38,97	36,96	3,931915	3,431915	2		30,26		2	30,26	3,22	1,26	21,72895	37,63565	43,4579	44	0,10	0,10	0,07	1,28	0,00039
5200	33,11	31,1	3,308511	2,808511	2		24,4		2	24,4	2,60	1,25	17,7475	30,73957	35,495	45	0,10	0,10	0,07	1,56	0,00048
5300	27,9	25,89	2,754255	2,254255	2		19,19		2	19,19	2,04	1,23	14,13122	24,476	28,26245	47	0,10	0,10	0,07	1,96	0,00060
5400	18,22	16,21	1,724468	1,224468	0		11,51		0	11,51	1,22	1,3	8,39176	14,53495	16,78352	51	0,26	0,46	0,32	15,09	0,00460
5500	18,28	16,27	1,730851	1,230851		2	9,57		2	9,57	1,02	1,18	7,653952	13,25703	15,3079	54	0,34	0,54	0,37	19,42	0,00592
5600	22,98	20,97	2,230851	1,730851	2		14,27		2	14,27	1,52	1,21	10,80578	18,71617	21,61157	50	0,16	0,26	0,18	6,78	0,00207
5700	27,38	25,37	2,698936	2,198936	3		17,67		3	17,67	1,88	1,2	13,46208	23,31701	26,92416	48	0,07	0,17	0,12	3,55	0,00108
5800	33,53	31,52	3,353191	2,853191	3		23,82		3	23,82	2,53	1,22	17,58801	30,46332	35,17602	46	0,10	0,10	0,07	1,58	0,00048
5900	39,25	37,24	3,961702	3,461702	5		27,54		5	27,54	2,93	1,19	20,69505	35,84488	41,3901	45	0,10	0,10	0,07	1,34	0,00041
6000	37,2	35,19	3,743617	3,243617	3		27,49		3	27,49	2,92	1,23	20,0795	34,77872	40,15901	45	0,10	0,10	0,07	1,38	0,00042
6080	31,3	29,29	3,115957	2,615957	3		21,59		3	21,59	2,30	1,21	16,04073	27,78336	32,08146	47	0,10	0,10	0,07	1,73	0,00053
6100	30,77	28,76	3,059574	2,559574	3		21,06		3	21,06	2,24	1,21	15,70725	27,20576	31,4145	47	0,10	0,10	0,07		0,00000
6200	24,27	22,26	2,368085	1,868085	3		14,56		3	14,56	1,55	1,18	11,32942	19,62312	22,65883	50	0,16	0,26	0,18		0,00000
6220	22,87	20,86	2,219149	1,719149	3		13,16		3	13,16	1,40	1,17	10,38164	17,98153	20,76329	51	0,20	0,40	0,28	10,66	0,00325
6300	21,76	19,75	2,101064	1,601064	4		11,05		4	11,05	1,18	1,11	9,20856	15,94969	18,41712	53	0,27	0,47	0,33	14,28	0,00436
6400	17,84	15,83	1,684043	1,184043	2		9,13		2	9,13	0,97	1,17	7,321392	12,68102	14,64278	55	0,36	0,66	0,46	24,86	0,00758
6500	17,56	15,55	1,654255	1,154255	2		8,85		2	8,85	0,94	1,17	7,15104	12,38596	14,30208	55	0,37	0,67	0,46	25,97	0,00792
6600	17,42	15,41	1,639362	1,139362	2		8,71		2	8,71	0,93	1,17	7,065864	12,23844	14,13173	55	0,38	0,68	0,47	26,56	0,00810
6700	17,93	15,92	1,693617	1,193617	3	1	7,22		4	7,22	0,77	1,05	6,61962	11,46552	13,23924	57	0,46	0,76	0,53	31,73	0,00968
6800	18,54	16,53	1,758511	1,258511	3	1	7,83		4	7,83	0,83	1,06	7,018896	12,15708	14,03779	57	0,42	0,72	0,50	28,54	0,00871
6900	23,3	21,29	2,264894	1,764894	3,5		13,09		3,5	13,09	1,39	1,15	10,46132	18,11954	20,92264	51	0,20	0,40	0,28	10,64	0,00324

					TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA									
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)	
7000	26,87	24,86	2,644681	2,144681	3		17,16		3	17,16	1,83	1,2	13,14384	22,7658	26,28768	48	0,08	0,18	0,13	3,90	0,00119	
7100	31,85	29,84	3,174468	2,674468	3		22,14		3	22,14	2,36	1,22	16,52222	28,61732	33,04443	46	0,10	0,10	0,07	1,68	0,00051	
7200	33,28	31,27	3,326596	2,826596	0		26,57		0	26,57	2,83	1,3	18,57232	32,1682	37,14464	44	0,10	0,10	0,07	1,49	0,00046	
7300	38,83	36,82	3,917021	3,417021	0		32,12		0	32,12	3,42	1,3	22,32412	38,66651	44,64824	43	0,10	0,10	0,07	1,24	0,00038	
7400	36,51	34,5	3,670213	3,170213	0		29,8		0	29,8	3,17	1,3	20,7558	35,9501	41,5116	43	0,10	0,10	0,07	1,34	0,00041	
7500	33,26	31,25	3,324468	2,824468	0		26,55		0	26,55	2,82	1,3	18,5588	32,14478	37,1176	44	0,10	0,10	0,07	1,50	0,00046	
7600	25,78	23,77	2,528723	2,028723	2		17,07		2	17,07	1,82	1,23	12,77527	22,12742	25,55054	48	0,09	0,19	0,13	4,06	0,00124	
7700	24,44	22,43	2,38617	1,88617	0		17,73		0	17,73	1,89	1,3	12,59648	21,81774	25,19296	47	0,07	0,17	0,12	3,76	0,00115	
7800	22,85	20,84	2,217021	1,717021	2		14,14		2	14,14	1,50	1,21	10,72399	18,57449	21,44798	50	0,17	0,27	0,19	6,93	0,00211	
7900	23,67	21,66	2,304255	1,804255	2	2	12,96		4	12,96	1,38	1,13	10,4968	18,18098	20,99359	51	0,21	0,41	0,28	10,72	0,00327	
8000	25,13	23,12	2,459574	1,959574	2	3	13,42		5	13,42	1,43	1,11	11,15372	19,31882	22,30745	51	0,19	0,39	0,27	9,71	0,00296	
8080	25,16	23,15	2,462766	1,962766	2	3	13,45		5	13,45	1,43	1,11	11,17104	19,34881	22,34208	51	0,19	0,39	0,27	9,67	0,00295	
8100	25,55	23,54	2,504255	2,004255	2	3	13,84		5	13,84	1,47	1,11	11,39615	19,73871	22,7923	51	0,18	0,38	0,26		0,00000	
8200	26,7	24,69	2,626596	2,126596	3	3	13,99		6	13,99	1,49	1,09	11,84263	20,51204	23,68526	51	0,17	0,37	0,26		0,00000	
8220	26,24	24,23	2,57766	2,07766	3	3	13,53		6	13,53	1,44	1,08	11,47565	19,87641	22,9513	52	0,19	0,39	0,27	9,36	0,00285	
8300	26,9	24,89	2,647872	2,147872	3	3	14,19		6	14,19	1,51	1,09	11,95599	20,70839	23,91198	51	0,17	0,27	0,18	6,18	0,00189	
8400	27,78	25,77	2,741489	2,241489	3	3	15,07		6	15,07	1,60	1,1	12,56904	21,77022	25,13808	50	0,14	0,24	0,17	5,31	0,00162	
8500	28,42	26,41	2,809574	2,309574	3	3	15,71		6	15,71	1,67	1,11	13,05271	22,60796	26,10542	50	0,12	0,22	0,15	4,73	0,00144	
8600	29,55	27,54	2,929787	2,429787	5	2	15,84		7	15,84	1,69	1,09	13,45801	23,30996	26,91602	50	0,12	0,22	0,15	4,52	0,00138	
8700	25,96	23,95	2,547872	2,047872	0		19,25		0	19,25	2,05	1,3	13,624	23,59746	27,248	46	0,10	0,10	0,07	2,04	0,00062	
8800	25,02	23,01	2,447872	1,947872	0		18,31		0	18,31	1,95	1,3	12,98856	22,49685	25,97712	47	0,10	0,10	0,07	2,14	0,00065	
8900	24,12	22,11	2,352128	1,852128	0		17,41		0	17,41	1,85	1,3	12,38016	21,44307	24,76032	47	0,08	0,18	0,12	4,00	0,00122	
9000	33,81	31,8	3,382979	2,882979	3		24,1		3	24,1	2,56	1,22	17,76564	30,77099	35,53128	46	0,10	0,10	0,07	1,56	0,00048	
9100	33,21	31,2	3,319149	2,819149	3		23,5		3	23,5	2,50	1,22	17,385	30,1117	34,77	46	0,10	0,10	0,07		0,00000	

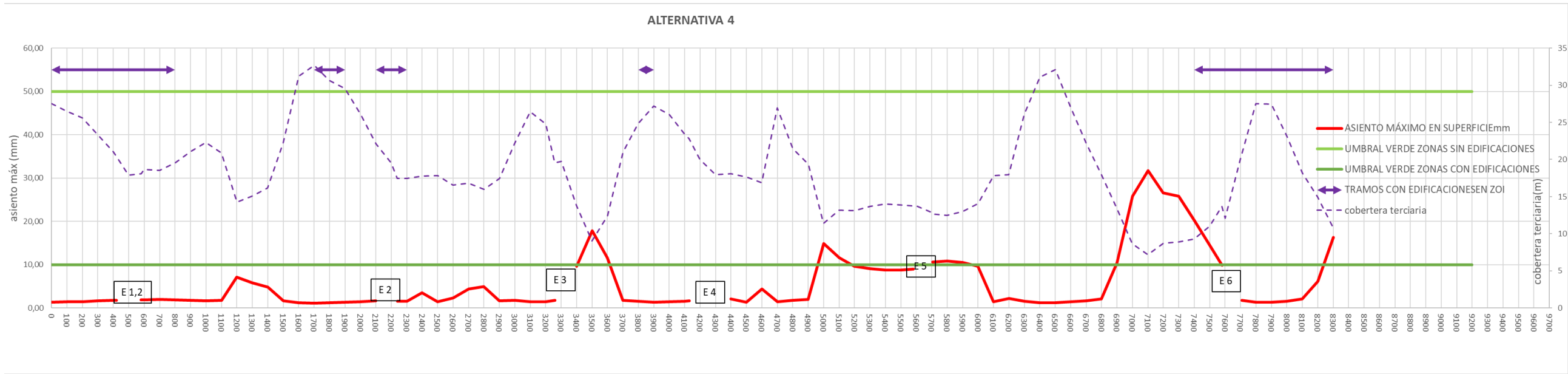


ALTERNATIVA 4

					TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA									
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	√3i	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)	
0	36,23	34,22	3,640426	3,140426	2	0	27,52		2	27,52	2,9	1,25	19,7755	34,25217	39,551	45	0,10	0,10	0,069398	1,40	0,00043	
100	35,24	33,23	3,535106	3,035106	2		26,53		2	26,53	2,8	1,25	19,132	33,1376	38,264	45	0,10	0,10	0,069398	1,45	0,00044	
200	34,29	32,28	3,434043	2,934043	2		25,58		2	25,58	2,7	1,25	18,5145	32,06805	37,029	45	0,10	0,10	0,069398	1,50	0,00046	
300	32,05	30,04	3,195745	2,695745	2		23,34		2	23,34	2,5	1,24	16,92203	29,30982	33,84406	46	0,10	0,10	0,069398	1,64	0,00050	
400	30,74	28,73	3,056383	2,556383	3		21,03		3	21,03	2,2	1,21	15,68838	27,17306	31,37675	47	0,10	0,10	0,069398	1,77	0,00054	
420	30,65	28,64	3,046809	2,546809	3,5		20,44		3,5	20,44	2,2	1,2	15,50256	26,85122	31,00512	47	0,10	0,10	0,069398	1,79	0,00055	
500	29,61	27,6	2,93617	2,43617	5		17,9		5	17,9	1,9	1,15	14,2347	24,65522	28,4694	49	0,10	0,10	0,069398		0,00000	
580	30,81	28,8	3,06383	2,56383	6		18,1		6	18,1	1,9	1,13	14,69226	25,44774	29,38452	49	0,10	0,10	0,069398	1,89	0,00058	
600	31,4	29,39	3,126596	2,626596	6		18,69		6	18,69	2,0	1,13	15,03894	26,04822	30,07789	49	0,10	0,10	0,069398	1,85	0,00056	
700	28,25	26,24	2,791489	2,291489	3		18,54		3	18,54	2,0	1,2	14,00496	24,2573	28,00992	48	0,10	0,10	0,069398	1,98	0,00060	
800	29,28	27,27	2,901064	2,401064	3		19,57		3	19,57	2,1	1,21	14,76974	25,58195	29,53949	47	0,10	0,10	0,069398	1,88	0,00057	
900	30,81	28,8	3,06383	2,56383	3		21,1		3	21,1	2,2	1,21	15,73242	27,24935	31,46484	47	0,10	0,10	0,069398	1,76	0,00054	
1000	30,98	28,97	3,081915	2,581915	2		22,27		2	22,27	2,4	1,24	16,2321	28,11481	32,46419	46	0,10	0,10	0,069398	1,71	0,00052	
1100	30,6	28,59	3,041489	2,541489	3		20,89		3	20,89	2,2	1,21	15,60029	27,02049	31,20058	47	0,10	0,10	0,069398	1,78	0,00054	
1200	20,96	18,95	2,015957	1,515957	0		14,25		0	14,25	1,5	1,3	10,244	17,74313	20,488	49	0,16	0,26	0,183534	7,17	0,00219	
1300	23,82	21,81	2,320213	1,820213	2		15,11		2	15,11	1,6	1,22	11,42798	19,79385	22,85597	49	0,14	0,24	0,166063	5,81	0,00177	
1400	24,87	22,86	2,431915	1,931915	2		16,16		2	16,16	1,7	1,22	12,0941	20,9476	24,18821	49	0,11	0,21	0,146034	4,83	0,00147	
1500	30,92	28,91	3,075532	2,575532	2		22,21		2	22,21	2,4	1,24	16,19341	28,04781	32,38682	46	0,10	0,10	0,069398	1,71	0,00052	
1600	39,93	37,92	4,034043	3,534043	2		31,22		2	31,22	3,3	1,26	22,35794	38,72509	44,71589	44	0,10	0,10	0,069398	1,24	0,00038	
1700	42,38	40,37	4,294681	3,794681	3		32,67		3	32,67	3,5	1,24	23,58282	40,84664	47,16563	44	0,10	0,10	0,069398	1,18	0,00036	
1800	41,33	39,32	4,182979	3,682979	4		30,62		4	30,62	3,3	1,22	22,53633	39,03407	45,07266	44	0,10	0,10	0,069398	1,23	0,00038	
1900	38,28	36,27	3,858511	3,358511	2		29,57		2	29,57	3,1	1,26	21,27686	36,85261	42,55373	44	0,10	0,10	0,069398	1,30	0,00040	
2000	35,84	33,83	3,598936	3,098936	3		26,13		3	26,13	2,8	1,23	19,20965	33,27209	38,4193	45	0,10	0,10	0,069398	1,45	0,00044	
2100	31,79	29,78	3,168085	2,668085	3		22,08		3	22,08	2,3	1,22	16,48415	28,55139	32,9683	46	0,10	0,10	0,069398	1,68	0,00051	
2200	28,26	26,25	2,792553	2,292553	2		19,55		2	19,55	2,1	1,24	14,47824	25,07705	28,95648	47	0,10	0,10	0,069398		0,00000	
2240	27,17	25,16	2,676596	2,176596	3		17,46		3	17,46	1,9	1,2	13,33104	23,09004	26,66208	48	0,08	0,08	0,053569	1,61	0,00049	
2300	27,18	25,17	2,67766	2,17766	3		17,47		3	17,47	1,9	1,2	13,33728	23,10085	26,67456	48	0,08	0,08	0,053398	1,60	0,00049	
2400	26,98	24,97	2,656383	2,156383	2,5		17,77		2,5	17,77	1,9	1,21	13,32258	23,07539	26,64517	48	0,07	0,17	0,11772	3,53	0,00108	
2500	26,57	24,56	2,612766	2,112766	2		17,86		2	17,86	1,9	1,23	13,28056	23,0026	26,56111	48	0,07	0,07	0,046816	1,41	0,00043	
2600	24,27	22,26	2,368085	1,868085	1		16,56		1	16,56	1,8	1,26	12,09751	20,95351	24,19502	48	0,10	0,10	0,069347	2,29	0,00070	
2700	24,55	22,54	2,397872	1,897872	1		16,84		1	16,84	1,8	1,26	12,28097	21,27126	24,56194	48	0,09	0,19	0,133746	4,36	0,00133	
2800	24,71	22,7	2,414894	1,914894	2		16		2	16	1,7	1,22	11,9926	20,77179	23,9852	49	0,11	0,21	0,149001	4,97	0,00152	
2900	26,16	24,15	2,569149	2,069149	2		17,45		2	17,45	1,9	1,23	13,01832	22,54839	26,03664	48	0,08	0,08	0,053739	1,65	0,00050	
3000	28,89	26,88	2,859574	2,359574	0		22,18		0	22,18	2,4	1,3	15,60468	27,0281	31,20936	45	0,10	0,10	0,069398	1,78	0,00054	
3100	35,12	33,11	3,52234	3,02234	2		26,41		2	26,41	2,8	1,25	19,054	33,0025	38,108	45	0,10	0,10	0,069398	1,46	0,00044	
3200	36,51	34,5	3,670213	3,170213	5		24,8		5	24,8	2,6	1,18	18,83988	32,63163	37,67976	46	0,10	0,10	0,069398	1,47	0,00045	
3260	32,24	30,23	3,215957	2,715957	6		19,53		6	19,53	2,1	1,14	15,66998	27,14121	31,33997	48	0,10	0,10	0,069398	1,77	0,00054	
3300	31,43	29,42	3,129787	2,629787	5		19,72		5	19,72	2,1	1,16	15,4563	26,7711	30,91261	48	0,10	0,10	0,069398		0,00000	

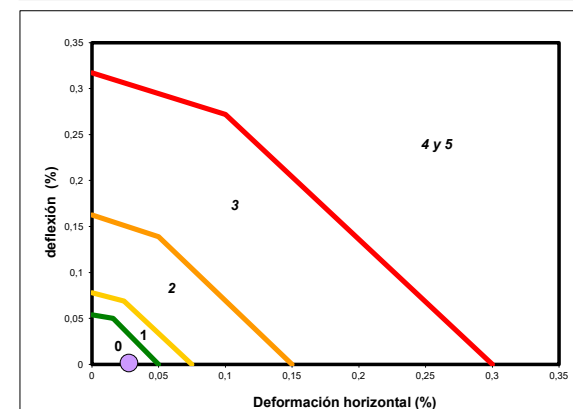
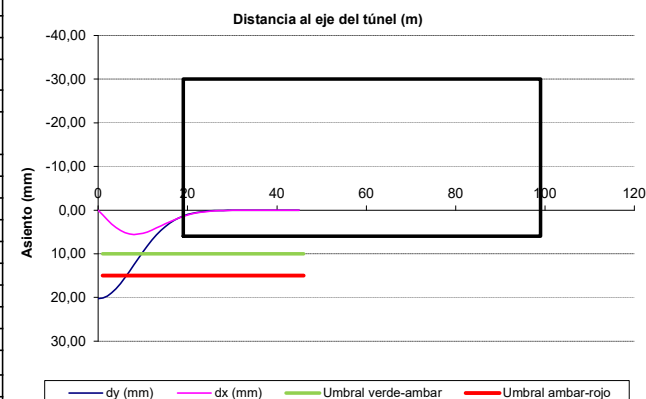
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	TERRENO SOBRE CLAVE				P	Hr	Hp	Hp/D	η	PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA				VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
					R	AL	AM+AT+TA+T							i	v3i	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)					
3400	23,54	21,53	2,290426	1,790426	3		13,83			3	13,83	1,5	1,18	10,88149	18,84729	21,76298	50	0,18	0,38	0,261851	9,63	0,00294
3500	22,76	20,75	2,207447	1,707447	7		9,05			7	9,05	1,0	0,99	8,72784	15,11706	17,45568	56	0,36	0,56	0,388282	17,80	0,00543
3600	22,65	20,64	2,195745	1,695745	3,5		12,44			3,5	12,44	1,3	1,15	10,07262	17,44629	20,14524	52	0,22	0,42	0,29343	11,65	0,00355
3700	29,71	27,7	2,946809	2,446809	2		21			2	21	2,2	1,24	15,4132	26,69645	30,8264	46	0,10	0,10	0,069398	1,80	0,00055
3800	34,55	32,54	3,461702	2,961702	3		24,84			3	24,84	2,6	1,22	18,2351	31,58411	36,47019	46	0,10	0,10	0,069398	1,52	0,00046
3900	36,94	34,93	3,715957	3,215957	3		27,23			3	27,23	2,9	1,23	19,91321	34,49069	39,82642	45	0,10	0,10	0,069398	1,39	0,00043
4000	34,78	32,77	3,48617	2,98617	2		26,07			2	26,07	2,8	1,25	18,833	32,61971	37,666	45	0,10	0,10	0,069398	1,47	0,00045
4100	32,57	30,56	3,251064	2,751064	2,5		23,36			2,5	23,36	2,5	1,23	17,11816	29,64952	34,23631	46	0,10	0,10	0,069398	1,62	0,00049
4130	32,5	30,49	3,243617	2,743617	3		22,79			3	22,79	2,4	1,22	16,93458	29,33155	33,86915	46	0,10	0,10	0,069398	1,64	0,00050
4200	29,73	27,72	2,948936	2,448936	3		20,02			3	20,02	2,1	1,21	15,05288	26,07236	30,10577	47	0,10	0,10	0,069398		0,00000
4300	26,68	24,67	2,624468	2,124468	2		17,97			2	17,97	1,9	1,23	13,35091	23,12446	26,70182	48	0,10	0,10	0,069398		0,00000
4400	26,8	24,79	2,637234	2,137234	2		18,09			2	18,09	1,9	1,23	13,42766	23,2574	26,85533	48	0,10	0,10	0,069398	2,07	0,00063
4500	30,38	28,37	3,018085	2,518085	6		17,67			6	17,67	1,9	1,12	14,31181	24,78878	28,62362	49	0,07	0,07	0,050004	1,40	0,00043
4600	23,58	21,57	2,294681	1,794681	0		16,87			0	16,87	1,8	1,3	12,01512	20,8108	24,03024	48	0,09	0,19	0,133215	4,43	0,00135
4700	35,13	33,12	3,523404	3,023404	1,5		26,92			1,5	26,92	2,9	1,26	19,21298	33,27786	38,42597	45	0,10	0,10	0,069398	1,44	0,00044
4800	30,2	28,19	2,998936	2,498936	2		21,49			2	21,49	2,3	1,24	15,72915	27,24369	31,4583	46	0,10	0,10	0,069398	1,76	0,00054
4900	26,1	24,09	2,562766	2,062766	0		19,39			0	19,39	2,1	1,3	13,71864	23,76138	27,43728	46	0,10	0,10	0,069398	2,02	0,00062
5000	19,1	17,09	1,818085	1,318085		1	11,39			1	11,39	1,2	1,24	8,571872	14,84692	17,14374	52	0,26	0,46	0,31972	14,92	0,00455
5100	19,88	17,87	1,901064	1,401064	0		13,17			0	13,17	1,4	1,3	9,51392	16,47859	19,02784	50	0,20	0,40	0,27643	11,62	0,00354
5200	26,8	24,79	2,637234	2,137234	4	3	13,09			7	13,09	1,4	1,06	11,57181	20,04296	23,14362	52	0,20	0,40	0,278246	9,62	0,00293
5300	26,4	24,39	2,594681	2,094681	3	3	13,69			6	13,69	1,5	1,09	11,67259	20,21752	23,34518	51	0,18	0,38	0,264885	9,08	0,00277
5400	26,7	24,69	2,626596	2,126596	3	3	13,99			6	13,99	1,5	1,09	11,84263	20,51204	23,68526	51	0,17	0,37	0,258422	8,73	0,00266
5500	26,61	24,6	2,617021	2,117021	3	3	13,9			6	13,9	1,5	1,09	11,79162	20,42368	23,58324	51	0,18	0,38	0,260346	8,83	0,00269
5580	26,44	24,43	2,598936	2,098936	3	3	13,73			6	13,73	1,5	1,09	11,69526	20,25679	23,39053	51	0,18	0,38	0,264015	9,03	0,00275
5600	26,49	24,48	2,604255	2,104255	3	3	13,78			6	13,78	1,5	1,09	11,7236	20,30588	23,44721	51	0,18	0,38	0,262931		0,00000
5700	25,55	23,54	2,504255	2,004255	3	3	12,84			6	12,84	1,4	1,08	11,08814	19,20523	22,17629	52	0,21	0,41	0,283995		0,00000
5705	25,35	23,34	2,482979	1,982979	3	3	12,64			6	12,64	1,3	1,07	10,8742	18,83466	21,74839	52	0,22	0,42	0,288675	10,62	0,00324
5800	25,22	23,21	2,469149	1,969149	3	3	12,51			6	12,51	1,3	1,07	10,80186	18,70938	21,60373	52	0,22	0,42	0,291758	10,80	0,00330
5900	23,7	21,69	2,307447	1,807447	2	2	12,99			4	12,99	1,4	1,14	10,60747	18,37268	21,21494	51	0,20	0,40	0,280532	10,58	0,00323
6000	22,79	20,78	2,210638	1,710638	2		14,08			2	14,08	1,5	1,21	10,68624	18,5091	21,37247	50	0,17	0,37	0,25651	9,60	0,00293
6100	24,53	22,52	2,395745	1,895745	0		17,82			0	17,82	1,9	1,3	12,65732	21,92312	25,31464	47	0,07	0,07	0,047484	1,50	0,00046
6200	24,67	22,66	2,410638	1,910638	0		17,96			0	17,96	1,9	1,3	12,75196	22,08704	25,50392	47	0,10	0,10	0,069398	2,18	0,00066
6300	32,82	30,81	3,27766	2,77766	0		26,11			0	26,11	2,8	1,3	18,26136	31,6296	36,52272	44	0,10	0,10	0,069398	1,52	0,00046
6400	37,82	35,81	3,809574	3,309574	0		31,11			0	31,11	3,3	1,3	21,64136	37,48394	43,28272	43	0,10	0,10	0,069398	1,28	0,00039
6500	38,83	36,82	3,917021	3,417021	0		32,12			0	32,12	3,4	1,3	22,32412	38,66651	44,64824	43	0,10	0,10	0,069398	1,24	0,00038
6600	33,78	31,77	3,379787	2,879787	0		27,07			0	27,07	2,9	1,3	18,91032	32,75364	37,82064	44	0,10	0,10	0,069398	1,47	0,00045
6700	30,95	28,94	3,078723	2,578723	2		22,24			2	22,24	2,4	1,24	16,21275	28,08131	32,4255	46	0,10	0,10	0,069398	1,71	0,00052
6800	26,61	24,6	2,617021	2,117021	2		17,9			2	17,9	1,9	1,23	13,30614	23,04691	26,61228	48	0,10	0,10	0,069398	2,09	0,00064
6900	23,01	21	2,234043	1,734043	3		13,3			3	13,3	1,4	1,17	10,46682	18,12906	20,93364	51	0,19	0,39	0,273501	10,45	0,00319

					TERRENO SOBRE CLAVE								PARÁMETROS DE LA CUBETA DE ASIENTOS EN PLANTA								
PK	H RASANTE	H EJE	H/D	C/D	R	AL	AM+AT+TA+T	P	Hr	Hp	Hp/D	η	i	$\sqrt{3}i$	2 i	Ángulo equivalente de la cubeta (º)	VL%	VL% CORREGIDO	Vs (m³/m)	Smax (mm)	Sh max (m)
7000	18,36	16,35	1,739362	1,239362	2,5	0,5	8,65		3	8,65	0,9	1,12	7,31136	12,66365	14,62272	55	0,38	0,68	0,471157	25,78	0,00786
7100	17,93	15,92	1,693617	1,193617	3	1	7,22		4	7,22	0,8	1,05	6,61962	11,46552	13,23924	57	0,46	0,76	0,525032	31,73	0,00968
7200	17,41	15,4	1,638298	1,138298	2		8,7		2	8,7	0,9	1,17	7,05978	12,2279	14,11956	55	0,38	0,68	0,469439	26,60	0,00811
7300	17,61	15,6	1,659574	1,159574	2		8,9		2	8,9	0,9	1,17	7,18146	12,43865	14,36292	55	0,37	0,67	0,462663	25,77	0,00786
7400	18,02	16,01	1,703191	1,203191	2		9,31		2	9,31	1,0	1,18	7,494416	12,98071	14,98883	54	0,35	0,55	0,379838	20,27	0,00618
7500	21,7	19,69	2,094681	1,594681	4		10,99		4	10,99	1,2	1,11	9,173928	15,88971	18,34786	53	0,28	0,48	0,330378	14,41	0,00439
7580	23,39	21,38	2,274468	1,774468	3		13,68		3	13,68	1,5	1,17	10,69801	18,5295	21,39602	51	0,18	0,38	0,265102	9,91	0,00302
7600	21,79	19,78	2,104255	1,604255	3		12,08		3	12,08	1,3	1,16	9,641456	16,69949	19,28291	52	0,24	0,44	0,302185		0,00000
7700	30,95	28,94	3,078723	2,578723	4		20,24		4	20,24	2,2	1,18	15,42826	26,72254	30,85653	47	0,10	0,10	0,069398		0,00000
7710	31,6	29,59	3,147872	2,647872	4		20,89		4	20,89	2,2	1,19	15,96123	27,64566	31,92246	47	0,10	0,10	0,069398	1,74	0,00053
7800	37,7	35,69	3,796809	3,296809	3,5		27,49		3,5	27,49	2,9	1,22	20,23346	35,04537	40,46691	45	0,10	0,10	0,069398	1,37	0,00042
7900	39,17	37,16	3,953191	3,453191	5		27,46		5	27,46	2,9	1,19	20,64555	35,75914	41,2911	45	0,10	0,10	0,069398	1,34	0,00041
8000	33,32	31,31	3,330851	2,830851	3,5		23,11		3,5	23,11	2,5	1,21	17,31171	29,98476	34,62342	46	0,10	0,10	0,069398	1,60	0,00049
8100	26,86	24,85	2,643617	2,143617	2		18,15		2	18,15	1,9	1,23	13,46604	23,32387	26,93208	48	0,10	0,10	0,069398	2,06	0,00063
8200	22,65	20,64	2,195745	1,695745	1		14,94		1	14,94	1,6	1,26	11,03609	19,11507	22,07218	49	0,14	0,24	0,169437	6,14	0,00187
8300	18,52	16,51	1,756383	1,256383		1	10,81		1	10,81	1,2	1,24	8,197888	14,19916	16,39578	52	0,28	0,48	0,335302	16,36	0,00499



1.2. EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS EN EDIFICIOS A COTA DE CIMENTACIÓN

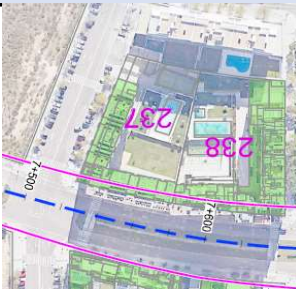
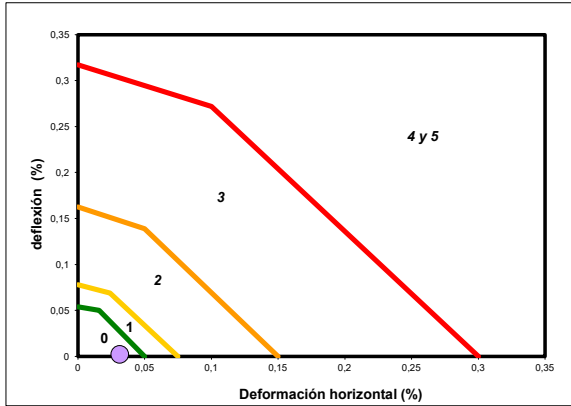
intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS												SECCIÓN								
														PK 5+720 edificio 262 Av Secundino Zuazo 15								
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes.						Cubeta de asientos en profundidad						Cubeta de asientos en profundidad zona edificio						PLANO DE PLANTA DE SECCIÓN ANALIZADA	
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)								
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	18 m	1	0	19,13	0,00	0,122	-1,056	1	20,000	1,48	1,64	0,349	-0,032								
Ht/D		1,91	2	1	19,00	1,06	0,362	-1,016	2	20,769	1,21	1,39	0,295	-0,029								
Perfil geológico			3	2	18,64	2,07	0,587	-0,938	3	21,538	0,98	1,17	0,248	-0,025								
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	1,00 m	4	3	18,05	3,01	0,791	-0,827	4	22,308	0,79	0,98	0,206	-0,022								
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	12,30 m	5	4	17,26	3,84	0,967	-0,690	5	23,077	0,63	0,81	0,169	-0,019								
Hp/D		1,31	6	5	16,30	4,53	1,108	-0,536	6	23,846	0,50	0,66	0,138	-0,016								
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE			7	6	15,19	5,06	1,213	-0,372	7	24,615	0,39	0,54	0,112	-0,014								
Punto de Inflexión i			8	7	13,97	5,43	1,280	-0,207	8	25,385	0,31	0,44	0,090	-0,011								
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	12,69	5,64	1,309	-0,051	9	26,154	0,24	0,35	0,072	-0,009								
η			10	9	11,38	5,69	1,304	0,092	10	26,923	0,18	0,28	0,057	-0,008								
i			11	10	10,08	5,60	1,268	0,215	11	27,692	0,14	0,22	0,044	-0,006								
Punto de inflexión			12	11	8,81	5,39	1,207	0,315	12	28,462	0,11	0,17	0,034	-0,005								
i=η·D·(0,52· $\frac{H}{D}$ -0,21)			13	12	7,61	5,07	1,125	0,390	13	29,231	0,08	0,13	0,026	-0,004								
Volumen de Asientos			14	13	6,48	4,68	1,029	0,440	14	30,000	0,06	0,10	0,020	-0,003								
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	5,45	4,24	0,924	0,467	15	30,769	0,04	0,08	0,015	-0,002								
Criterio			16	15	4,53	3,77	0,815	0,473	16	31,538	0,03	0,06	0,011	-0,002								
V _L %	Pérdida de suelo	0,428 %	17	16	3,71	3,30	0,707	0,462	17	32,308	0,02	0,04	0,009	-0,001								
V _S	Volumen de asientos	0,297 m³/m	18	17	3,00	2,84	0,603	0,436	18	33,077	0,02	0,03	0,006	-0,001								
Asiento Máximo			19	18	2,40	2,40	0,507	0,401	19	33,846	0,01	0,02	0,005	-0,001								
S _{vmax} = $\frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}$ (m)			20	19	1,89	2,00	0,419	0,360	20	34,615	0,01	0,02	0,003	-0,001								
D.A. _{Máx} = 1 / 764			21	20	1,48	1,64	0,341	0,316	21	35,385	0,01	0,01	0,002	0,000								
D.H.U= 0,047 %			22	21	1,14	1,32	0,273	0,271	22	36,154	0,00	0,01	0,002	0,000								
(Distorsión angular máxima)			23	22	0,86	1,05	0,216	0,228	23	36,923	0,00	0,01	0,001	0,000								
Desplazamiento Horizontal Máximo			24	23	0,65	0,83	0,168	0,188	24	37,692	0,00	0,00	0,001	0,000								
O'Reilly & New, 1982			25	24	0,48	0,64	0,129	0,152	25	38,462	0,00	0,00	0,001	0,000								
SH _{max} = $\frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{máx}$ (m)			26	25	0,35	0,49	0,097	0,121	26	39,231	0,00	0,00	0,000	0,000								
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD			27	26	0,25	0,36	0,073	0,095	27	40,000	0,00	0,00	0,000	0,000								
Prof cimentación (m)			28	27	0,18	0,27	0,053	0,073	28	40,769	0,00	0,00	0,000	0,000								
δZ _{máx} = 0,019125 m			29	28	0,13	0,20	0,039	0,055	29	41,538	0,00	0,00	0,000	0,000								
(a nivel de cimentación)			30	29	0,09	0,14	0,028	0,041	30	42,308	0,00	0,00	0,000	0,000								
iz= 8,836024 m			31	30	0,06	0,10	0,019	0,030	31	43,077	0,00	0,00	0,000	0,000								
(a nivel de cimentación)			32	31	0,04	0,07	0,013	0,022	32	43,846	0,00	0,00	0,000	0,000								
Daños en edificio (Burland)			33	32	0,03	0,05	0,009	0,015	33	44,615	0,00	0,00	0,000	0,000								
Distancia mínima edificación al eje (m):			34	33	0,02	0,03	0,006	0,011	34	45,385	0,00	0,00	0,000	0,000								
Distancia máxima edificación al eje (m):			35	34	0,01	0,02	0,004	0,007	35	46,154	0,00	0,00	0,000	0,000								
PUNTO			36	35	0,01	0,01	0,003	0,005	36	46,923	0,00	0,00	0,000	0,000								
x (m)			37	36	0,00	0,01	0,002	0,003	37	47,692	0,00	0,00	0,000	0,000								
δ _y (mm)			38	37	0,00	0,01	0,001	0,002	38	48,462	0,00	0,00	0,000	0,000								
δ _x (mm)			39	38	0,00	0,00	0,001	0,001	39	49,231	0,00	0,00	0,000	0,000								
D.A.			40	39	0,00	0,00	0,000	0,001	40	50,000	0,00	0,00	0,000	0,000								
D.H.			41	40	0,00	0,00	0,000	0,001	41	50,769	0,00	0,00	0,000	0,000								
Deflexión (Δ) mm:			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000	42	51,538	0,00	0,00	0,000	0,000								
Luz de cálculo (m) :			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000	43	52,308	0,00	0,00	0,000	0,000								
Deflexión Δ / L (%):			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000	44	53,077	0,00	0,00	0,000	0,000								
Deformación horizontal máx. en edificio (%)			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000	45	53,846	0,00	0,00	0,000	0,000								
0,032			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000	46	54,615	0,00	0,00	0,000	0,000								
CATEGORÍA DE DAÑO:		0-Inapreciables																				
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000	43	52,308	0,00	0,00	0,000	0,000								
Asiento admisible			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000	44	53,077	0,00	0,00	0,000	0,000								
Distorsión angular			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000	45	53,846	0,00	0,00	0,000	0,000								
Deformación horizontal			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000	46	54,615	0,00	0,00	0,000	0,000								

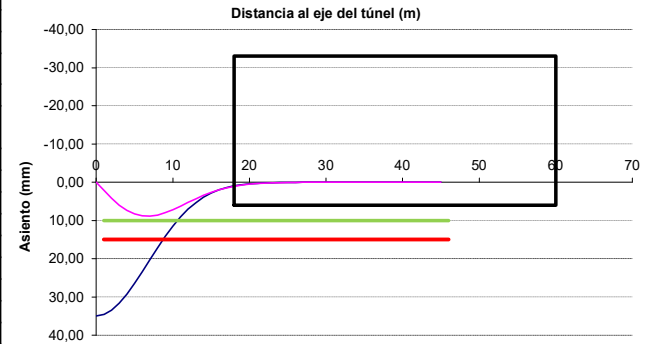


Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas				Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes.				Cubeta de asientos en profundidad						Cubeta de asientos en profundidad zona edificio						PLANO DE PLANTA DE SECCIÓN ANALIZADA	
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)						
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		16,6 m	1	0	43,89	0,00	0,496	-2,614	1	18,000	1,11	1,20	0,272	-0,028						
Ht/D			1,77	2	1	43,40	2,61	1,454	-2,439	2	20,974	0,30	0,37	0,078	-0,009						
Perfil geológico				3	2	41,94	5,05	2,315	-2,108	3	23,949	0,07	0,09	0,018	-0,003						
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		4,00 m	4	3	39,63	7,16	3,028	-1,657	4	26,923	0,01	0,02	0,003	-0,001						
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		7,90 m	5	4	36,60	8,82	3,556	-1,134	5	29,897	0,00	0,00	0,001	0,000						
Hp/D			0,84	6	5	33,04	9,95	3,881	-0,588	6	32,872	0,00	0,00	0,000	0,000						
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE				7	6	29,16	10,54	4,003	-0,069	7	35,846	0,00	0,00	0,000	0,000						
Punto de Inflexión i				Oteo y Sagaseta (1974)		8	7	25,16	10,61	3,941	0,384	8	38,821	0,00	0,00	0,000	0,000				
Tipo de Terreno en frente de Túnel				Terciario Inalterado		9	8	21,22	10,23	3,725	0,742	9	41,795	0,00	0,00	0,000	0,000				
η				1,06		10	9	17,49	9,48	3,395	0,992	10	44,769	0,00	0,00	0,000	0,000				
i	Punto de inflexión		$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	7,06 m		11	10	14,10	8,49	2,991	1,133	11	47,744	0,00	0,00	0,000	0,000				
Volumen de Asientos				Ley de variación de Vs en función de Hp/D		12	11	11,11	7,36	2,553	1,177	12	50,718	0,00	0,00	0,000	0,000				
Criterio				Global		13	12	8,55	6,18	2,114	1,140	13	53,692	0,00	0,00	0,000	0,000				
V _L %	Pérdida de suelo		0,718 %	14	13	6,44	5,04	1,700	1,046	14	56,667	0,00	0,00	0,000	0,000						
V _S	Volumen de asientos		0,498 m³/m	15	14	4,74	4,00	1,330	0,916	15	59,641	0,00	0,00	0,000	0,000						
Asiento Máximo						16	15	3,41	3,08	1,012	0,770	16	62,615	0,00	0,00	0,000	0,000				
Sv _{max}	$S_{vmax} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}$ (m)		0,02816 m	17	16	2,40	2,31	0,749	0,623	17	65,590	0,00	0,00	0,000	0,000						
D.A. _{Máx}	1 / 250		(Distorsión angular máxima)	18	17	1,65	1,69	0,540	0,487	18	68,564	0,00	0,00	0,000	0,000						
D.H.U=	0,118 %		(deformación horizontal)	19	18	1,11	1,20	0,380	0,368	19	71,538	0,00	0,00	0,000	0,000						
Desplazamiento Horizontal Máximo				O'Reilly & New, 1982		20	19	0,73	0,83	0,260	0,270	20	74,513	0,00	0,00	0,000	0,000				
SH _{max}	$S_{hmax} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{vmax}$ (m)		0,00730 m	21	20	0,47	0,56	0,174	0,192	21	77,487	0,00	0,00	0,000	0,000						
				22	21	0,29	0,37	0,113	0,132	22	80,462	0,00	0,00	0,000	0,000						
				23	22	0,18	0,24	0,072	0,089	23	83,436	0,00	0,00	0,000	0,000						
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD						24	23	0,11	0,15	0,045	0,058	24	86,410	0,00	0,00	0,000	0,000				
Prof cimentación (m)				9		25	24	0,06	0,09	0,027	0,037	25	89,385	0,00	0,00	0,000	0,000				
δZ _{max}	0,043891 m		(a nivel de cimentación)	26	25	0,04	0,05	0,016	0,023	26	92,359	0,00	0,00	0,000	0,000						
iz=	6,634945 m		(a nivel de cimentación)	27	26	0,02	0,03	0,009	0,014	27	95,333	0,00	0,00	0,000	0,000						
Daños en edificio (Burland)						28	27	0,01	0,02	0,005	0,008	28	98,308	0,00	0,00	0,000	0,000				
Distancia mínima edificación al eje (m):				18		29	28	0,01	0,01	0,003	0,005	29	101,282	0,00	0,00	0,000	0,000				
Distancia máxima edificación al eje (m):				134		30	29	0,00	0,01	0,002	0,003	30	104,256	0,00	0,00	0,000	0,000				
						31	30	0,00	0,00	0,001	0,001	31	107,231	0,00	0,00	0,000	0,000				
PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H.	32	31	0,00	0,00	0,000	0,001	32	110,205	0,00	0,00	0,000	0,000				
A	18	1,11	1,20	0,010	0,010	33	32	0,00	0,00	0,000	0,000	33	113,179	0,00	0,00	0,000	0,000				
B	134	0,00	0,00			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000	34	116,154	0,00	0,00	0,000	0,000				
Deflexión (Δ) mm:				1,10714		35	34	0,00	0,00	0,000	0,000	35	119,128	0,00	0,00	0,000	0,000				
Luz de cálculo (m) :				116		36	35	0,00	0,00	0,000	0,000	36	122,103	0,00	0,00	0,000	0,000				
Deflexión Δ / L (%):				0,001		37	36	0,00	0,00	0,000	0,000	37	125,077	0,00	0,00	0,000	0,000				
Deformación horizontal máx. en edificio (%)				0,028		38	37	0,00	0,00	0,000	0,000	38	128,051	0,00	0,00	0,000	0,000				
						39	38	0,00	0,00	0,000	0,000	39	131,026	0,00	0,00	0,000	0,000				
CATEGORÍA DE DAÑO:				0-Inapreciables		40	39	0,00	0,00	0,000	0,000	40	134,000	0,00	0,00	0,000	0,000				
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES						41	40	0,00	0,00	0,000	0,000	41	136,974	0,00	0,00	0,000	0,000				
Asiento admisible						42	41	0,00	0,00	0,000	0,000	42	139,949	0,00	0,00	0,000	0,000				
Distorsión angular						43	42	0,00	0,00	0,000	0,000	43	142,923	0,00	0,00	0,000	0,000				
Deformación horizontal						44	43	0,00	0,00	0,000	0,000	44	145,897	0,00	0,00	0,000	0,000				
						45	44	0,00	0,00	0,000	0,000	45	148,872	0,00	0,00	0,000	0,000				
						46	45	0,00	0,00	0,000	0,000	46	151,846	0,00	0,00	0,000	0,000				

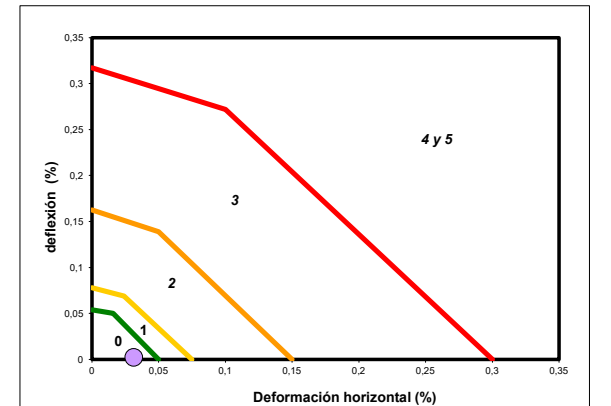
El gráfico muestra la relación entre la deflexión y la deformación horizontal para tres tipos de juntas. La zona superior derecha del gráfico está etiquetada como '4 y 5'.

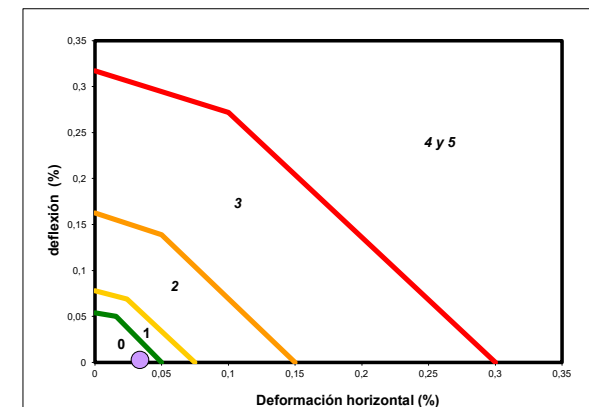
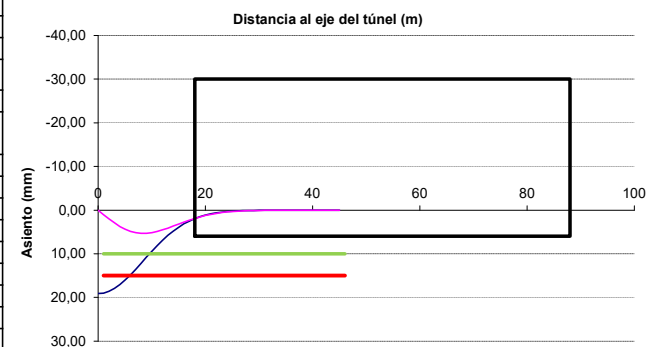
Deflexión (%)	Deformación horizontal (%) - Tipo 0 (verde)	Deformación horizontal (%) - Tipo 1 (amarillo)	Deformación horizontal (%) - Tipo 3 (naranja)
0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,02	0,04	0,10
0,10	0,03	0,07	0,15
0,15	0,04	0,10	0,20
0,20	0,05	0,13	0,25
0,25	0,06	0,16	0,30
0,30	0,07	0,19	0,35
0,35	0,08	0,22	0,40

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Edificios cimentados superficialmente, sin daños aparentes.			Cubeta de asientos en profundidad						Cubeta de asientos en profundidad zona edificio						PLANO DE PLANTA DE SECCIÓN ANALIZADA	
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)					
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	16 m	1	0	35,02	0,00	0,389	-2,164	1	18,000	0,94	1,06	0,314	-0,032					
Ht/D		1,70	2	1	34,63	2,16	1,141	-2,022	2	19,077	0,60	0,72	0,210	-0,023					
Perfil geológico			3	2	33,49	4,19	1,819	-1,752	3	20,154	0,38	0,47	0,137	-0,016					
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	31,67	5,94	2,382	-1,384	4	21,231	0,23	0,30	0,086	-0,011					
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	8,30 m	5	4	29,29	7,32	2,801	-0,955	5	22,308	0,14	0,19	0,053	-0,007					
Hp/D		0,88	6	5	26,49	8,28	3,062	-0,507	6	23,385	0,08	0,11	0,032	-0,004					
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE			7	6	23,42	8,78	3,166	-0,079	7	24,462	0,04	0,07	0,018	-0,003					
Punto de Inflexión i			8	7	20,26	8,86	3,125	0,296	8	25,538	0,02	0,04	0,010	-0,002					
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	17,13	8,57	2,963	0,596	9	26,615	0,01	0,02	0,006	-0,001					
η			10	9	14,17	7,97	2,709	0,808	10	27,692	0,01	0,01	0,003	-0,001					
i			11	10	11,46	7,16	2,396	0,931	11	28,769	0,00	0,01	0,002	0,000					
Punto de inflexión $i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$			12	11	9,06	6,23	2,054	0,974	12	29,846	0,00	0,00	0,001	0,000					
			13	12	7,01	5,26	1,708	0,950	13	30,923	0,00	0,00	0,000	0,000					
Volumen de Asientos			14	13	5,30	4,31	1,381	0,877	14	32,000	0,00	0,00	0,000	0,000					
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	3,92	3,43	1,085	0,772	15	33,077	0,00	0,00	0,000	0,000					
Criterio			16	15	2,84	2,66	0,830	0,653	16	34,154	0,00	0,00	0,000	0,000					
V _L %	Pérdida de suelo	0,697 %	17	16	2,01	2,01	0,619	0,532	17	35,231	0,00	0,00	0,000	0,000					
V _S	Volumen de asientos	0,483 m³/m	18	17	1,39	1,47	0,449	0,419	18	36,308	0,00	0,00	0,000	0,000					
Asiento Máximo			19	18	0,94	1,06	0,318	0,319	19	37,385	0,00	0,00	0,000	0,000					
$S_{vmax} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$			20	19	0,62	0,74	0,219	0,235	20	38,462	0,00	0,00	0,000	0,000					
D.A. _{Máx} = 1 / 316			21	20	0,40	0,50	0,148	0,169	21	39,538	0,00	0,00	0,000	0,000					
D.H.U= 0,097 %			22	21	0,25	0,33	0,097	0,117	22	40,615	0,00	0,00	0,000	0,000					
(Distorsión angular máxima)			23	22	0,16	0,22	0,062	0,079	23	41,692	0,00	0,00	0,000	0,000					
(deformación horizontal)			24	23	0,10	0,14	0,039	0,052	24	42,769	0,00	0,00	0,000	0,000					
Desplazamiento Horizontal Máximo			25	24	0,06	0,08	0,024	0,034	25	43,846	0,00	0,00	0,000	0,000					
O'Reilly & New, 1982			26	25	0,03	0,05	0,014	0,021	26	44,923	0,00	0,00	0,000	0,000					
SH _{max} $S_{hmax} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{max} \text{ , (m)}$			27	26	0,02	0,03	0,008	0,013	27	46,000	0,00	0,00	0,000	0,000					
0,00735 m			28	27	0,01	0,02	0,005	0,008	28	47,077	0,00	0,00	0,000	0,000					
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD			29	28	0,01	0,01	0,003	0,004	29	48,154	0,00	0,00	0,000	0,000					
Prof cimentación (m)			30	29	0,00	0,01	0,001	0,002	30	49,231	0,00	0,00	0,000	0,000					
δZ _{máx} = 0,035017 m			31	30	0,00	0,00	0,001	0,001	31	50,308	0,00	0,00	0,000	0,000					
(a nivel de cimentación)			32	31	0,00	0,00	0,000	0,001	32	51,385	0,00	0,00	0,000	0,000					
iz= 6,690745 m			33	32	0,00	0,00	0,000	0,000	33	52,462	0,00	0,00	0,000	0,000					
(a nivel de cimentación)			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000	34	53,538	0,00	0,00	0,000	0,000					
Daños en edificio (Burland)			35	34	0,00	0,00	0,000	0,000	35	54,615	0,00	0,00	0,000	0,000					
Distancia mínima edificación al eje (m):			36	35	0,00	0,00	0,000	0,000	36	55,692	0,00	0,00	0,000	0,000					
Distancia máxima edificación al eje (m):			37	36	0,00	0,00	0,000	0,000	37	56,769	0,00	0,00	0,000	0,000					
PUNTO			38	37	0,00	0,00	0,000	0,000	38	57,846	0,00	0,00	0,000	0,000					
x (m)			39	38	0,00	0,00	0,000	0,000	39	58,923	0,00	0,00	0,000	0,000					
δ _y (mm)			40	39	0,00	0,00	0,000	0,000	40	60,000	0,00	0,00	0,000	0,000					
δ _x (mm)			41	40	0,00	0,00	0,000	0,000	41	61,077	0,00	0,00	0,000	0,000					
D.A.			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000	42	62,154	0,00	0,00	0,000	0,000					
D.H.			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000	43	63,231	0,00	0,00	0,000	0,000					
			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000	44	64,308	0,00	0,00	0,000	0,000					
			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000	45	65,385	0,00	0,00	0,000	0,000					
			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000	46	66,462	0,00	0,00	0,000	0,000					
Deflexión (Δ) mm:																			
Luz de cálculo (m) :																			
Deflexión Δ / L (%):																			
Deformación horizontal máx. en edificio (%):																			
CATEGORÍA DE DAÑO:			0-Inapreciables																
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES																			
Asiento admisible																			
Distorsión angular																			
Deformación horizontal																			



— dy (mm) — dx (mm) — Umbral verde-ambar — Umbral ambar-rojo

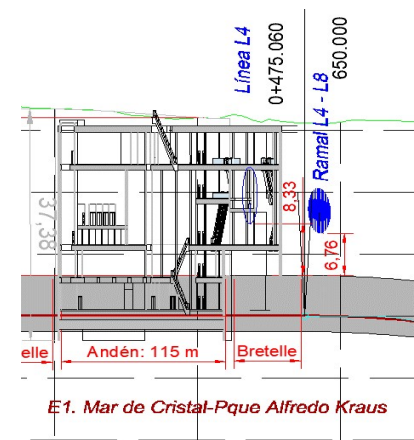




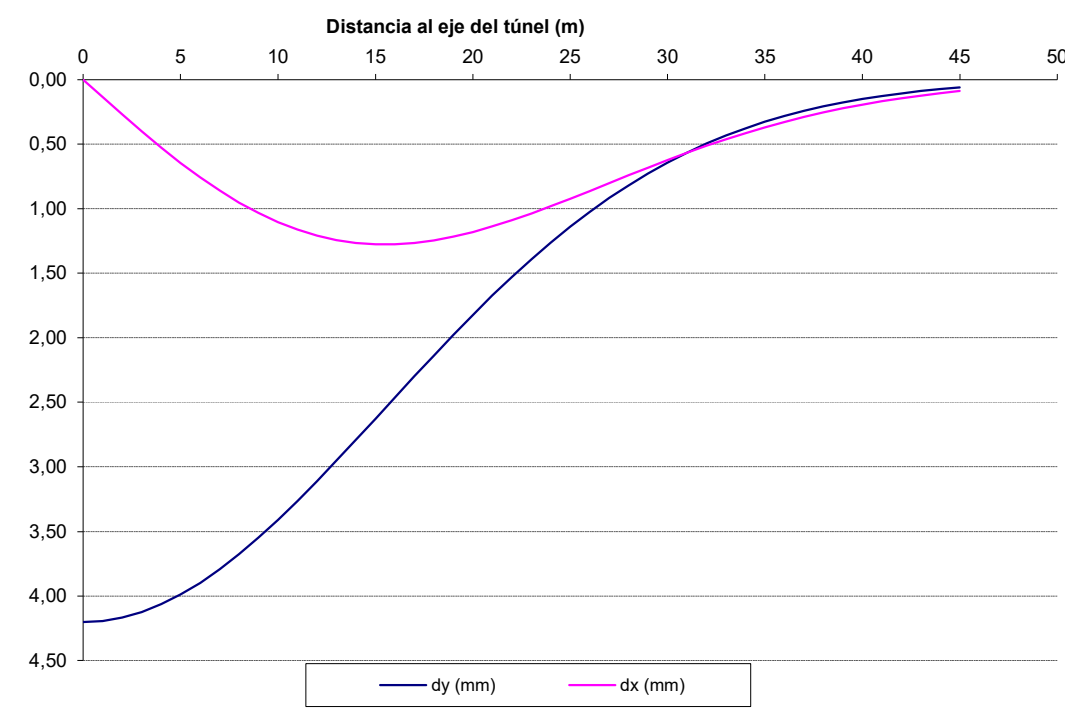
1.3. EVALUACIÓN DE MOVIMIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES

intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCION RAMAL L4-L8 0+480		
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)				
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m		PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		29,4 m		1	0	3,57	0,00	0,008	-0,121
Ht/D			3,13		2	1	3,57	0,12	0,024	-0,120
Perfil geológico					3	2	3,54	0,24	0,039	-0,116
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		5,00 m		4	3	3,50	0,36	0,054	-0,112
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		19,70 m		5	4	3,45	0,47	0,069	-0,106
Hp/D			2,10		6	5	3,38	0,57	0,082	-0,098
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE					7	6	3,30	0,67	0,095	-0,090
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)		8	7	3,20	0,76	0,106	-0,080
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado		9	8	3,10	0,84	0,116	-0,070
η			1,16		10	9	2,98	0,91	0,124	-0,059
i			$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \cdot \frac{H}{D}-0,21\right)$		11	10	2,86	0,97	0,131	-0,048
			15,44 m		12	11	2,73	1,02	0,137	-0,037
					13	12	2,59	1,06	0,141	-0,026
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D		14	13	2,45	1,08	0,144	-0,015
Criterio			Global		15	14	2,31	1,10	0,145	-0,004
V _L %	Pérdida de suelo		0,100 %		16	15	2,16	1,10	0,145	0,005
V _S	Volumen de asientos		0,069 m³/m		17	16	2,02	1,10	0,144	0,014
Asiento Máximo					18	17	1,87	1,08	0,141	0,023
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x}=\frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} , (m)$		0,00179 m		19	18	1,73	1,06	0,138	0,030
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982		20	19	1,59	1,03	0,133	0,036
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x}=\frac{i}{Z_0} \cdot s_v=\frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x} , (m)$		0,00057 m		21	20	1,46	0,99	0,128	0,042
					22	21	1,33	0,95	0,122	0,046
					23	22	1,21	0,91	0,116	0,050
					24	23	1,09	0,86	0,109	0,052
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD					25	24	0,98	0,80	0,102	0,053
Prof solera estructura o túnel (m)			17		26	25	0,88	0,75	0,095	0,054
δZ _{máx} =	3,574764045 mm		(a nivel de solera)		27	26	0,79	0,70	0,088	0,054
iz=	14,94570628 m		(a nivel de solera)		28	27	0,70	0,64	0,081	0,053
D.A _{·Máx} =	1 / 6902		(Distorsión angular máxima)		29	28	0,62	0,59	0,074	0,052
D.H.U=	0,005 %		(deformación horizontal)		30	29	0,54	0,54	0,067	0,050
					31	30	0,48	0,49	0,061	0,048
					32	31	0,42	0,44	0,055	0,045
					33	32	0,36	0,39	0,049	0,043
					34	33	0,31	0,35	0,043	0,040
					35	34	0,27	0,31	0,038	0,037
					36	35	0,23	0,27	0,034	0,034
					37	36	0,20	0,24	0,030	0,031
					38	37	0,17	0,21	0,026	0,028
					39	38	0,14	0,18	0,022	0,025
					40	39	0,12	0,16	0,019	0,022
					41	40	0,10	0,14	0,017	0,020
					42	41	0,08	0,12	0,014	0,017
					43	42	0,07	0,10	0,012	0,015
					44	43	0,06	0,08	0,010	0,013
					45	44	0,05	0,07	0,008	0,011
					46	45	0,04	0,06	0,038	0,059

ALTERNATIVA 1.



Distancia al eje del túnel (m)



CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 1.

0+584.290
648.192
0+631.157
646.641
0+723.887
644.874
0+777.805
644.000

Línea L8
Línea L8

5.58
7.22
Desv

-33.1‰
-5.0‰

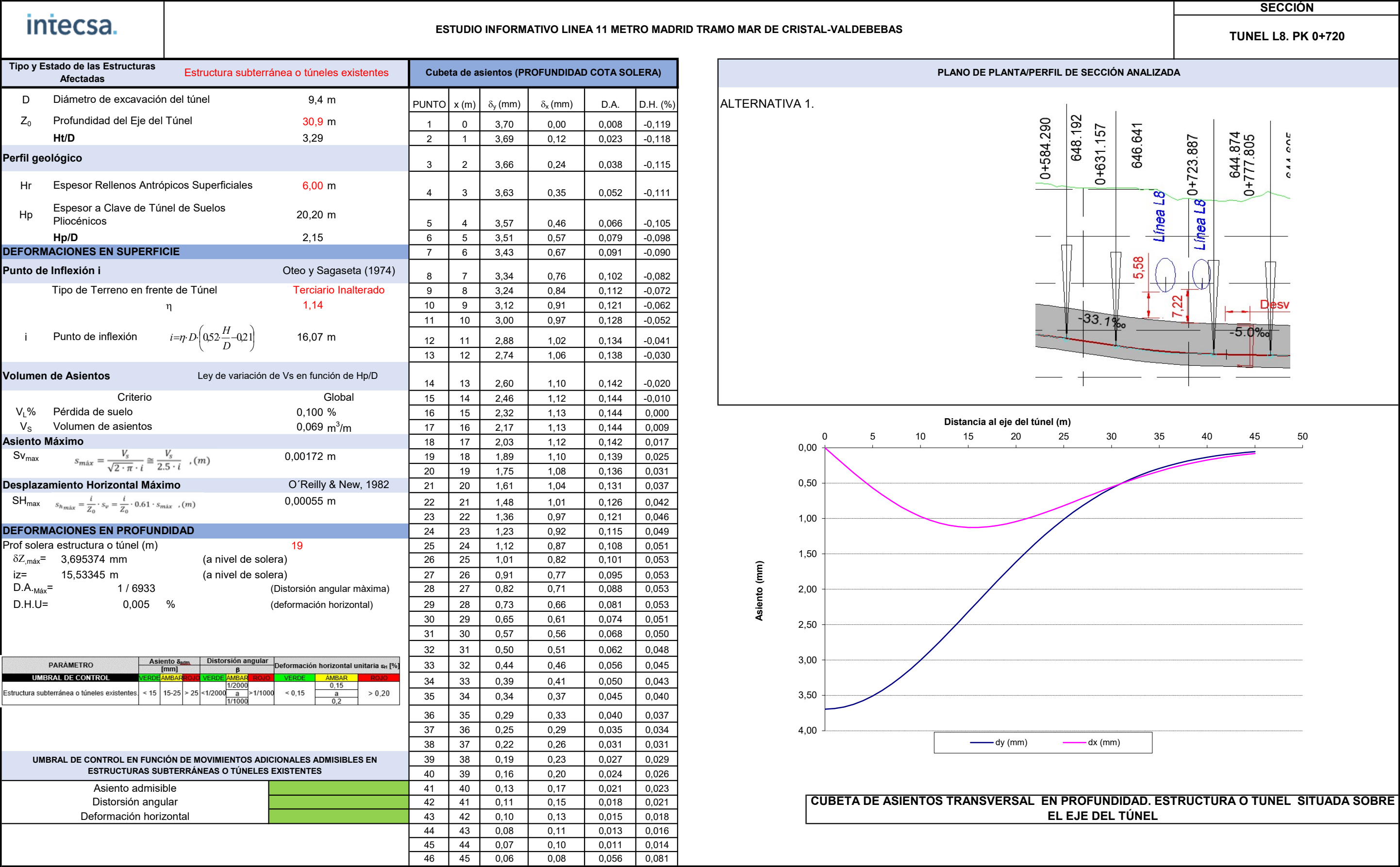
Distancia al eje del túnel (m)

Asiento (mm)

dy (mm)
dx (mm)

Distancia al eje del túnel (m)	dy (mm)	dx (mm)
0	4.25	0.00
5	3.80	0.50
10	3.00	1.00
15	1.25	1.25
20	1.50	1.00
25	1.80	0.75
30	2.00	0.50
35	2.10	0.30
40	2.15	0.15
45	2.18	0.10
50	2.20	0.10

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL



intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCION		
								TÚNEL L8. PK 1+120		
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes		Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m		PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		33 m		1	0	3,32	0,00	0,005	-0,101
Ht/D			3,51		2	1	3,32	0,10	0,015	-0,100
Perfil geológico					3	2	3,30	0,20	0,024	-0,098
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		2,00 m		4	3	3,28	0,30	0,034	-0,095
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		26,30 m		5	4	3,25	0,39	0,043	-0,092
Hp/D			2,80		6	5	3,20	0,49	0,052	-0,088
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE					7	6	3,15	0,57	0,060	-0,083
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)		8	7	3,09	0,66	0,068	-0,077
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado		9	8	3,03	0,73	0,075	-0,071
η			1,25		10	9	2,95	0,80	0,081	-0,065
					11	10	2,87	0,87	0,087	-0,058
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$		18,98 m	12	11	2,78	0,93	0,093	-0,051
					13	12	2,69	0,98	0,097	-0,043
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D		14	13	2,59	1,02	0,101	-0,036
Criterio			Global		15	14	2,49	1,06	0,104	-0,028
V _L %	Pérdida de suelo		0,100 %		16	15	2,39	1,08	0,107	-0,021
V _S	Volumen de asientos		0,069 m³/m		17	16	2,28	1,11	0,108	-0,013
Asiento Máximo					18	17	2,17	1,12	0,109	-0,006
SV _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} , (m)$		0,00146 m		19	18	2,06	1,12	0,109	0,001
Desplazamiento Horizontal Máximo					20	19	1,95	1,12	0,109	0,007
O'Reilly & New, 1982					21	20	1,84	1,12	0,108	0,013
SH _{max}	$S_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x} , (m)$		0,00051 m		22	21	1,74	1,10	0,107	0,018
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD					23	22	1,63	1,09	0,105	0,023
Prof solera estructura o túnel (m)			21,16		24	23	1,52	1,06	0,102	0,028
δZ _{máx} =	3,32436 mm		(a nivel de solera)		25	24	1,42	1,03	0,099	0,032
iz=	18,42123 m		(a nivel de solera)		26	25	1,32	1,00	0,096	0,035
D.A. _{Máx} =	1 / 9138		(Distorsión angular máxima)		27	26	1,23	0,97	0,092	0,038
D.H.U=	0,004 %		(deformación horizontal)		28	27	1,14	0,93	0,088	0,041
					29	28	1,05	0,89	0,084	0,042
					30	29	0,96	0,85	0,080	0,044
					31	30	0,88	0,80	0,076	0,045
					32	31	0,81	0,76	0,072	0,045
					33	32	0,74	0,71	0,067	0,045
					34	33	0,67	0,67	0,063	0,044
					35	34	0,61	0,62	0,059	0,044
					36	35	0,55	0,58	0,054	0,043
					37	36	0,49	0,54	0,050	0,041
					38	37	0,44	0,50	0,046	0,040
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES					39	38	0,40	0,46	0,042	0,038
					40	39	0,35	0,42	0,039	0,036
Asiento admisible					41	40	0,31	0,38	0,035	0,034
Distorsión angular					42	41	0,28	0,35	0,032	0,032
Deformación horizontal					43	42	0,25	0,31	0,029	0,030
					44	43	0,22	0,28	0,026	0,028
					45	44	0,19	0,26	0,024	0,026
					46	45	0,17	0,23	0,168	0,229

ALTERNATIVA 1.

Distancia al eje del túnel (m)

0,00
0,50
1,00
1,50
2,00
2,50
3,00
3,50

Asiento (mm)

— dy (mm)

— dx (mm)

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 1.

RAMAL L8 - L11. Eje 5.
Linea L8
Linea L9
1+165.629
641.177
6.33
6.85

Distancia al eje del túnel (m)

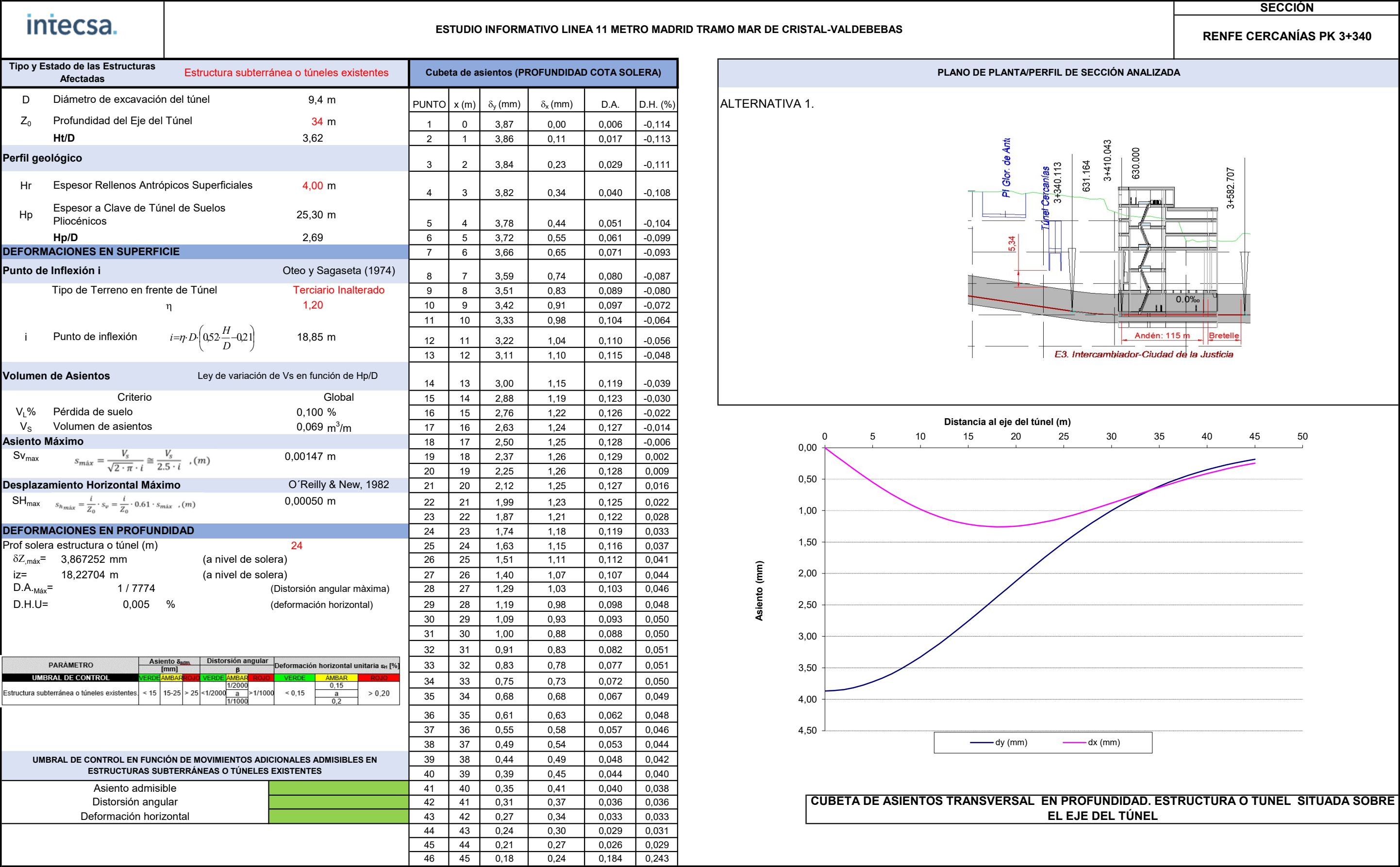
Asiento (mm)

dy (mm) dx (mm)

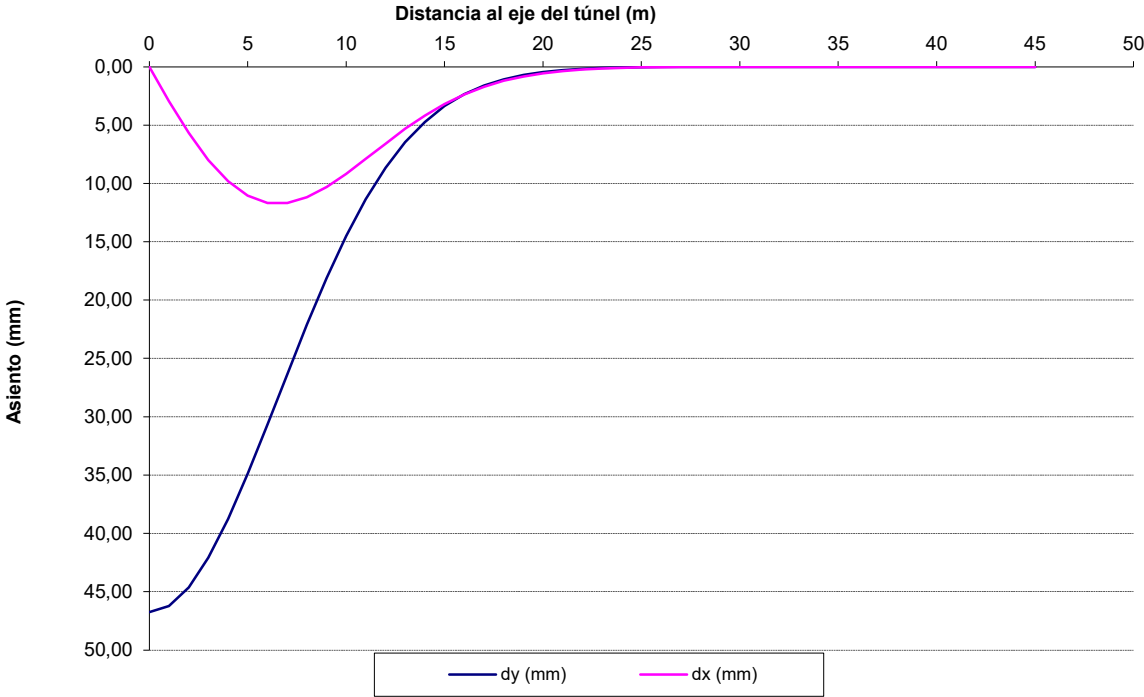
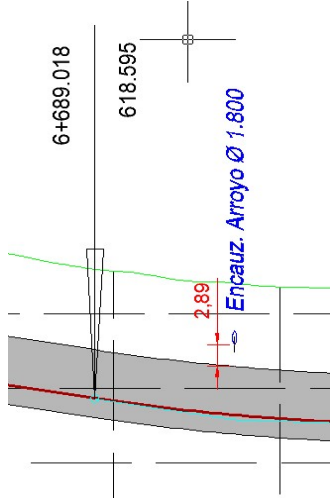
CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Distancia al eje del túnel (m)	dy (mm)	dx (mm)
0	3.6	0.0
5	3.4	0.5
10	3.0	1.0
15	2.5	1.2
20	2.0	1.1
25	1.5	0.9
30	1.0	0.7
35	0.6	0.5
40	0.4	0.3
45	0.3	0.2

intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS										SECCIÓN	
												CANAL YII. TUBERÍA DIAM. 1600. PK 1+560	
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas				Estructura subterránea o túneles existentes				Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)				
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		24 m	1	0	5,54	0,00	0,017	-0,230				
Ht/D			2,55	2	1	5,52	0,23	0,051	-0,226				
Perfil geológico				3	2	5,47	0,46	0,085	-0,217				
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		2,00 m	4	3	5,38	0,67	0,116	-0,205				
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		17,30 m	5	4	5,27	0,88	0,146	-0,189				
Hp/D			1,84	6	5	5,12	1,07	0,173	-0,170				
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE				7	6	4,95	1,24	0,197	-0,149				
Punto de Inflexión i				Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	4,75	1,39	0,217	-0,126	
Tipo de Terreno en frente de Túnel η				Terciario Inalterado 1,23		9	8	4,53	1,51	0,234	-0,101		
						10	9	4,30	1,61	0,248	-0,076		
						11	10	4,05	1,69	0,257	-0,051		
i	Punto de inflexión		$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D}-0,21\right)$		12	11	3,80	1,74	0,263	-0,027			
				13	12	3,53	1,77	0,265	-0,004				
Volumen de Asientos				Ley de variación de Vs en función de Hp/D			14	13	3,27	1,77	0,264	0,018	
Criterio				Global			15	14	3,00	1,75	0,260	0,037	
V _L %	Pérdida de suelo		0,190 %	16	15	2,74	1,71	0,253	0,054				
V _S	Volumen de asientos		0,132 m³/m	17	16	2,49	1,66	0,244	0,069				
Asiento Máximo				18	17	2,25	1,59	0,232	0,081				
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$		0,00407 m	19	18	2,01	1,51	0,220	0,090				
Desplazamiento Horizontal Máximo				O'Reilly & New, 1982			20	19	1,79	1,42	0,206	0,097	
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$		0,00134 m	21	20	1,59	1,32	0,191	0,101				
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD				22	21	1,40	1,22	0,176	0,103				
Prof solera estructura o túnel (m)				23	22	1,22	1,12	0,160	0,103				
δZ _{máx} =	5,536894 mm		(a nivel de solera)	24	23	1,06	1,02	0,145	0,101				
iz=	12,65757 m		(a nivel de solera)	25	24	0,92	0,92	0,130	0,097				
D.A. _{Máx} =	1 / 3772		(Distorsión angular máxima)	26	25	0,79	0,82	0,116	0,093				
D.H.U=	0,010 %		(deformación horizontal)	27	26	0,67	0,73	0,102	0,087				
				28	27	0,57	0,64	0,090	0,081				
				29	28	0,48	0,56	0,078	0,074				
				30	29	0,40	0,48	0,067	0,068				
				31	30	0,33	0,42	0,058	0,061				
				32	31	0,28	0,36	0,049	0,054				
				33	32	0,23	0,30	0,042	0,048				
				34	33	0,19	0,25	0,035	0,042				
				35	34	0,15	0,21	0,029	0,036				
				36	35	0,12	0,18	0,024	0,031				
				37	36	0,10	0,15	0,020	0,026				
				38	37	0,08	0,12	0,016	0,022				
				39	38	0,06	0,10	0,013	0,019				
				40	39	0,05	0,08	0,011	0,015				
				41	40	0,04	0,06	0,008	0,013				
				42	41	0,03	0,05	0,007	0,010				
				43	42	0,02	0,04	0,005	0,008				
				44	43	0,02	0,03	0,004	0,007				
				45	44	0,01	0,02	0,003	0,005				
				46	45	0,01	0,02	0,010	0,019				



ALTERNATIVA 1.

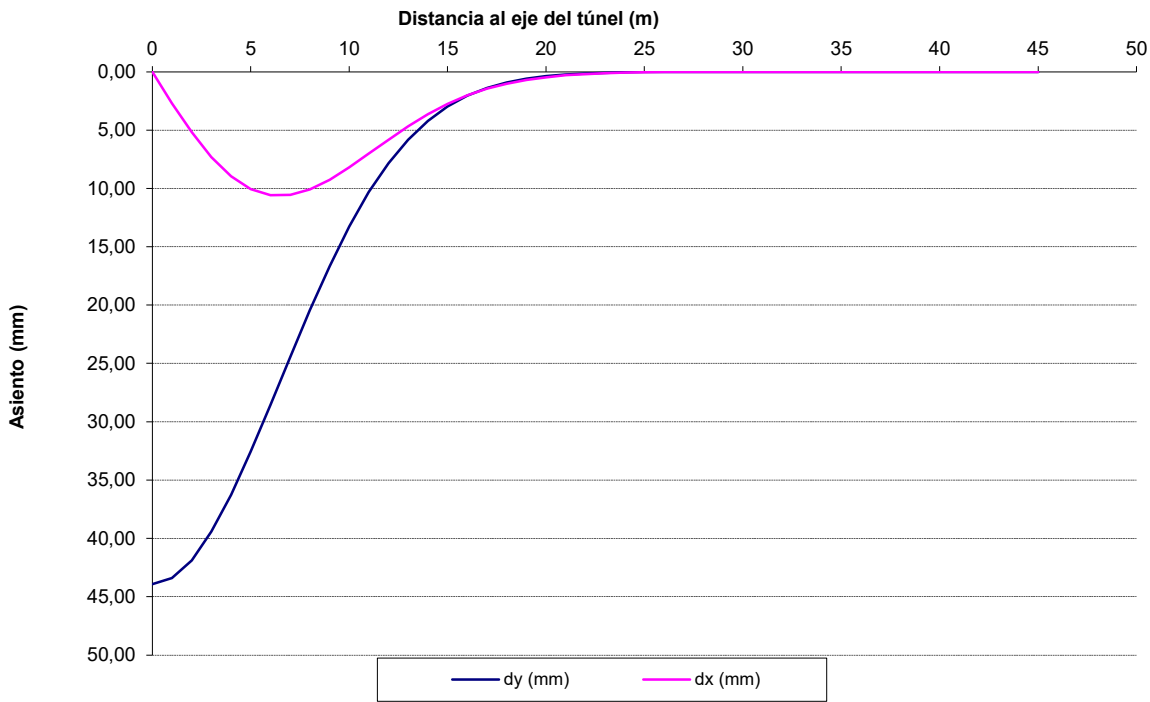
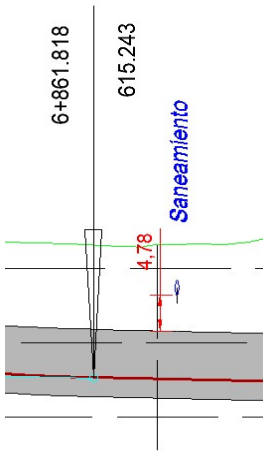


CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas				Estructura subterránea o túneles existentes		Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)		
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		16,2 m	1	0	43,92	0,00	0,523	-2,679		
Ht/D			1,72	2	1	43,40	2,68	1,531	-2,490		
Perfil geológico				3	2	41,86	5,17	2,433	-2,134		
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		4,00 m	4	3	39,43	7,30	3,171	-1,651		
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		7,50 m	5	4	36,26	8,95	3,705	-1,095		
Hp/D			0,80	6	5	32,56	10,05	4,018	-0,521		
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE				7	6	28,54	10,57	4,114	0,016		
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)	8	7	24,42	10,55	4,016	0,476		
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado	9	8	20,41	10,08	3,759	0,829		
η			1,05	10	9	16,65	9,25	3,388	1,064		
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D}-0,21\right)$		11	10	13,26	8,19	2,948	1,184		
				12	11	10,31	7,00	2,483	1,202		
				13	12	7,83	5,80	2,026	1,142		
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D	14	13	5,80	4,66	1,603	1,027		
Criterio			Global	15	14	4,20	3,63	1,232	0,882		
V _L %	Pérdida de suelo		0,740 %	16	15	2,97	2,75	0,920	0,726		
V _S	Volumen de asientos		0,514 m³/m	17	16	2,05	2,02	0,668	0,575		
Asiento Máximo				18	17	1,38	1,45	0,472	0,439		
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x}=\frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$		0,03026 m	19	18	0,91	1,01	0,325	0,325		
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982	20	19	0,58	0,68	0,217	0,232		
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x}=\frac{i}{Z_0} \cdot s_v=\frac{i}{Z_0} \cdot 0.61 \cdot s_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$		0,00772 m	21	20	0,36	0,45	0,142	0,161		
				22	21	0,22	0,29	0,090	0,108		
				23	22	0,13	0,18	0,056	0,071		
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD				24	23	0,08	0,11	0,034	0,045		
Prof solera estructura o túnel (m)			6,5	25	24	0,04	0,07	0,020	0,028		
δZ _{máx} =	43,91808 mm		(a nivel de solera)	26	25	0,02	0,04	0,011	0,017		
iz=	6,461495 m		(a nivel de solera)	27	26	0,01	0,02	0,006	0,010		
D.A. _{Máx} =	1 / 243		(Distorsión angular máxima)	28	27	0,01	0,01	0,003	0,005		
D.H.U=	0,120 %		(deformación horizontal)	29	28	0,00	0,01	0,002	0,003		
				30	29	0,00	0,00	0,001	0,002		
				31	30	0,00	0,00	0,000	0,001		
				32	31	0,00	0,00	0,000	0,000		
				33	32	0,00	0,00	0,000	0,000		
				34	33	0,00	0,00	0,000	0,000		
				35	34	0,00	0,00	0,000	0,000		
				36	35	0,00	0,00	0,000	0,000		
				37	36	0,00	0,00	0,000	0,000		
				38	37	0,00	0,00	0,000	0,000		
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES				39	38	0,00	0,00	0,000	0,000		
				40	39	0,00	0,00	0,000	0,000		
Asiento admisible				41	40	0,00	0,00	0,000	0,000		
Distorsión angular				42	41	0,00	0,00	0,000	0,000		
Deformación horizontal				43	42	0,00	0,00	0,000	0,000		
				44	43	0,00	0,00	0,000	0,000		
				45	44	0,00	0,00	0,000	0,000		
				46	45	0,00	0,00	0,000	0,000		

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

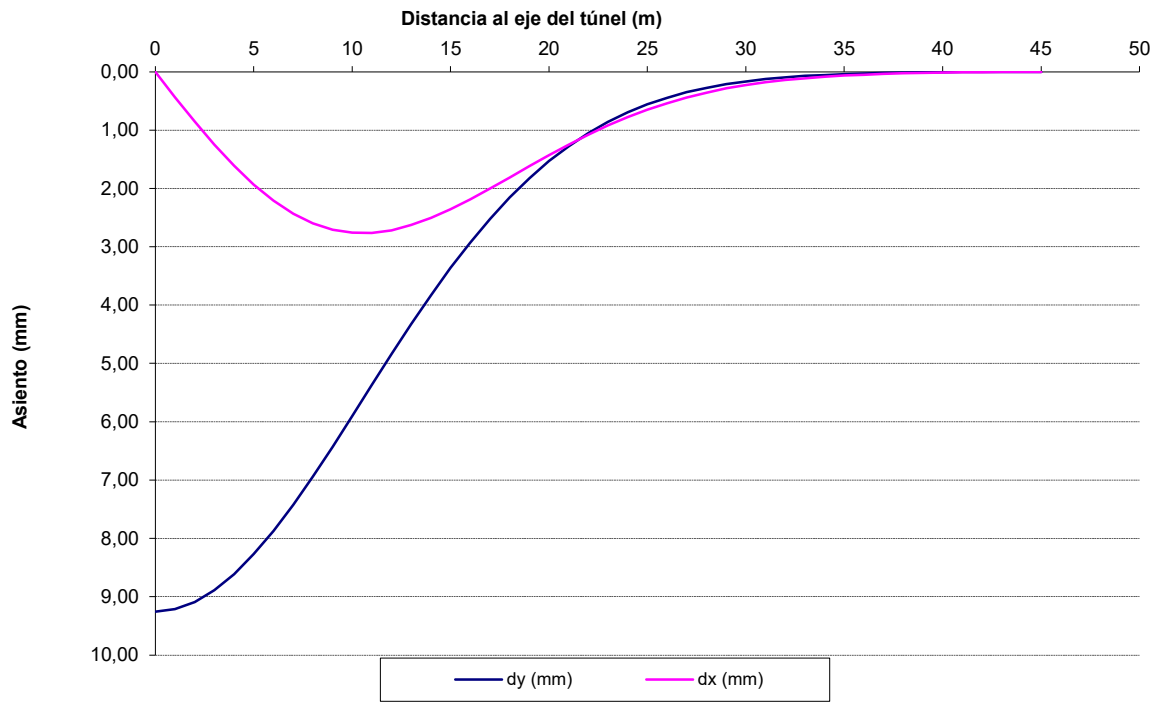
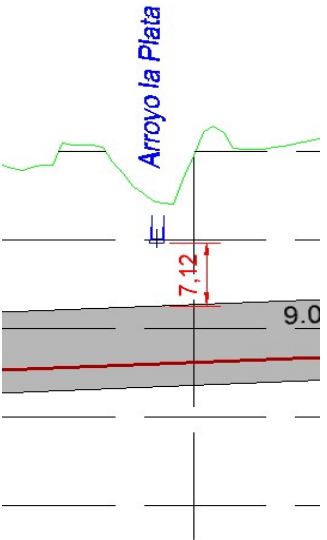
ALTERNATIVA 1.



CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes	Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		21,4 m	1	0	9,26	0,00	0,042	-0,431
Ht/D			2,28	2	1	9,21	0,43	0,124	-0,419
Perfil geológico				3	2	9,09	0,85	0,202	-0,396
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		0,00 m	4	3	8,89	1,25	0,276	-0,364
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		16,70 m	5	4	8,61	1,61	0,342	-0,323
Hp/D			1,78	6	5	8,27	1,93	0,400	-0,274
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE				7	6	7,87	2,21	0,447	-0,221
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)	8	7	7,42	2,43	0,485	-0,166
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado	9	8	6,94	2,59	0,511	-0,109
η			1,17	10	9	6,43	2,70	0,527	-0,054
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D}-0,21\right)$		11	10	5,90	2,76	0,532	-0,002
				12	11	5,37	2,76	0,528	0,045
				13	12	4,84	2,71	0,515	0,087
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D	14	13	4,32	2,63	0,495	0,122
Criterio			Global	15	14	3,83	2,51	0,469	0,150
V _L %	Pérdida de suelo		0,296 %	16	15	3,36	2,36	0,438	0,170
V _S	Volumen de asientos		0,206 m³/m	17	16	2,92	2,19	0,404	0,184
Asiento Máximo				18	17	2,52	2,00	0,367	0,191
Sv _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$		0,00766 m	19	18	2,15	1,81	0,330	0,193
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982	20	19	1,82	1,62	0,293	0,189
SH _{max}	$S_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$		0,00234 m	21	20	1,53	1,43	0,258	0,181
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD				22	21	1,27	1,25	0,224	0,171
Prof solera estructura o túnel (m)			4,5	23	22	1,05	1,08	0,192	0,157
δZ _{L,máx} =	9,255309 mm		(a nivel de solera)	24	23	0,85	0,92	0,163	0,143
iz=	10,53777 m		(a nivel de solera)	25	24	0,69	0,78	0,137	0,128
D.A. _{Máx} =	1 / 1879		(Distorsión angular máxima)	26	25	0,55	0,65	0,114	0,112
D.H.U=	0,019 %		(deformación horizontal)	27	26	0,44	0,54	0,094	0,098
				28	27	0,35	0,44	0,076	0,083
				29	28	0,27	0,35	0,061	0,071
				30	29	0,21	0,28	0,049	0,059
				31	30	0,16	0,23	0,039	0,048
				32	31	0,12	0,18	0,030	0,039
				33	32	0,09	0,14	0,023	0,032
				34	33	0,07	0,11	0,018	0,025
				35	34	0,05	0,08	0,014	0,020
				36	35	0,04	0,06	0,010	0,015
				37	36	0,03	0,05	0,008	0,012
				38	37	0,02	0,03	0,006	0,009
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES				39	38	0,01	0,02	0,004	0,007
				40	39	0,01	0,02	0,003	0,005
Asiento admisible				41	40	0,01	0,01	0,002	0,004
Distorsión angular				42	41	0,00	0,01	0,001	0,003
Deformación horizontal				43	42	0,00	0,01	0,001	0,002
				44	43	0,00	0,00	0,001	0,001
				45	44	0,00	0,00	0,001	0,001
				46	45	0,00	0,00	0,001	0,002

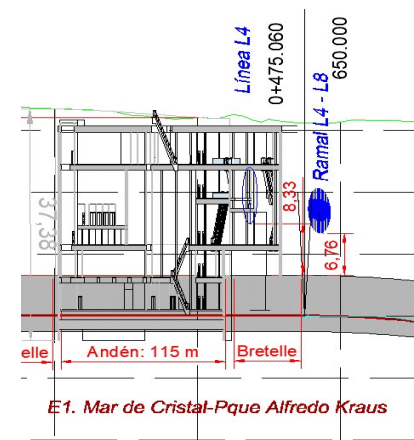
ALTERNATIVA 1.



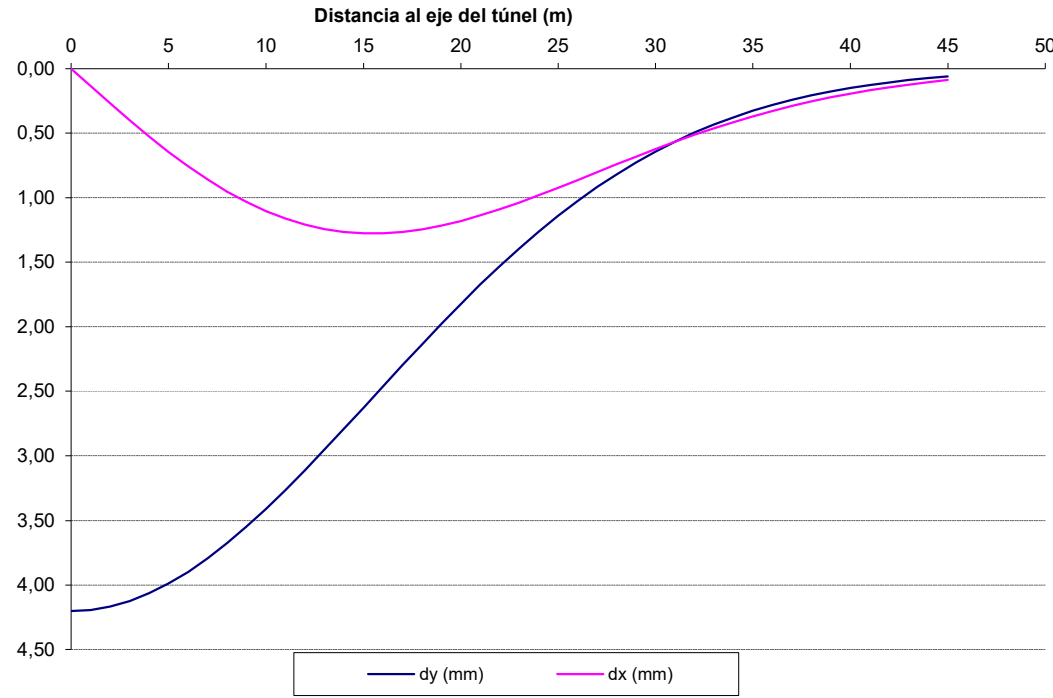
CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

intecsa.			ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS							SECCION RAMAL L4-L8 0+480	
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes							Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)	
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)		
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		29,4 m	1	0	3,57	0,00	0,008	-0,121		
Ht/D			3,13	2	1	3,57	0,12	0,024	-0,120		
Perfil geológico				3	2	3,54	0,24	0,039	-0,116		
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		5,00 m	4	3	3,50	0,36	0,054	-0,112		
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		19,70 m	5	4	3,45	0,47	0,069	-0,106		
Hp/D			2,10	6	5	3,38	0,57	0,082	-0,098		
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE				7	6	3,30	0,67	0,095	-0,090		
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)	8	7	3,20	0,76	0,106	-0,080		
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado	9	8	3,10	0,84	0,116	-0,070		
η			1,16	10	9	2,98	0,91	0,124	-0,059		
i			$i = \eta \cdot D \cdot \left(0,52 \cdot \frac{H}{D} - 0,21 \right)$	11	10	2,86	0,97	0,131	-0,048		
Punto de inflexión			15,44 m	12	11	2,73	1,02	0,137	-0,037		
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D	13	12	2,59	1,06	0,141	-0,026		
Criterio			Global	14	13	2,45	1,08	0,144	-0,015		
V _L %	Pérdida de suelo		0,100 %	15	14	2,31	1,10	0,145	-0,004		
V _S	Volumen de asientos		0,069 m³/m	16	15	2,16	1,10	0,145	0,005		
Asiento Máximo				17	16	2,02	1,10	0,144	0,014		
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} , (m)$		0,00179 m	18	17	1,87	1,08	0,141	0,023		
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982	19	18	1,73	1,06	0,138	0,030		
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x} , (m)$		0,00057 m	20	19	1,59	1,03	0,133	0,036		
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD				21	20	1,46	0,99	0,128	0,042		
Prof solera estructura o túnel (m)			17	22	21	1,33	0,95	0,122	0,046		
δZ _{máx} =	3,574764045 mm (a nivel de solera)			23	22	1,21	0,91	0,116	0,050		
iz=	14,94570628 m (a nivel de solera)			24	23	1,09	0,86	0,109	0,052		
D.A. _{Máx} =	1 / 6902 (Distorsión angular máxima)			25	24	0,98	0,80	0,102	0,053		
D.H.U=	0,005 % (deformación horizontal)			26	25	0,88	0,75	0,095	0,054		
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES				27	26	0,79	0,70	0,088	0,054		
Asiento admisible				28	27	0,70	0,64	0,081	0,053		
Distorsión angular				29	28	0,62	0,59	0,074	0,052		
Deformación horizontal				30	29	0,54	0,54	0,067	0,050		
				31	30	0,48	0,49	0,061	0,048		
				32	31	0,42	0,44	0,055	0,045		
				33	32	0,36	0,39	0,049	0,043		
				34	33	0,31	0,35	0,043	0,040		
				35	34	0,27	0,31	0,038	0,037		
				36	35	0,23	0,27	0,034	0,034		
				37	36	0,20	0,24	0,030	0,031		
				38	37	0,17	0,21	0,026	0,028		
				39	38	0,14	0,18	0,022	0,025		
				40	39	0,12	0,16	0,019	0,022		
				41	40	0,10	0,14	0,017	0,020		
				42	41	0,08	0,12	0,014	0,017		
				43	42	0,07	0,10	0,012	0,015		
				44	43	0,06	0,08	0,010	0,013		
				45	44	0,05	0,07	0,008	0,011		
				46	45	0,04	0,06	0,038	0,059		

ALTERNATIVA 2



Distancia al eje del túnel (m)



CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

<div>intecsa.</div>		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCIÓN						
								TÚNEL L-8 PK 0+680						
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes						Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m		PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)				
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		30,9 m		1	0	4,20	0,00	0,009	-0,136				
Ht/D		3,29		2	1	4,19	0,14	0,026	-0,134					
Perfil geológico					3	2	4,17	0,27	0,043	-0,131				
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		6,00 m		4	3	4,12	0,40	0,060	-0,126				
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		20,20 m		5	4	4,06	0,53	0,076	-0,119				
Hp/D		2,15		6	5	3,99	0,65	0,091	-0,111					
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE					7	6	3,90	0,76	0,104	-0,102				
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	3,79	0,86	0,117	-0,092			
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado			9	8	3,68	0,95	0,128	-0,082			
η			1,14			10	9	3,55	1,03	0,138	-0,070			
i			$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} -0,21\right)$			11	10	3,41	1,10	0,146	-0,058			
Punto de inflexión			16,07 m			12	11	3,26	1,16	0,153	-0,046			
						13	12	3,11	1,21	0,158	-0,034			
Volumen de Asientos					Ley de variación de Vs en función de Hp/D		14	13	2,95	1,24	0,162	-0,022		
Criterio			Global			15	14	2,79	1,26	0,164	-0,011			
V _L %	Pérdida de suelo		0,100 %		16	15	2,63	1,28	0,165	0,000				
V _S	Volumen de asientos		0,069 m³/m		17	16	2,46	1,28	0,164	0,010				
Asiento Máximo					18	17	2,30	1,26	0,162	0,020				
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} , (m)$		0,00172 m		19	18	2,14	1,24	0,159	0,028				
Desplazamiento Horizontal Máximo					O'Reilly & New, 1982		20	19	1,98	1,22	0,155	0,036		
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0.61 \cdot s_{m\acute{a}x} , (m)$		0,00055 m		21	20	1,82	1,18	0,150	0,043				
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD					22	21	1,67	1,14	0,144	0,048				
Prof solera estructura o túnel (m)			21			23	22	1,53	1,09	0,137	0,053			
δZ _{máx} =	4,201590071 mm		(a nivel de solera)		24	23	1,39	1,04	0,130	0,056				
iz=	15,47727236 m		(a nivel de solera)		25	24	1,26	0,98	0,123	0,058				
D.A. _{Máx} =	1 / 6075		(Distorsión angular máxima)		26	25	1,14	0,92	0,115	0,060				
D.H.U=	0,006 %		(deformación horizontal)		27	26	1,02	0,86	0,107	0,061				
					28	27	0,92	0,80	0,100	0,060				
					29	28	0,82	0,74	0,092	0,060				
					30	29	0,73	0,68	0,084	0,058				
					31	30	0,64	0,62	0,077	0,056				
					32	31	0,57	0,57	0,070	0,054				
					33	32	0,50	0,51	0,063	0,051				
					34	33	0,43	0,46	0,056	0,048				
					35	34	0,38	0,41	0,050	0,045				
					36	35	0,33	0,37	0,045	0,042				
					37	36	0,28	0,33	0,040	0,038				
					38	37	0,24	0,29	0,035	0,035				
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES					39	38	0,21	0,25	0,031	0,032				
					40	39	0,18	0,22	0,027	0,029				
Asiento admisible						41	40	0,15	0,19	0,023	0,026			
Distorsión angular						42	41	0,13	0,17	0,020	0,023			
Deformación horizontal						43	42	0,11	0,14	0,017	0,021			
					44	43	0,09	0,12	0,015	0,018				
					45	44	0,07	0,11	0,013	0,016				
					46	45	0,06	0,09	0,061	0,089				

ALTERNATIVA 2

Distancia al eje del túnel (m)

00,000,5101520253035404550

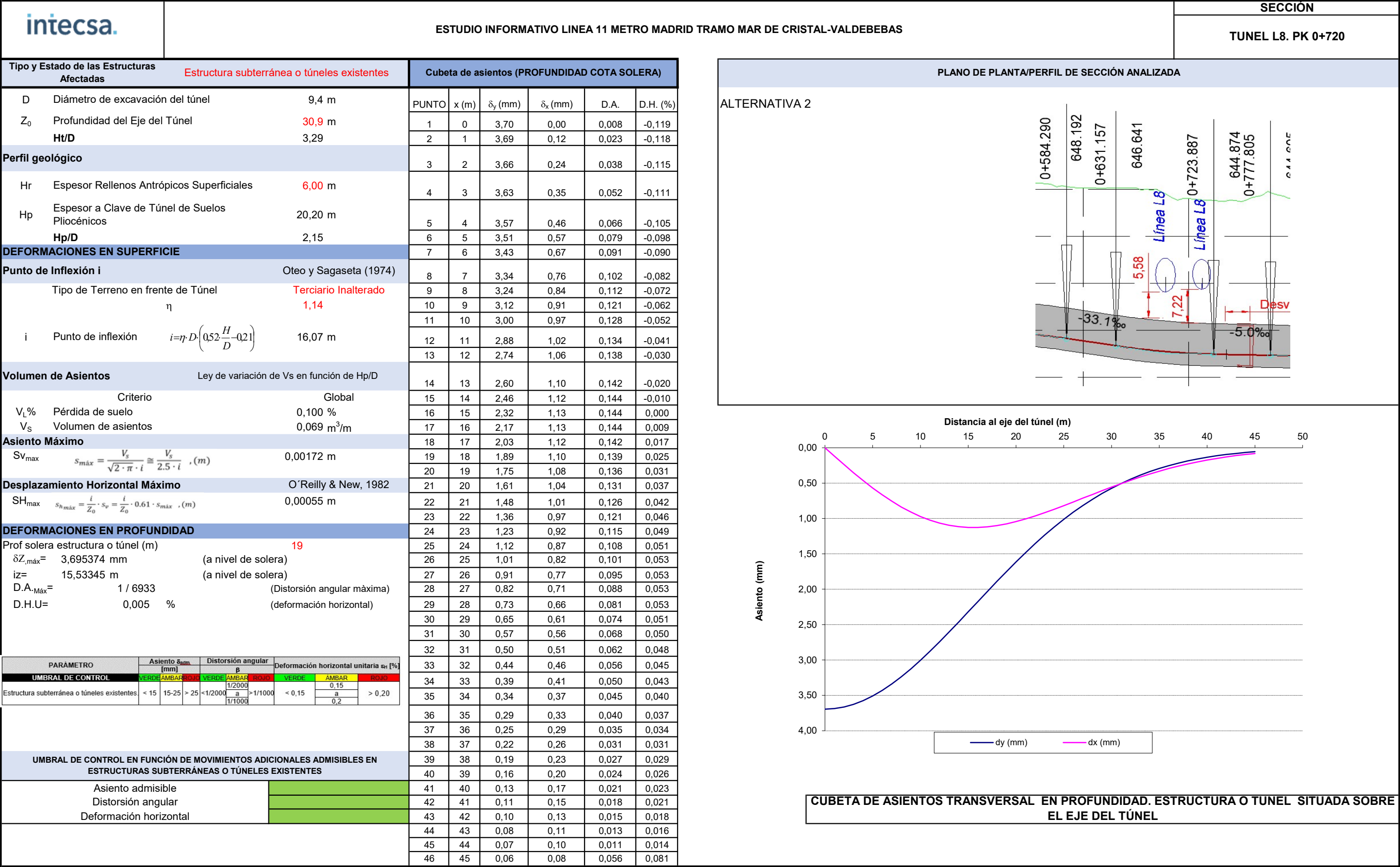
Asiento (mm)

0,000,501,001,502,002,503,003,504,004,50

dy (mm)

dx (mm)

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL



intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCION							
								TÚNEL L8. PK 1+120							
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes		Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)										
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)							
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	33 m	1	0	3,32	0,00	0,005	-0,101							
Ht/D		3,51	2	1	3,32	0,10	0,015	-0,100							
Perfil geológico			3	2	3,30	0,20	0,024	-0,098							
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,00 m	4	3	3,28	0,30	0,034	-0,095							
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	26,30 m	5	4	3,25	0,39	0,043	-0,092							
Hp/D		2,80	6	5	3,20	0,49	0,052	-0,088							
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE			7	6	3,15	0,57	0,060	-0,083							
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)							8	7	3,09	0,66	0,068	-0,077
Tipo de Terreno en frente de Túnel η			Terciario Inalterado 1,25		9	8	3,03	0,73		0,075	-0,071				
					10	9	2,95	0,80		0,081	-0,065				
					11	10	2,87	0,87		0,087	-0,058				
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	18,98 m	12	11	2,78	0,93	0,093		-0,051					
			13	12	2,69	0,98	0,097	-0,043							
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D							14	13	2,59	1,02	0,101	-0,036
Criterio			Global						15	14	2,49	1,06	0,104	-0,028	
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	16	15	2,39	1,08	0,107	-0,021							
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	17	16	2,28	1,11	0,108	-0,013							
Asiento Máximo			18	17	2,17	1,12	0,109	-0,006							
SV _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$	0,00146 m	19	18	2,06	1,12	0,109	0,001							
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982						20	19	1,95	1,12	0,109	0,007	
SH _{max}	$S_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$	0,00051 m	21	20	1,84	1,12	0,108	0,013							
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD			22	21	1,74	1,10	0,107	0,018							
Prof solera estructura o túnel (m)			23	22	1,63	1,09	0,105	0,023							
δZ _{máx} =	3,32436 mm	(a nivel de solera)	24	23	1,52	1,06	0,102	0,028							
iz=	18,42123 m	(a nivel de solera)	25	24	1,42	1,03	0,099	0,032							
D.A. _{Máx} =	1 / 9138	(Distorsión angular máxima)	26	25	1,32	1,00	0,096	0,035							
D.H.U=	0,004 %	(deformación horizontal)	27	26	1,23	0,97	0,092	0,038							
			28	27	1,14	0,93	0,088	0,041							
			29	28	1,05	0,89	0,084	0,042							
			30	29	0,96	0,85	0,080	0,044							
			31	30	0,88	0,80	0,076	0,045							
			32	31	0,81	0,76	0,072	0,045							
			33	32	0,74	0,71	0,067	0,045							
			34	33	0,67	0,67	0,063	0,044							
			35	34	0,61	0,62	0,059	0,044							
			36	35	0,55	0,58	0,054	0,043							
			37	36	0,49	0,54	0,050	0,041							
			38	37	0,44	0,50	0,046	0,040							
			39	38	0,40	0,46	0,042	0,038							
			40	39	0,35	0,42	0,039	0,036							
			41	40	0,31	0,38	0,035	0,034							
			42	41	0,28	0,35	0,032	0,032							
			43	42	0,25	0,31	0,029	0,030							
			44	43	0,22	0,28	0,026	0,028							
			45	44	0,19	0,26	0,024	0,026							
			46	45	0,17	0,23	0,168	0,229							
			CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL												

intecsa.		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCION						
								TÚNEL L8. PK 1+160						
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes						Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel		9,4 m		PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)				
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel		30 m		1	0	3,59	0,00	0,007	-0,119				
Ht/D			3,19		2	1	3,58	0,12	0,020	-0,118				
Perfil geológico					3	2	3,56	0,24	0,033	-0,115				
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales		2,00 m		4	3	3,53	0,35	0,045	-0,112				
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos		23,30 m		5	4	3,48	0,46	0,057	-0,107				
Hp/D			2,48		6	5	3,42	0,57	0,069	-0,100				
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE					7	6	3,36	0,67	0,079	-0,093				
Punto de Inflexión i			Oteo y Sagaseta (1974)		8	7	3,28	0,76	0,089	-0,085				
Tipo de Terreno en frente de Túnel			Terciario Inalterado		9	8	3,19	0,85	0,098	-0,077				
η			1,25		10	9	3,09	0,93	0,106	-0,068				
i			Punto de inflexión		$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} -0,21\right)$		17,03 m		11	10	2,98	0,99	0,113	-0,058
					12	11	2,87	1,05	0,119	-0,048				
					13	12	2,75	1,10	0,124	-0,038				
Volumen de Asientos			Ley de variación de Vs en función de Hp/D		14	13	2,63	1,14	0,127	-0,028				
Criterio			Global		15	14	2,50	1,17	0,130	-0,018				
V _L %	Pérdida de suelo		0,100 %		16	15	2,37	1,19	0,131	-0,009				
V _S	Volumen de asientos		0,069 m³/m		17	16	2,24	1,19	0,132	0,000				
Asiento Máximo					18	17	2,11	1,19	0,131	0,009				
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$		0,00163 m		19	18	1,98	1,19	0,130	0,016				
Desplazamiento Horizontal Máximo			O'Reilly & New, 1982		20	19	1,85	1,17	0,128	0,024				
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$		0,00056 m		21	20	1,72	1,15	0,125	0,030				
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD					22	21	1,59	1,12	0,121	0,036				
Prof solera estructura o túnel (m)			18,97		23	22	1,47	1,08	0,117	0,041				
δZ _{máx} =	3,585734 mm		(a nivel de solera)		24	23	1,35	1,04	0,112	0,045				
iz=	16,48581 m		(a nivel de solera)		25	24	1,24	0,99	0,107	0,048				
D.A. _{Máx} =	1 / 7583		(Distorsión angular máxima)		26	25	1,14	0,95	0,102	0,050				
D.H.U=	0,005 %		(deformación horizontal)		27	26	1,03	0,90	0,096	0,052				
					28	27	0,94	0,84	0,090	0,053				
					29	28	0,85	0,79	0,084	0,053				
					30	29	0,76	0,74	0,079	0,053				
					31	30	0,68	0,68	0,073	0,052				
					32	31	0,61	0,63	0,067	0,051				
					33	32	0,55	0,58	0,061	0,049				
					34	33	0,48	0,53	0,056	0,047				
					35	34	0,43	0,48	0,051	0,045				
					36	35	0,38	0,44	0,046	0,043				
					37	36	0,33	0,40	0,042	0,040				
					38	37	0,29	0,36	0,037	0,038				
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES					39	38	0,25	0,32	0,033	0,035				
					40	39	0,22	0,28	0,030	0,032				
Asiento admisible					41	40	0,19	0,25	0,026	0,029				
Distorsión angular					42	41	0,16	0,22	0,023	0,027				
Deformación horizontal					43	42	0,14	0,20	0,020	0,024				
					44	43	0,12	0,17	0,018	0,022				
					45	44	0,10	0,15	0,015	0,020				
					46	45	0,09	0,13	0,086	0,130				

ALTERNATIVA 2

Distancia al eje del túnel (m)

Asiento (mm)

— dy (mm) — dx (mm)

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

<div>intecsa.</div>		ESTUDIO INFORMATIVO LINEA 11 METRO MADRID TRAMO MAR DE CRISTAL-VALDEBEBAS						SECCIÓN	
								CANAL YII. TUBERÍA DIAM. 1600. PK 1+560	
Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas <div>Estructura subterránea o túneles existentes</div>			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)						ALTERNATIVA 2
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ _y (mm)	δ _x (mm)	D.A.	D.H. (%)	
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	24 m	1	0	2,36	0,00	0,007	-0,098	
Ht/D		2,55	2	1	2,36	0,10	0,022	-0,096	
Perfil geológico			3	2	2,34	0,19	0,036	-0,093	
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,00 m	4	3	2,30	0,29	0,050	-0,088	
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	17,30 m	5	4	2,25	0,37	0,062	-0,081	CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL
Hp/D		1,84	6	5	2,19	0,46	0,074	-0,073	
DEFORMACIONES EN SUPERFICIE			7	6	2,11	0,53	0,084	-0,064	
Punto de Inflexión i Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	2,03	0,59	0,093	-0,054	
Tipo de Terreno en frente de Túnel Terciario Inalterado			9	8	1,94	0,65	0,100	-0,043	
η 1,23			10	9	1,84	0,69	0,106	-0,032	
i Punto de inflexión i=η⋅D⋅(0,52⋅H/D−0,21)			11	10	1,73	0,72	0,110	-0,022	
			12	11	1,62	0,74	0,112	-0,011	
			13	12	1,51	0,75	0,113	-0,002	
Volumen de Asientos Ley de variación de Vs en función de Hp/D			14	13	1,40	0,76	0,113	0,008	
Criterio Global			15	14	1,28	0,75	0,111	0,016	
V _L %	Pérdida de suelo	0,081 %	16	15	1,17	0,73	0,108	0,023	
V _S	Volumen de asientos	0,056 m³/m	17	16	1,06	0,71	0,104	0,029	
Asiento Máximo			18	17	0,96	0,68	0,099	0,034	
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$	0,00174 m	19	18	0,86	0,65	0,094	0,038	
Desplazamiento Horizontal Máximo O'Reilly & New, 1982			20	19	0,77	0,61	0,088	0,041	
SH _{max}	$s_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x} \text{ , (m)}$	0,00057 m	21	20	0,68	0,57	0,082	0,043	
DEFORMACIONES EN PROFUNDIDAD			22	21	0,60	0,52	0,075	0,044	
Prof solera estructura o túnel (m) 7,6			23	22	0,52	0,48	0,068	0,044	
δZ _{máx} =	2,364702 mm	(a nivel de solera)	24	23	0,45	0,43	0,062	0,043	
iz=	12,65757 m	(a nivel de solera)	25	24	0,39	0,39	0,056	0,042	
D.A. _{Máx} =	1 / 8831	(Distorsión angular máxima)	26	25	0,34	0,35	0,049	0,040	
D.H.U=	0,004 %	(deformación horizontal)	27	26	0,29	0,31	0,044	0,037	
			28	27	0,24	0,27	0,038	0,035	
			29	28	0,20	0,24	0,033	0,032	
			30	29	0,17	0,21	0,029	0,029	
			31	30	0,14	0,18	0,025	0,026	
			32	31	0,12	0,15	0,021	0,023	
			33	32	0,10	0,13	0,018	0,020	
			34	33	0,08	0,11	0,015	0,018	
			35	34	0,06	0,09	0,012	0,015	
			36	35	0,05	0,08	0,010	0,013	
			37	36	0,04	0,06	0,008	0,011	
			38	37	0,03	0,05	0,007	0,010	
			39	38	0,03	0,04	0,006	0,008	
			40	39	0,02	0,03	0,004	0,007	
			41	40	0,02	0,03	0,004	0,005	
			42	41	0,01	0,02	0,003	0,004	
			43	42	0,01	0,02	0,002	0,004	
			44	43	0,01	0,01	0,002	0,003	
			45	44	0,01	0,01	0,001	0,002	
			46	45	0,00	0,01	0,004	0,008	

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 2

The figure consists of two parts. The top part is a technical cross-section drawing of a tunnel structure. It shows a tunnel with a width of 115 m and a height of 5.34 m. The structure is supported by a foundation. Key points are labeled with stationing: 3+340.113, 631.164, 3+410.043, 630.000, and 3+582.707. A section labeled 'PI Gbor de Ariz' is shown on the left. A section labeled 'Túnel Cercanías' is shown in the middle. A section labeled 'Andén: 115 m' is shown on the right. A section labeled 'Bretelle' is shown on the far right. The bottom part is a graph showing the settlement analysis. The x-axis is 'Distancia al eje del túnel (m)' ranging from 0 to 50. The y-axis is 'Asiento (mm)' ranging from 0.00 to 4.50. Two curves are plotted: a blue curve labeled 'dy (mm)' and a magenta curve labeled 'dx (mm)'. The blue curve starts at 0.00 mm at 0 m and increases to approximately 4.20 mm at 50 m. The magenta curve starts at 0.00 mm at 0 m, reaches a minimum of approximately 1.20 mm at 20 m, and then increases to approximately 4.20 mm at 50 m.

PI Gbor de Ariz

Túnel Cercanías

3+340.113

631.164

3+410.043

630.000

3+582.707

5.34

Andén: 115 m

Bretelle

E3. Intercambiador-Ciudad de la Justicia

Distancia al eje del túnel (m)

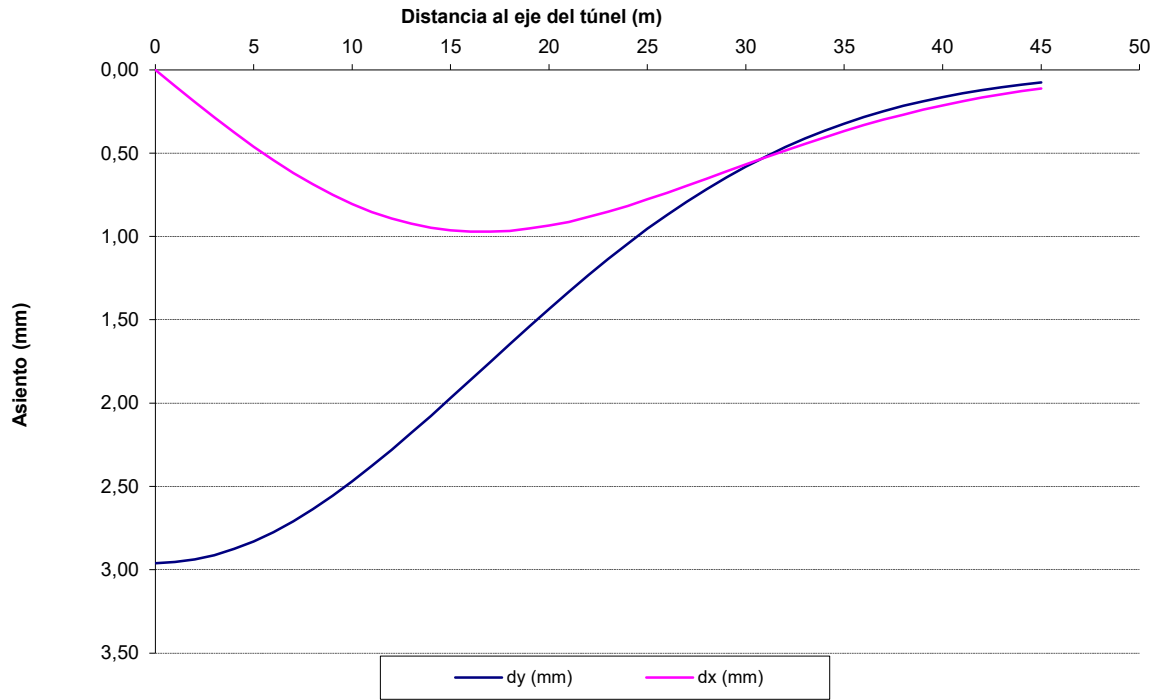
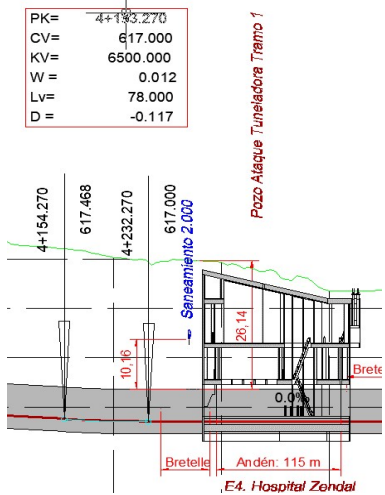
Asiento (mm)

dy (mm)

dx (mm)

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

ALTERNATIVA 2



CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 2

5.0%

4.78

Saneamiento Ø 1.800

7+225.338

615.243

11e

Distancia al eje del túnel (m)

Asiento (mm)

dy (mm)

dx (mm)

Distancia al eje del túnel (m)	dy (mm)	dx (mm)
0	41.00	0.00
5	35.00	5.00
10	25.00	10.00
15	15.00	15.00
20	10.00	18.00
25	5.00	20.00
30	2.00	20.00
35	1.00	20.00
40	1.00	20.00
45	1.00	20.00
50	1.00	20.00

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 2

Eje Arroyo Ø 1.800

2.89

2.89

Distancia al eje del túnel (m)

Asiento (mm)

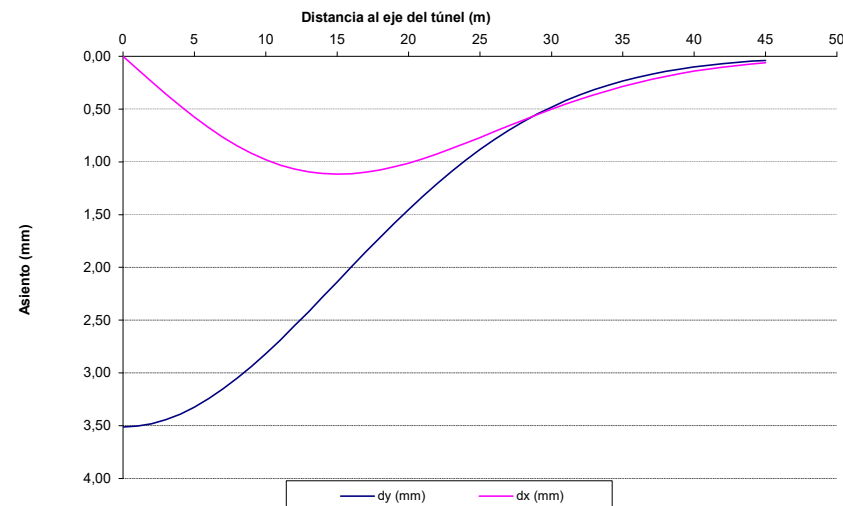
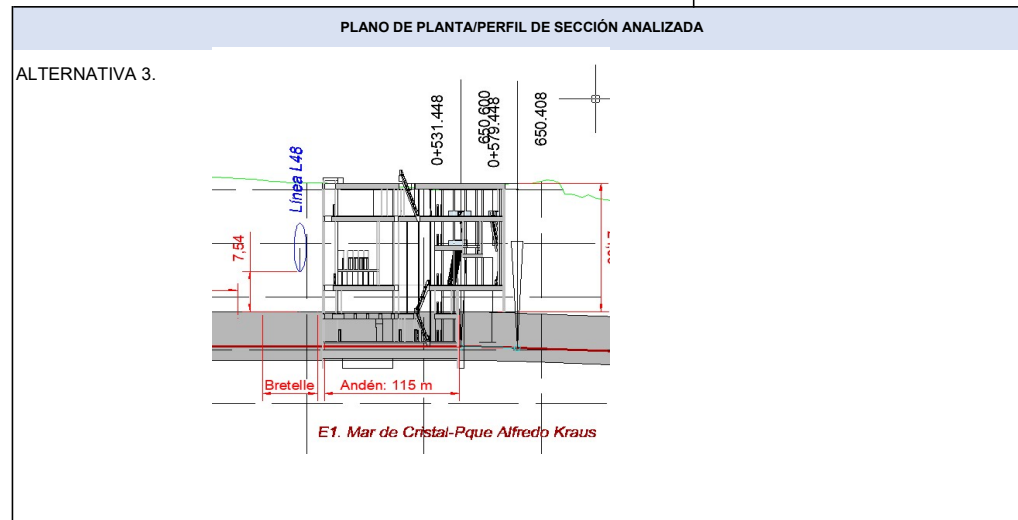
dy (mm)

dx (mm)

CUBETA DE ASIENTOS TRANSVERSAL EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Distancia al eje del túnel (m)	dy (mm)	dx (mm)
0	65.00	0.00
5	50.00	15.00
10	30.00	10.00
15	10.00	5.00
20	5.00	2.00
25	2.00	1.00
30	1.00	0.50
35	0.50	0.20
40	0.20	0.10
45	0.10	0.05
50	0.05	0.02

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	28,7 m	1	0	3,51	0,00	0,008	-0,122
H/D		3,05	2	1	3,50	0,12	0,023	-0,121
Perfil geológico			3	2	3,48	0,24	0,038	-0,117
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	3,44	0,36	0,053	-0,113
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	21,00 m	5	4	3,39	0,47	0,067	-0,107
Hp/D		2,23	6	5	3,32	0,58	0,080	-0,099
Punto de Inflexión i			7	6	3,24	0,68	0,092	-0,091
Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	3,15	0,77	0,103	-0,081
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,05	0,85	0,112	-0,071
η			10	9	2,94	0,92	0,121	-0,060
1,20			11	10	2,82	0,98	0,128	-0,049
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D}-0,21\right)$	12	11	2,69	1,03	0,133	-0,038
15,54 m			13	12	2,56	1,07	0,137	-0,027
Volumen de Asientos			14	13	2,42	1,10	0,140	-0,016
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,28	1,11	0,141	-0,006
Criterio			16	15	2,14	1,12	0,141	0,004
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,00	1,11	0,140	0,014
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	1,86	1,10	0,138	0,022
Asiento Máximo			19	18	1,72	1,08	0,135	0,029
Sv _{max}	$s_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}$ (m)	0,00178 m	20	19	1,58	1,05	0,131	0,036
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,45	1,01	0,126	0,041
O'Reilly & New, 1982			22	21	1,33	0,97	0,120	0,046
SH _{max}	$s_{h\acute{m}ax} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{m\acute{a}x}$ (m)	0,00059 m	23	22	1,21	0,92	0,114	0,049
Deformaciones en profundidad			24	23	1,09	0,88	0,108	0,052
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	0,98	0,82	0,101	0,054
16,46			26	25	0,88	0,77	0,094	0,054
$\delta Z_{m\acute{a}x} = 0,003513$ m (a nivel de solera)			27	26	0,79	0,72	0,087	0,055
iz= 15,04719 m (a nivel de solera)			28	27	0,70	0,66	0,080	0,054
D.A.-Máx= 1 / 7071 (Distorsión angular máxima)			29	28	0,62	0,61	0,074	0,053
D.H.U= 0,005 % (deformación horizontal)			30	29	0,55	0,55	0,067	0,051
			31	30	0,48	0,50	0,061	0,049
			32	31	0,42	0,45	0,055	0,046
			33	32	0,37	0,41	0,049	0,044
			34	33	0,32	0,36	0,044	0,041
			35	34	0,27	0,32	0,039	0,038
			36	35	0,23	0,29	0,034	0,035
			37	36	0,20	0,25	0,030	0,032
			38	37	0,17	0,22	0,026	0,029
			39	38	0,14	0,19	0,023	0,026
			40	39	0,12	0,17	0,020	0,023
			41	40	0,10	0,14	0,017	0,020
			42	41	0,09	0,12	0,014	0,018
			43	42	0,07	0,10	0,012	0,016
			44	43	0,06	0,09	0,010	0,014
			45	44	0,05	0,07	0,009	0,012
			46	45	0,04	0,06	0,040	0,063

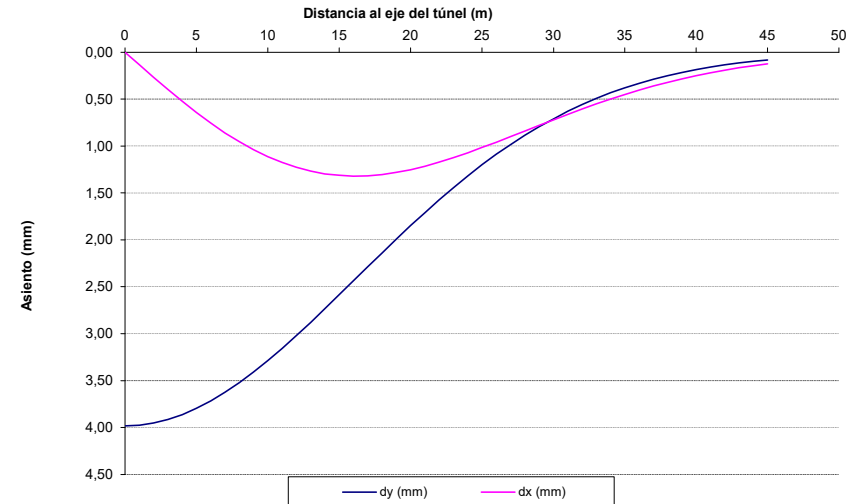
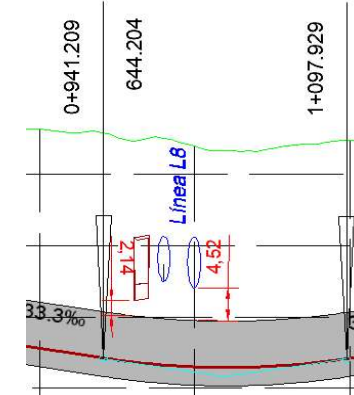


CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	29,53 m	1	0	3,98	0,00	0,008	-0,135
H/D		3,14	2	1	3,97	0,13	0,023	-0,133
Perfil geológico			3	2	3,95	0,27	0,038	-0,130
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	3,91	0,40	0,052	-0,125
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	22,33 m	5	4	3,86	0,52	0,066	-0,120
Hp/D		2,38	6	5	3,79	0,64	0,079	-0,112
			7	6	3,72	0,75	0,092	-0,104
Punto de Inflexión i			8	7	3,62	0,86	0,103	-0,095
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,52	0,95	0,113	-0,085
η			10	9	3,41	1,04	0,122	-0,074
i			11	10	3,29	1,11	0,130	-0,063
Punto de inflexión $i=\eta \cdot D \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21 \right)$			12	11	3,16	1,18	0,136	-0,052
			13	12	3,02	1,23	0,141	-0,040
Volumen de Asientos			14	13	2,88	1,27	0,145	-0,029
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,73	1,30	0,148	-0,017
Criterio			16	15	2,59	1,31	0,149	-0,007
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,44	1,32	0,149	0,004
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	2,29	1,32	0,149	0,013
Asiento Máximo			19	18	2,14	1,30	0,147	0,022
Sv _{max}	$s_{max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$	0,00166 m	20	19	1,99	1,28	0,144	0,030
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,85	1,25	0,140	0,037
O'Reilly & New, 1982			22	21	1,71	1,21	0,135	0,043
SH _{max}	$s_{hmax} = \frac{i}{Z_0} \cdot s_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot s_{max} \text{ , (m)}$	0,00057 m	23	22	1,57	1,17	0,130	0,048
Deformaciones en profundidad			24	23	1,44	1,12	0,124	0,052
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	1,32	1,07	0,118	0,056
$\delta Z_{,m\acute{a}x} = 0,003981 \text{ m}$ (a nivel de solera)			26	25	1,20	1,02	0,112	0,058
iz= 16,14272 m (a nivel de solera)			27	26	1,09	0,96	0,105	0,059
D.A.-Máx= 1 / 6690 (Distorsión angular máxima)			28	27	0,98	0,90	0,098	0,060
D.H.U= 0,006 % (deformación horizontal)			29	28	0,88	0,84	0,092	0,060
			30	29	0,79	0,78	0,085	0,059
			31	30	0,71	0,72	0,078	0,058
			32	31	0,63	0,66	0,072	0,056
			33	32	0,56	0,60	0,065	0,054
			34	33	0,49	0,55	0,059	0,052
			35	34	0,43	0,50	0,054	0,049
			36	35	0,38	0,45	0,048	0,046
			37	36	0,33	0,40	0,043	0,043
			38	37	0,29	0,36	0,039	0,040
			39	38	0,25	0,32	0,034	0,037
			40	39	0,22	0,28	0,030	0,034
			41	40	0,18	0,25	0,027	0,031
			42	41	0,16	0,22	0,023	0,028
			43	42	0,13	0,19	0,020	0,025
			44	43	0,11	0,17	0,018	0,022
			45	44	0,10	0,14	0,015	0,020
			46	45	0,08	0,12	0,082	0,125

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

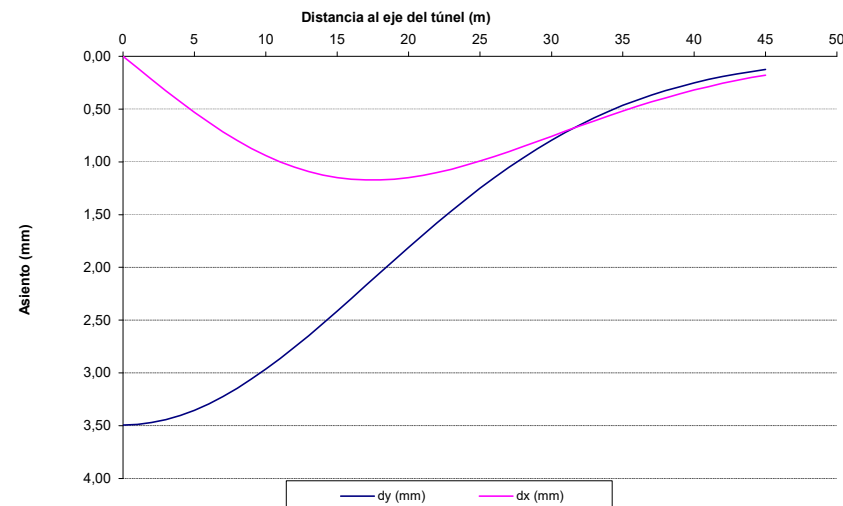
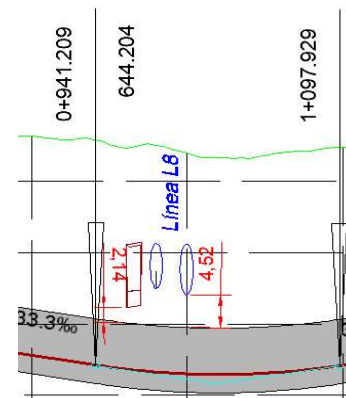
ALTERNATIVA 3.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL. SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	31,5 m	1	0	3,49	0,00	0,006	-0,111
H/D		3,35	2	1	3,49	0,11	0,017	-0,110
Perfil geológico			3	2	3,47	0,22	0,028	-0,107
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	3,44	0,33	0,039	-0,104
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	24,30 m	5	4	3,40	0,43	0,050	-0,100
Hp/D		2,59	6	5	3,35	0,53	0,060	-0,095
			7	6	3,29	0,63	0,070	-0,089
Punto de Inflexión i			8	7	3,22	0,72	0,078	-0,082
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,15	0,80	0,087	-0,075
η			10	9	3,06	0,87	0,094	-0,067
			11	10	2,96	0,94	0,101	-0,059
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	2,86	1,00	0,106	-0,050
		18,01 m	13	12	2,76	1,05	0,111	-0,042
Volumen de Asientos			14	13	2,65	1,09	0,115	-0,033
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,53	1,13	0,118	-0,024
Criterio			16	15	2,41	1,15	0,120	-0,016
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,29	1,17	0,121	-0,008
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	2,17	1,17	0,121	0,000
Asiento Máximo			19	18	2,05	1,17	0,121	0,008
Sv _{max}	$S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot l}$	0,00154 m	20	19	1,93	1,16	0,120	0,015
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,81	1,15	0,118	0,021
SH _{max}	$S_{h\max} = \frac{l}{Z_0} \cdot S_p = \frac{l}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{\max}$	0,00054 m	22	21	1,69	1,13	0,115	0,027
Deformaciones en profundidad			23	22	1,58	1,10	0,112	0,032
Prof solera estructura o túnel (m)			24	23	1,47	1,07	0,109	0,036
δZ_{\max}	0,003494 m	(a nivel de solera)	25	24	1,36	1,03	0,105	0,040
iz	17,44756 m	(a nivel de solera)	26	25	1,25	0,99	0,101	0,043
D.A.-Máx	1 / 8236	(Distorsión angular máxima)	27	26	1,15	0,95	0,096	0,046
D.H.U	0,005 %	(deformación horizontal)	28	27	1,06	0,90	0,091	0,048
			29	28	0,96	0,86	0,086	0,049
			30	29	0,88	0,81	0,081	0,049
			31	30	0,80	0,76	0,076	0,049
			32	31	0,72	0,71	0,071	0,049
			33	32	0,65	0,66	0,066	0,048
			34	33	0,58	0,61	0,061	0,047
			35	34	0,52	0,56	0,056	0,046
			36	35	0,47	0,52	0,051	0,044
			37	36	0,42	0,48	0,047	0,042
			38	37	0,37	0,43	0,043	0,040
			39	38	0,33	0,39	0,039	0,038
			40	39	0,29	0,36	0,035	0,035
			41	40	0,25	0,32	0,031	0,033
			42	41	0,22	0,29	0,028	0,031
			43	42	0,19	0,26	0,025	0,028
			44	43	0,17	0,23	0,022	0,026
			45	44	0,15	0,20	0,020	0,024
			46	45	0,13	0,18	0,016	0,019

ALTERNATIVA 3.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	24,46 m	1	0	5,13	0,00	0,015	-0,209
H/D		2,60	2	1	5,11	0,21	0,044	-0,205
Perfil geológico			3	2	5,07	0,41	0,073	-0,198
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	4,99	0,61	0,100	-0,188
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	17,26 m	5	4	4,89	0,80	0,125	-0,174
Hp/D		1,84	6	5	4,77	0,97	0,149	-0,158
Punto de Inflexión i			7	6	4,62	1,13	0,170	-0,140
Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	4,45	1,27	0,188	-0,120
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	4,26	1,39	0,204	-0,099
η			10	9	4,06	1,49	0,216	-0,077
1,25			11	10	3,84	1,57	0,226	-0,055
i	Punto de inflexión	$i = \eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	3,61	1,63	0,232	-0,034
13,43 m			13	12	3,38	1,66	0,235	-0,013
Volumen de Asientos			14	13	3,15	1,67	0,236	0,006
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,91	1,67	0,234	0,024
Criterio			16	15	2,68	1,64	0,229	0,040
V _L %	Pérdida de suelo	0,182 %	17	16	2,45	1,60	0,222	0,054
V _S	Volumen de asientos	0,126 m³/m	18	17	2,23	1,55	0,214	0,066
Asiento Máximo			19	18	2,01	1,48	0,204	0,076
Sv _{max}	$S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}$ (m)	0,00375 m	20	19	1,81	1,40	0,192	0,083
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,62	1,32	0,180	0,089
O'Reilly & New, 1982			22	21	1,44	1,23	0,168	0,092
SH _{max}	$S_{h\max} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{\max}$ (m)	0,00126 m	23	22	1,27	1,14	0,154	0,093
Deformaciones en profundidad			24	23	1,11	1,05	0,141	0,093
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	0,97	0,95	0,128	0,091
$\delta Z_{\max} = 0,005125$ m			26	25	0,84	0,86	0,116	0,088
(a nivel de solera)			27	26	0,73	0,77	0,103	0,084
iz= 13,16401 m			28	27	0,63	0,69	0,092	0,079
(a nivel de solera)			29	28	0,53	0,61	0,081	0,074
D.A.-Máx= 1 / 4239			30	29	0,45	0,54	0,071	0,068
(Distorsión angular máxima)			31	30	0,38	0,47	0,062	0,062
D.H.U= 0,009 %			32	31	0,32	0,41	0,053	0,057
(deformación horizontal)			33	32	0,27	0,35	0,046	0,051
			34	33	0,22	0,30	0,039	0,045
			35	34	0,18	0,25	0,033	0,040
			36	35	0,15	0,21	0,028	0,035
			37	36	0,12	0,18	0,023	0,030
			38	37	0,10	0,15	0,019	0,026
			39	38	0,08	0,12	0,016	0,022
			40	39	0,06	0,10	0,013	0,019
			41	40	0,05	0,08	0,011	0,016
			42	41	0,04	0,07	0,009	0,013
			43	42	0,03	0,05	0,007	0,011
			44	43	0,02	0,04	0,005	0,009
			45	44	0,02	0,03	0,004	0,007
			46	45	0,01	0,03	0,015	0,027

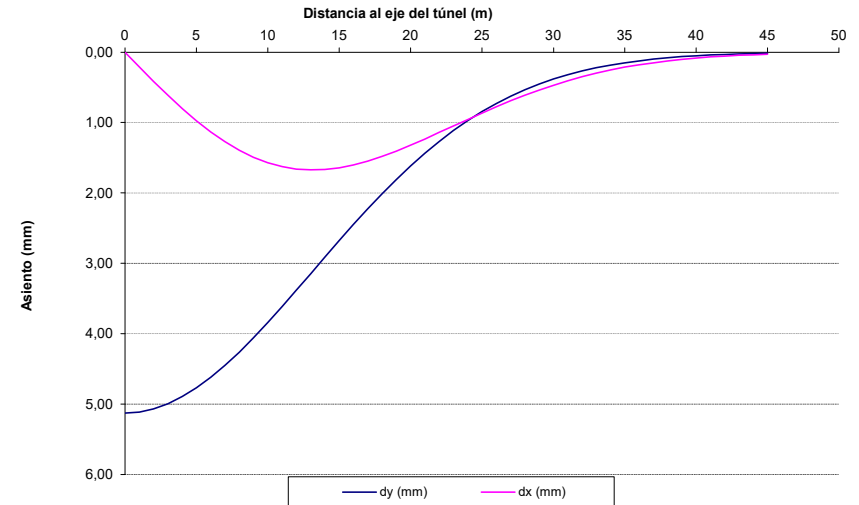
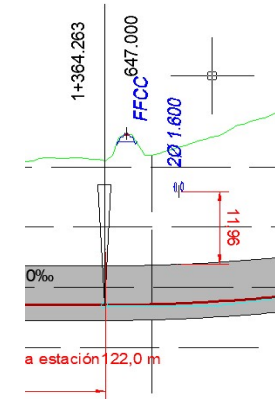
PARÁMETRO	Asiento δ_{\max} (mm)	Distorsión angular β	Deformación horizontal unitaria ϵ_h (%)
UMBRAL DE CONTROL	VERDE AMBAR ROJO	VERDE AMBAR ROJO	VERDE AMBAR ROJO
Estructura subterránea o túneles existentes	< 15	15-25	< 1/2000
	> 25	> 1/1000	> 1/1000
			> 0,15
			> 0,2

UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES

Asiento admisible	
Distorsión angular	
Deformación horizontal	

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 3.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	34,46 m	1	0	3,69	0,00	0,005	-0,107
H/D		3,67	2	1	3,68	0,11	0,015	-0,106
Perfil geológico			3	2	3,67	0,21	0,024	-0,104
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	3,64	0,32	0,034	-0,102
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	27,26 m	5	4	3,61	0,42	0,043	-0,098
Hp/D		2,90	6	5	3,56	0,52	0,052	-0,094
			7	6	3,51	0,61	0,061	-0,090
Punto de Inflexión i			8	7	3,45	0,70	0,069	-0,084
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,38	0,79	0,076	-0,078
η			10	9	3,31	0,86	0,083	-0,072
			11	10	3,22	0,94	0,089	-0,065
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	3,13	1,00	0,095	-0,058
		19,93 m	13	12	3,04	1,06	0,100	-0,050
Volumen de Asientos			14	13	2,94	1,11	0,104	-0,043
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,83	1,15	0,108	-0,035
Criterio			16	15	2,73	1,19	0,111	-0,028
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,61	1,21	0,113	-0,020
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	2,50	1,23	0,115	-0,013
Asiento Máximo			19	18	2,39	1,25	0,116	-0,006
Sv _{max}	$S_{vmax} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot l}$	0,00139 m	20	19	2,27	1,25	0,116	0,001
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	2,16	1,25	0,115	0,008
O'Reilly & New, 1982			22	21	2,04	1,24	0,114	0,014
SH _{max}	$S_{hmax} = \frac{l}{Z_0} \cdot S_p = \frac{l}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{max}$	0,00049 m	23	22	1,93	1,23	0,113	0,019
Deformaciones en profundidad			24	23	1,81	1,21	0,111	0,025
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	1,70	1,19	0,108	0,029
δZ_{max}	0,003685 m	(a nivel de solera)	26	25	1,59	1,16	0,105	0,033
iz	19,30842 m	(a nivel de solera)	27	26	1,49	1,12	0,102	0,037
D.A.-Máx	1 / 8641	(Distorsión angular máxima)	28	27	1,39	1,09	0,099	0,040
D.H.U	0,005 %	(deformación horizontal)	29	28	1,29	1,05	0,095	0,042
			30	29	1,19	1,00	0,091	0,044
			31	30	1,10	0,96	0,087	0,046
			32	31	1,02	0,91	0,082	0,047
			33	32	0,93	0,87	0,078	0,048
			34	33	0,86	0,82	0,074	0,048
			35	34	0,78	0,77	0,069	0,048
			36	35	0,71	0,72	0,065	0,047
			37	36	0,65	0,68	0,060	0,046
			38	37	0,59	0,63	0,056	0,045
			39	38	0,53	0,59	0,052	0,044
			40	39	0,48	0,54	0,048	0,042
			41	40	0,43	0,50	0,044	0,040
			42	41	0,39	0,46	0,041	0,038
			43	42	0,35	0,42	0,037	0,036
			44	43	0,31	0,39	0,034	0,034
			45	44	0,27	0,35	0,031	0,032
			46	45	0,24	0,32	0,244	0,318

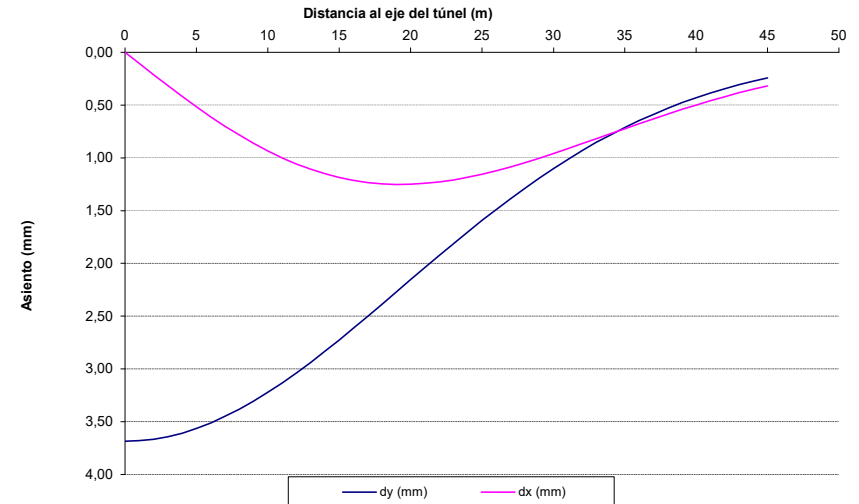
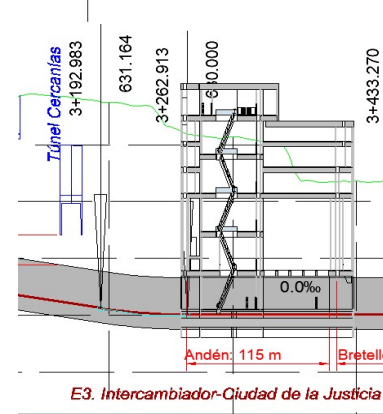
PARÁMETRO	Asiento δ_{mm} (mm)	Distorsión angular β	Deformación horizontal unitaria ϵ_h (%)
UMBRAL DE CONTROL	VERDE AMBAR ROJO	VERDE AMBAR ROJO	VERDE AMBAR ROJO
Estructura subterránea o túneles existentes	< 15	15-25	> 25
	< 1/2000	1/2000	1/1000
	< 0,15	0,15	0,2

UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES

Asiento admisible	
Distorsión angular	
Deformación horizontal	

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

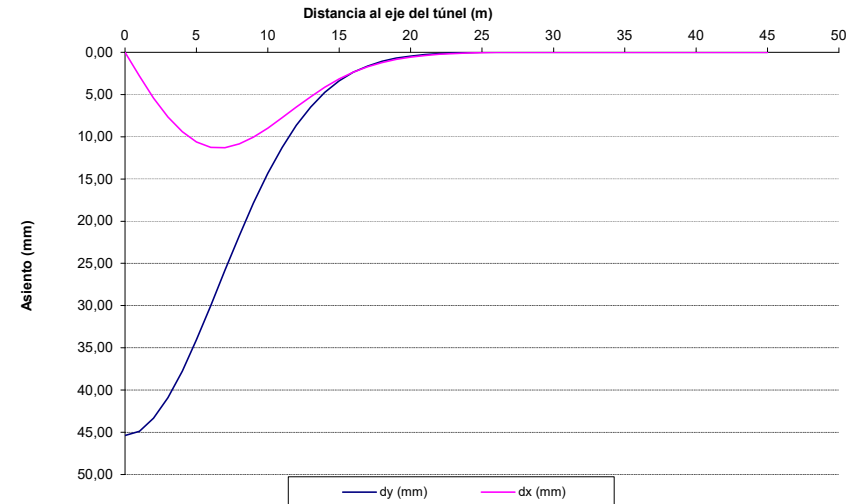
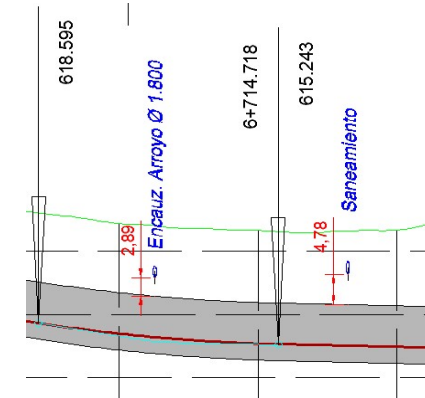
ALTERNATIVA 3.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	16 m	1	0	45,39	0,00	0,520	-2,805
H/D		1,70	2	1	44,87	2,80	1,524	-2,614
Perfil geológico			3	2	43,35	5,42	2,425	-2,255
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	40,92	7,67	3,169	-1,765
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	8,30 m	5	4	37,75	9,44	3,717	-1,198
Hp/D		0,88	6	5	34,04	10,64	4,050	-0,609
Punto de Inflexión i			7	6	29,99	11,25	4,169	-0,050
Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	25,82	11,30	4,096	0,434
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	21,72	10,86	3,862	0,815
η			10	9	17,86	10,05	3,510	1,077
1,10			11	10	14,35	8,97	3,083	1,222
i			12	11	11,27	7,75	2,622	1,262
Punto de inflexión $i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$			13	12	8,65	6,48	2,163	1,217
6,98 m			14	13	6,48	5,27	1,732	1,111
Volumen de Asientos			15	14	4,75	4,16	1,349	0,968
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			16	15	3,40	3,19	1,021	0,809
Criterio			17	16	2,38	2,38	0,753	0,651
Global			18	17	1,63	1,73	0,540	0,506
V _L %	Pérdida de suelo	0,697 %	19	18	1,09	1,22	0,377	0,380
V _S	Volumen de asientos	0,483 m³/m	20	19	0,71	0,84	0,257	0,277
Asiento Máximo			21	20	0,45	0,57	0,171	0,196
$S_{V_{max}} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot l} \text{ , (m)}$			22	21	0,28	0,37	0,110	0,134
0,02763 m			23	22	0,17	0,24	0,070	0,089
Desplazamiento Horizontal Máximo			24	23	0,10	0,15	0,043	0,058
O'Reilly & New, 1982			25	24	0,06	0,09	0,026	0,037
$SH_{max} \quad S_{h_{max}} = \frac{l}{Z_0} \cdot S_p = \frac{l}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{max} \text{ , (m)}$			26	25	0,03	0,05	0,015	0,022
0,00735 m			27	26	0,02	0,03	0,009	0,013
Deformaciones en profundidad			28	27	0,01	0,02	0,005	0,008
Prof solera estructura o túnel (m)			29	28	0,01	0,01	0,003	0,004
$\delta Z_{,máx} = 0,045393 \text{ m}$			30	29	0,00	0,01	0,001	0,002
(a nivel de solera)			31	30	0,00	0,00	0,001	0,001
iz= 6,589296 m			32	31	0,00	0,00	0,000	0,001
(a nivel de solera)			33	32	0,00	0,00	0,000	0,000
D.A.-Máx= 1 / 240			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000
(Distorsión angular máxima)			35	34	0,00	0,00	0,000	0,000
D.H.U= 0,126 %			36	35	0,00	0,00	0,000	0,000
(deformación horizontal)			37	36	0,00	0,00	0,000	0,000
			38	37	0,00	0,00	0,000	0,000
			39	38	0,00	0,00	0,000	0,000
			40	39	0,00	0,00	0,000	0,000
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES			41	40	0,00	0,00	0,000	0,000
Asiento admisible			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000
Distorsión angular			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000
Deformación horizontal			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000
			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000
			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000

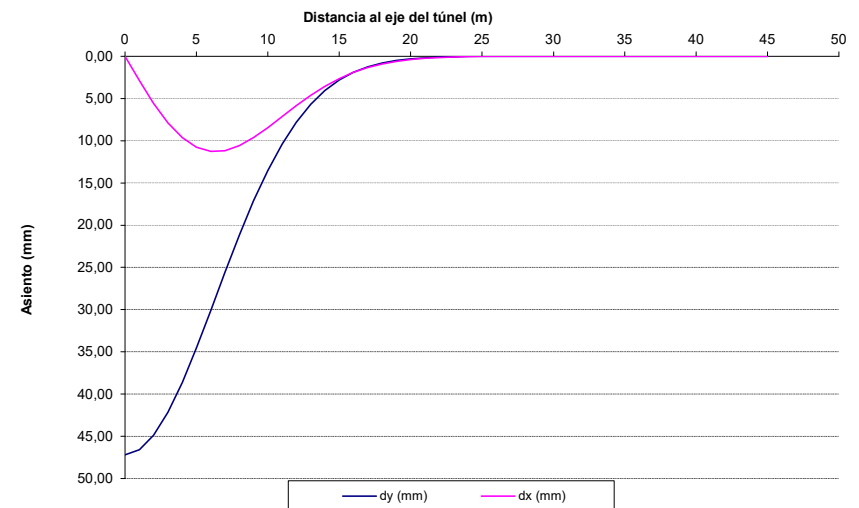
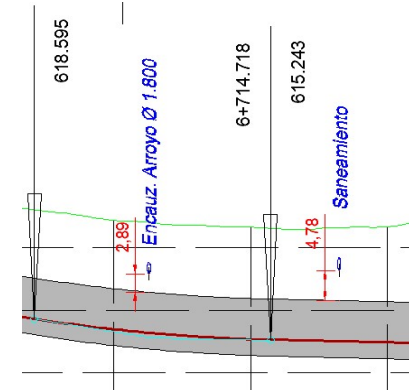
ALTERNATIVA 3.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	16 m	1	0	47,20	0,00	0,586	-2,913
H/D		1,70	2	1	46,61	2,91	1,715	-2,699
Perfil geológico			3	2	44,90	5,61	2,720	-2,296
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	4,00 m	4	3	42,18	7,91	3,533	-1,753
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	7,30 m	5	4	38,64	9,66	4,111	-1,131
Hp/D		0,78	6	5	34,53	10,79	4,436	-0,495
			7	6	30,10	11,29	4,513	0,094
Punto de Inflexión i			8	7	25,58	11,19	4,373	0,588
	Oteo y Sagaseta (1974)		9	8	21,21	10,61	4,060	0,958
	Tipo de Terreno en frente de Túnel	Terciario Inalterado	10	9	17,15	9,65	3,625	1,194
	η	1,05	11	10	13,53	8,45	3,122	1,301
i	Punto de inflexión	$i = \eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	10,40	7,15	2,599	1,299
		6,66 m	13	12	7,80	5,85	2,094	1,214
Volumen de Asientos			14	13	5,71	4,64	1,635	1,074
	Ley de variación de Vs en función de Hp/D		15	14	4,07	3,57	1,239	0,907
	Criterio	Global	16	15	2,84	2,66	0,911	0,734
V _L %	Pérdida de suelo	0,752 %	17	16	1,93	1,93	0,651	0,571
V _S	Volumen de asientos	0,522 m³/m	18	17	1,27	1,35	0,452	0,428
Asiento Máximo			19	18	0,82	0,93	0,305	0,310
Sv _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}$, (m)	0,03124 m	20	19	0,52	0,62	0,200	0,218
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	0,32	0,40	0,128	0,148
SH _{max}	$S_{h\acute{m}a\acute{x}} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_p = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x}$, (m)	0,00794 m	22	21	0,19	0,25	0,079	0,097
	O'Reilly & New, 1982		23	22	0,11	0,15	0,048	0,062
Deformaciones en profundidad			24	23	0,06	0,09	0,028	0,038
Prof solera estructura o túnel (m)		7	25	24	0,04	0,05	0,016	0,023
$\delta Z_{m\acute{a}x}$	0,047199 m	(a nivel de solera)	26	25	0,02	0,03	0,009	0,013
iz=	6,325136 m	(a nivel de solera)	27	26	0,01	0,02	0,005	0,008
D.A.-Máx=	1 / 222	(Distorsión angular máxima)	28	27	0,01	0,01	0,003	0,004
D.H.U=	0,130 %	(deformación horizontal)	29	28	0,00	0,00	0,001	0,002
			30	29	0,00	0,00	0,001	0,001
			31	30	0,00	0,00	0,000	0,001
			32	31	0,00	0,00	0,000	0,000
			33	32	0,00	0,00	0,000	0,000
			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000
			35	34	0,00	0,00	0,000	0,000
			36	35	0,00	0,00	0,000	0,000
			37	36	0,00	0,00	0,000	0,000
			38	37	0,00	0,00	0,000	0,000
			39	38	0,00	0,00	0,000	0,000
			40	39	0,00	0,00	0,000	0,000
			41	40	0,00	0,00	0,000	0,000
			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000
			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000
			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000
			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000
			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000

ALTERNATIVA 3.

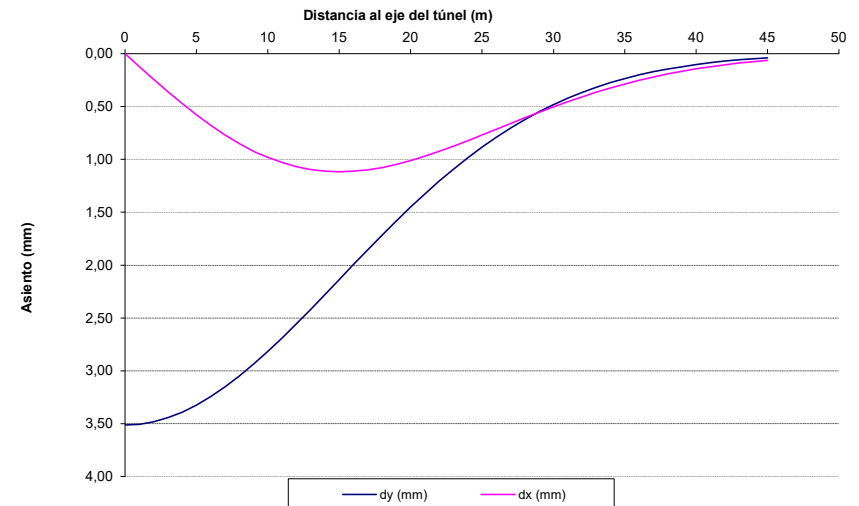
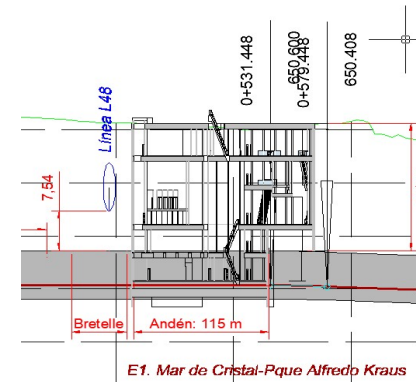


CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A. (%)	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	28,7 m	1	0	3,51	0,00	0,008	-0,122
H/D		3,05	2	1	3,50	0,12	0,023	-0,121
Perfil geológico			3	2	3,48	0,24	0,038	-0,117
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	3,44	0,36	0,053	-0,113
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	21,00 m	5	4	3,39	0,47	0,067	-0,107
Hp/D		2,23	6	5	3,32	0,58	0,080	-0,099
Punto de Inflexión i			7	6	3,24	0,68	0,092	-0,091
Oteo y Sagaseta (1974)			8	7	3,15	0,77	0,103	-0,081
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,05	0,85	0,112	-0,071
η			10	9	2,94	0,92	0,121	-0,060
Terciario Inalterado			11	10	2,82	0,98	0,128	-0,049
1,20			12	11	2,69	1,03	0,133	-0,038
i			13	12	2,56	1,07	0,137	-0,027
Punto de inflexión $i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$			14	13	2,42	1,10	0,140	-0,016
15,54 m			15	14	2,28	1,11	0,141	-0,006
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			16	15	2,14	1,12	0,141	0,004
Global			17	16	2,00	1,11	0,140	0,014
Criterio			18	17	1,86	1,10	0,138	0,022
V _L % Pérdida de suelo			19	18	1,72	1,08	0,135	0,029
V _S Volumen de asientos			20	19	1,58	1,05	0,131	0,036
0,069 m³/m			21	20	1,45	1,01	0,126	0,041
Asiento Máximo			22	21	1,33	0,97	0,120	0,046
$S_{V_{max}} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$			23	22	1,21	0,92	0,114	0,049
0,00178 m			24	23	1,09	0,88	0,108	0,052
Desplazamiento Horizontal Máximo			25	24	0,98	0,82	0,101	0,054
O'Reilly & New, 1982			26	25	0,88	0,77	0,094	0,054
SH _{max} $S_{H_{max}} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_p = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{max} \text{ , (m)}$			27	26	0,79	0,72	0,087	0,055
0,00059 m			28	27	0,70	0,66	0,080	0,054
Deformaciones en profundidad			29	28	0,62	0,61	0,074	0,053
Prof solera estructura o túnel (m)			30	29	0,55	0,55	0,067	0,051
16,46			31	30	0,48	0,50	0,061	0,049
$\delta Z_{,máx} = 0,003513 \text{ m}$			32	31	0,42	0,45	0,055	0,046
(a nivel de solera)			33	32	0,37	0,41	0,049	0,044
iz= 15,04719 m			34	33	0,32	0,36	0,044	0,041
(a nivel de solera)			35	34	0,27	0,32	0,039	0,038
D.A.-Máx= 1 / 7071			36	35	0,23	0,29	0,034	0,035
(Distorsión angular máxima)			37	36	0,20	0,25	0,030	0,032
D.H.U= 0,005 %			38	37	0,17	0,22	0,026	0,029
(deformación horizontal)			39	38	0,14	0,19	0,023	0,026
			40	39	0,12	0,17	0,020	0,023
			41	40	0,10	0,14	0,017	0,020
			42	41	0,09	0,12	0,014	0,018
			43	42	0,07	0,10	0,012	0,016
			44	43	0,06	0,09	0,010	0,014
			45	44	0,05	0,07	0,009	0,012
			46	45	0,04	0,06	0,040	0,063

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

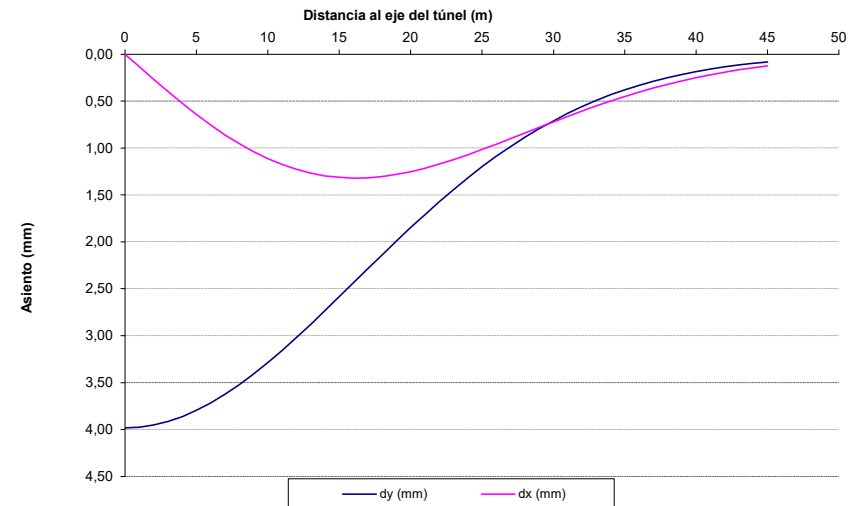
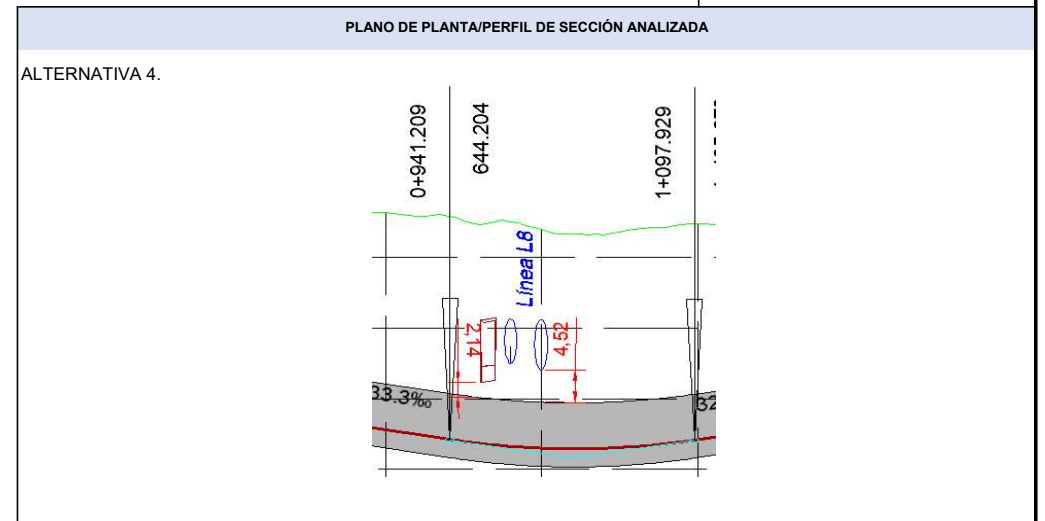
ALTERNATIVA 4.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	29,53 m	1	0	3,98	0,00	0,008	-0,135
H/D		3,14	2	1	3,97	0,13	0,023	-0,133
Perfil geológico			3	2	3,95	0,27	0,038	-0,130
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	3,91	0,40	0,052	-0,125
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	21,83 m	5	4	3,86	0,52	0,066	-0,120
Hp/D		2,32	6	5	3,79	0,64	0,079	-0,112
			7	6	3,72	0,75	0,092	-0,104
Punto de Inflexión i			8	7	3,62	0,86	0,103	-0,095
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,52	0,95	0,113	-0,085
η			10	9	3,41	1,04	0,122	-0,074
			11	10	3,29	1,11	0,130	-0,063
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	3,16	1,18	0,136	-0,052
		16,73 m	13	12	3,02	1,23	0,141	-0,040
Volumen de Asientos			14	13	2,88	1,27	0,145	-0,029
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,73	1,30	0,148	-0,017
Criterio			16	15	2,59	1,31	0,149	-0,007
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,44	1,32	0,149	0,004
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	2,29	1,32	0,149	0,013
Asiento Máximo			19	18	2,14	1,30	0,147	0,022
Sv _{max}	$S_{vmax} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$	0,00166 m	20	19	1,99	1,28	0,144	0,030
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,85	1,25	0,140	0,037
O'Reilly & New, 1982			22	21	1,71	1,21	0,135	0,043
SH _{max}	$S_{Hmax} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{vmax} \text{ , (m)}$	0,00057 m	23	22	1,57	1,17	0,130	0,048
Deformaciones en profundidad			24	23	1,44	1,12	0,124	0,052
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	1,32	1,07	0,118	0,056
$\delta Z_{,m\acute{a}x}$	0,003981 m	(a nivel de solera)	26	25	1,20	1,02	0,112	0,058
iz=	16,14272 m	(a nivel de solera)	27	26	1,09	0,96	0,105	0,059
D.A.-Máx=	1 / 6690	(Distorsión angular máxima)	28	27	0,98	0,90	0,098	0,060
D.H.U=	0,006 %	(deformación horizontal)	29	28	0,88	0,84	0,092	0,060
			30	29	0,79	0,78	0,085	0,059
			31	30	0,71	0,72	0,078	0,058
			32	31	0,63	0,66	0,072	0,056
			33	32	0,56	0,60	0,065	0,054
			34	33	0,49	0,55	0,059	0,052
			35	34	0,43	0,50	0,054	0,049
			36	35	0,38	0,45	0,048	0,046
			37	36	0,33	0,40	0,043	0,043
			38	37	0,29	0,36	0,039	0,040
			39	38	0,25	0,32	0,034	0,037
			40	39	0,22	0,28	0,030	0,034
			41	40	0,18	0,25	0,027	0,031
			42	41	0,16	0,22	0,023	0,028
			43	42	0,13	0,19	0,020	0,025
			44	43	0,11	0,17	0,018	0,022
			45	44	0,10	0,14	0,015	0,020
			46	45	0,08	0,12	0,082	0,125

PARAMETRO	Asiento δ_{mm} [mm]			Distorsión angular β			Deformación horizontal unitaria ϵ_H (%)		
UMBRAL DE CONTROL	VERDE	AMBAR	ROJO	VERDE	AMBAR	ROJO	VERDE	AMBAR	ROJO
Estructura subterránea o túneles existentes	< 15	15-25	> 25	< 1/2000	1/2000	> 1/1000	< 0,15	0,15	> 0,20
								0,2	



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
Estructura subterránea o túneles existentes								
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	31,5 m	1	0	3,49	0,00	0,006	-0,111
H/D		3,35	2	1	3,49	0,11	0,017	-0,110
Perfil geológico			3	2	3,47	0,22	0,028	-0,107
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	3,44	0,33	0,039	-0,104
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	24,30 m	5	4	3,40	0,43	0,050	-0,100
Hp/D		2,59	6	5	3,35	0,53	0,060	-0,095
			7	6	3,29	0,63	0,070	-0,089
Punto de Inflexión i			8	7	3,22	0,72	0,078	-0,082
Tipo de Terreno en frente de Túnel			9	8	3,15	0,80	0,087	-0,075
η			10	9	3,06	0,87	0,094	-0,067
			11	10	2,96	0,94	0,101	-0,059
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	2,86	1,00	0,106	-0,050
		18,01 m	13	12	2,76	1,05	0,111	-0,042
Volumen de Asientos			14	13	2,65	1,09	0,115	-0,033
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			15	14	2,53	1,13	0,118	-0,024
Criterio			16	15	2,41	1,15	0,120	-0,016
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	17	16	2,29	1,17	0,121	-0,008
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	18	17	2,17	1,17	0,121	0,000
Asiento Máximo			19	18	2,05	1,17	0,121	0,008
Sv _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot l}$	0,00154 m	20	19	1,93	1,16	0,120	0,015
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	1,81	1,15	0,118	0,021
O'Reilly & New, 1982			22	21	1,69	1,13	0,115	0,027
SH _{max}	$S_{h\acute{m}\acute{a}x} = \frac{l}{Z_0} \cdot S_p = \frac{l}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x}$	0,00054 m	23	22	1,58	1,10	0,112	0,032
Deformaciones en profundidad			24	23	1,47	1,07	0,109	0,036
Prof solera estructura o túnel (m)			25	24	1,36	1,03	0,105	0,040
$\delta Z_{m\acute{a}x}$	0,003494 m	(a nivel de solera)	26	25	1,25	0,99	0,101	0,043
iz	17,44756 m	(a nivel de solera)	27	26	1,15	0,95	0,096	0,046
D.A.-Máx	1 / 8236	(Distorsión angular máxima)	28	27	1,06	0,90	0,091	0,048
D.H.U	0,005 %	(deformación horizontal)	29	28	0,96	0,86	0,086	0,049
			30	29	0,88	0,81	0,081	0,049
			31	30	0,80	0,76	0,076	0,049
			32	31	0,72	0,71	0,071	0,049
			33	32	0,65	0,66	0,066	0,048
			34	33	0,58	0,61	0,061	0,047
			35	34	0,52	0,56	0,056	0,046
			36	35	0,47	0,52	0,051	0,044
			37	36	0,42	0,48	0,047	0,042
			38	37	0,37	0,43	0,043	0,040
			39	38	0,33	0,39	0,039	0,038
			40	39	0,29	0,36	0,035	0,035
			41	40	0,25	0,32	0,031	0,033
			42	41	0,22	0,29	0,028	0,031
			43	42	0,19	0,26	0,025	0,028
			44	43	0,17	0,23	0,022	0,026
			45	44	0,15	0,20	0,020	0,024
			46	45	0,13	0,18	0,016	0,019

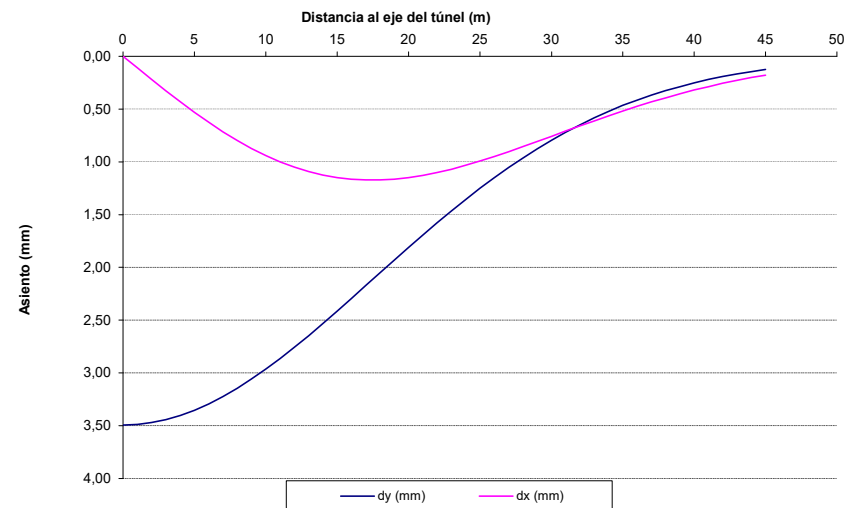
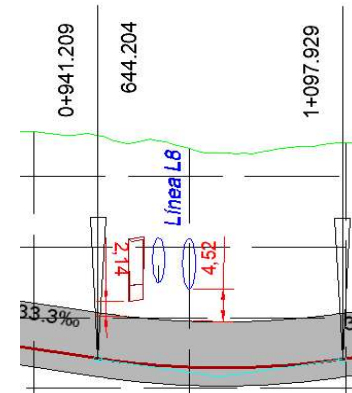
PARAMETRO	Asiento δ_{mm} (mm)			Distorsión angular β			Deformación horizontal unitaria ϵ_h (%)		
UMBRAL DE CONTROL	VERDE	AMBAR	ROJO	VERDE	AMBAR	ROJO	VERDE	AMBAR	ROJO
Estructura subterránea o túneles existentes	< 15	15-25	> 25	< 1/2000	1/2000	> 1/1000	< 0,15	0,15	> 0,20
								0,2	

UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES

Asiento admisible	
Distorsión angular	
Deformación horizontal	

PLANO DE PLANTA/PERFIL DE SECCIÓN ANALIZADA

ALTERNATIVA 4.



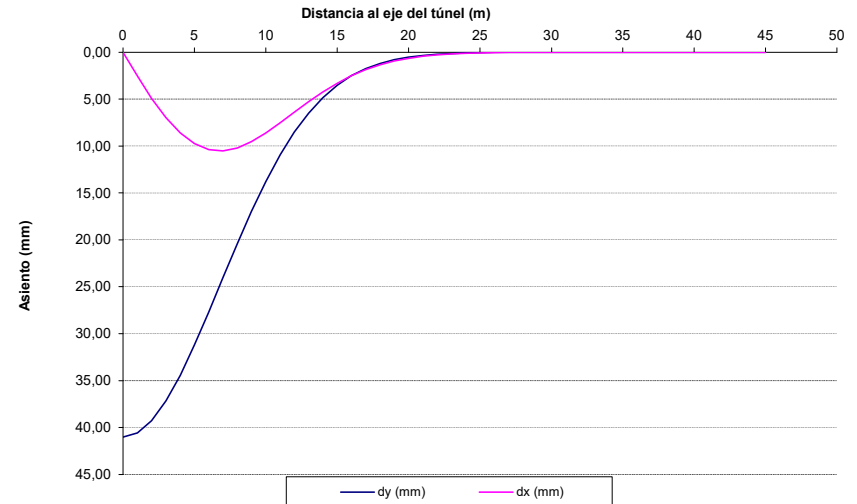
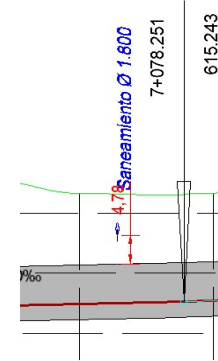
CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TUNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Estructura subterránea o túneles existentes		Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)				
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)	
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	34,46 m	1	0	3,69	0,00	0,005	-0,107	
H/D		3,67	2	1	3,68	0,11	0,015	-0,106	
Perfil geológico			3	2	3,67	0,21	0,024	-0,104	
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	2,50 m	4	3	3,64	0,32	0,034	-0,102	
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	27,26 m	5	4	3,61	0,42	0,043	-0,098	
Hp/D		2,90	6	5	3,56	0,52	0,052	-0,094	
			7	6	3,51	0,61	0,061	-0,090	
Punto de Inflexión i			8	7	3,45	0,70	0,069	-0,084	
Oteo y Sagaseta (1974)			9	8	3,38	0,79	0,076	-0,078	
Tipo de Terreno en frente de Túnel			10	9	3,31	0,86	0,083	-0,072	
η			11	10	3,22	0,94	0,089	-0,065	
Terciario Inalterado			12	11	3,13	1,00	0,095	-0,058	
1,25			13	12	3,04	1,06	0,100	-0,050	
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	14	13	2,94	1,11	0,104	-0,043	
19,93 m			15	14	2,83	1,15	0,108	-0,035	
Volumen de Asientos			16	15	2,73	1,19	0,111	-0,028	
Ley de variación de Vs en función de Hp/D			17	16	2,61	1,21	0,113	-0,020	
Criterio			18	17	2,50	1,23	0,115	-0,013	
Global			19	18	2,39	1,25	0,116	-0,006	
V _L %	Pérdida de suelo	0,100 %	20	19	2,27	1,25	0,116	0,001	
V _S	Volumen de asientos	0,069 m³/m	21	20	2,16	1,25	0,115	0,008	
Asiento Máximo			22	21	2,04	1,24	0,114	0,014	
$S_{v\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i} \text{ , (m)}$			23	22	1,93	1,23	0,113	0,019	
0,00139 m			24	23	1,81	1,21	0,111	0,025	
Desplazamiento Horizontal Máximo			25	24	1,70	1,19	0,108	0,029	
O'Reilly & New, 1982			26	25	1,59	1,16	0,105	0,033	
SH _{max}			27	26	1,49	1,12	0,102	0,037	
$S_{h\max} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_p = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{\max} \text{ , (m)}$			28	27	1,39	1,09	0,099	0,040	
0,00049 m			29	28	1,29	1,05	0,095	0,042	
Deformaciones en profundidad			30	29	1,19	1,00	0,091	0,044	
Prof solera estructura o túnel (m)			31	30	1,10	0,96	0,087	0,046	
24,4			32	31	1,02	0,91	0,082	0,047	
$\delta Z_{,m\acute{a}x} = 0,003685 \text{ m}$			33	32	0,93	0,87	0,078	0,048	
(a nivel de solera)			34	33	0,86	0,82	0,074	0,048	
24,4			35	34	0,78	0,77	0,069	0,048	
iz= 19,30842 m			36	35	0,71	0,72	0,065	0,047	
(a nivel de solera)			37	36	0,65	0,68	0,060	0,046	
D.A.-Máx= 1 / 8641			38	37	0,59	0,63	0,056	0,045	
(Distorsión angular máxima)			39	38	0,53	0,59	0,052	0,044	
D.H.U= 0,005 %			40	39	0,48	0,54	0,048	0,042	
(deformación horizontal)			41	40	0,43	0,50	0,044	0,040	
PARAMETRO			42	41	0,39	0,46	0,041	0,038	
Asiento δ_{mm}			43	42	0,35	0,42	0,037	0,036	
[mm]			44	43	0,31	0,39	0,034	0,034	
Distorsión angular β			45	44	0,27	0,35	0,031	0,032	
[°]			46	45	0,24	0,32	0,244	0,316	
Deformación horizontal unitaria ϵ_h [%]									
[mm]									
UMBRAL DE CONTROL									
VERDE AMBAR ROJO									
VERDE AMBAR ROJO									
VERDE AMBAR ROJO									
Estructura subterránea o túneles existentes									
< 15									
15-25									
> 25									
< 1/2000									
1/2000									
> 1/1000									
< 0,15									
0,15									
a									
> 0,20									
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES									
Asiento admisible									
Distorsión angular									
Deformación horizontal									

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	16 m	1	0	41,00	0,00	0,445	-2,535
H/D		1,70	2	1	40,56	2,53	1,306	-2,372
Perfil geológico			3	2	39,25	4,91	2,084	-2,062
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	3,00 m	4	3	37,17	6,97	2,733	-1,640
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	8,30 m	5	4	34,43	8,61	3,221	-1,146
Hp/D		0,88	6	5	31,21	9,75	3,530	-0,627
			7	6	27,68	10,38	3,661	-0,129
Punto de Inflexión i			8	7	24,02	10,51	3,627	0,312
	Tipo de Terreno en frente de Túnel	Terciario Inalterado	9	8	20,40	10,20	3,453	0,668
	η	1,12	10	9	16,94	9,53	3,172	0,924
			11	10	13,77	8,61	2,820	1,078
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	10,95	7,53	2,430	1,138
		7,11 m	13	12	8,52	6,39	2,034	1,120
Volumen de Asientos			14	13	6,49	5,27	1,655	1,043
	Ley de variación de Vs en función de Hp/D		15	14	4,83	4,23	1,310	0,927
	Criterio	Global	16	15	3,52	3,30	1,010	0,790
V _L %	Pérdida de suelo	0,697 %	17	16	2,51	2,51	0,759	0,650
V _S	Volumen de asientos	0,483 m³/m	18	17	1,75	1,86	0,556	0,516
Asiento Máximo			19	18	1,20	1,34	0,397	0,397
Sv _{max}	$S_{m\acute{a}x} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot i}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot i}, (m)$	0,02714 m	20	19	0,80	0,95	0,277	0,296
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	0,52	0,65	0,188	0,214
SH _{max}	$S_{h\acute{m}ax} = \frac{i}{Z_0} \cdot S_v = \frac{i}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{m\acute{a}x}, (m)$	0,00735 m	22	21	0,33	0,44	0,125	0,151
			23	22	0,21	0,29	0,081	0,103
Deformaciones en profundidad			24	23	0,13	0,18	0,051	0,069
Prof solera estructura o túnel (m)		7	25	24	0,08	0,11	0,032	0,045
$\delta Z_{m\acute{a}x}$	0,041003 m	(a nivel de solera)	26	25	0,04	0,07	0,019	0,028
iz=	6,769356 m	(a nivel de solera)	27	26	0,03	0,04	0,011	0,017
D.A.-Máx=	1 / 273	(Distorsión angular máxima)	28	27	0,01	0,02	0,006	0,010
D.H.U=	0,114 %	(deformación horizontal)	29	28	0,01	0,01	0,004	0,006
			30	29	0,00	0,01	0,002	0,004
			31	30	0,00	0,00	0,001	0,002
			32	31	0,00	0,00	0,001	0,001
			33	32	0,00	0,00	0,000	0,001
			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000
			35	34	0,00	0,00	0,000	0,000
			36	35	0,00	0,00	0,000	0,000
			37	36	0,00	0,00	0,000	0,000
			38	37	0,00	0,00	0,000	0,000
			39	38	0,00	0,00	0,000	0,000
			40	39	0,00	0,00	0,000	0,000
UMBRAL DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES			41	40	0,00	0,00	0,000	0,000
Asiento admisible			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000
Distorsión angular			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000
Deformación horizontal			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000
			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000
			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000

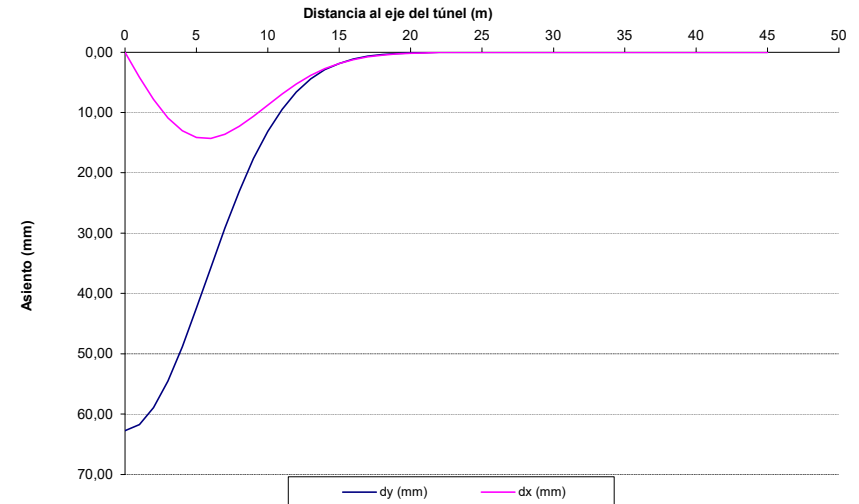
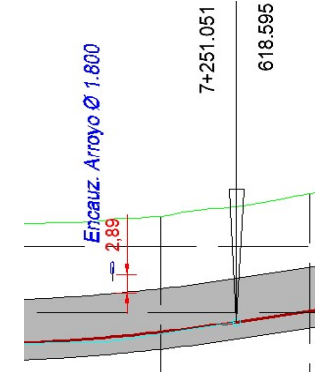
ALTERNATIVA 4.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

Tipo y Estado de las Estructuras Afectadas			Cubeta de asientos (PROFUNDIDAD COTA SOLERA)					
D	Diámetro de excavación del túnel	9,4 m	PUNTO	x (m)	δ_y (mm)	δ_x (mm)	D.A.	D.H. (%)
Z ₀	Profundidad del Eje del Túnel	15 m	1	0	62,71	0,00	0,974	-4,116
H/D		1,60	2	1	61,74	4,12	2,831	-3,738
Perfil geológico			3	2	58,91	7,85	4,433	-3,041
Hr	Espesor Rellenos Antrópicos Superficiales	4,00 m	4	3	54,47	10,89	5,651	-2,125
Hp	Espesor a Clave de Túnel de Suelos Pliocénicos	6,30 m	5	4	48,82	13,02	6,413	-1,117
Hp/D		0,67	6	5	42,41	14,14	6,706	-0,145
			7	6	35,70	14,28	6,571	0,686
Punto de Inflexión i			8	7	29,13	13,60	6,094	1,308
	Tipo de Terreno en frente de Túnel	Terciario Inalterado	9	8	23,04	12,29	5,381	1,693
	η	1,04	10	9	17,66	10,59	4,541	1,850
			11	10	13,12	8,74	3,673	1,819
i	Punto de inflexión	$i=\eta \cdot D \cdot \left(0,52 \cdot \frac{H}{D} - 0,21\right)$	12	11	9,44	6,93	2,854	1,654
		6,06 m	13	12	6,59	5,27	2,133	1,409
Volumen de Asientos			14	13	4,46	3,86	1,535	1,136
	Ley de variación de Vs en función de Hp/D		15	14	2,92	2,73	1,065	0,871
	Criterio	Global	16	15	1,86	1,86	0,713	0,637
V _L %	Pérdida de suelo	0,815 %	17	16	1,14	1,22	0,461	0,446
V _S	Volumen de asientos	0,566 m³/m	18	17	0,68	0,77	0,287	0,299
Asiento Máximo			19	18	0,39	0,47	0,173	0,193
Sv _{max}	$S_{max} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot l}} \cong \frac{V_s}{2,5 \cdot l}$, (m)	0,03724 m	20	19	0,22	0,28	0,101	0,120
Desplazamiento Horizontal Máximo			21	20	0,12	0,16	0,057	0,072
SH _{max}	$S_{hmax} = \frac{l}{Z_0} \cdot S_p = \frac{l}{Z_0} \cdot 0,61 \cdot S_{max}$, (m)	0,00918 m	22	21	0,06	0,09	0,031	0,041
Deformaciones en profundidad			23	22	0,03	0,05	0,016	0,023
Prof solera estructura o túnel (m)		8	24	23	0,02	0,02	0,008	0,012
δZ_{max}	0,062712 m (a nivel de solera)		25	24	0,01	0,01	0,004	0,006
iz	5,652949 m (a nivel de solera)		26	25	0,00	0,01	0,002	0,003
D.A.-Máx	1 / 149 (Distorsión angular máxima)		27	26	0,00	0,00	0,001	0,002
D.H.U	0,185 % (deformación horizontal)		28	27	0,00	0,00	0,000	0,001
			29	28	0,00	0,00	0,000	0,000
			30	29	0,00	0,00	0,000	0,000
			31	30	0,00	0,00	0,000	0,000
			32	31	0,00	0,00	0,000	0,000
			33	32	0,00	0,00	0,000	0,000
			34	33	0,00	0,00	0,000	0,000
			35	34	0,00	0,00	0,000	0,000
			36	35	0,00	0,00	0,000	0,000
			37	36	0,00	0,00	0,000	0,000
			38	37	0,00	0,00	0,000	0,000
			39	38	0,00	0,00	0,000	0,000
			40	39	0,00	0,00	0,000	0,000
UMBRALES DE CONTROL EN FUNCIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES EN ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS O TÚNELES EXISTENTES			41	40	0,00	0,00	0,000	0,000
Asiento admisible			42	41	0,00	0,00	0,000	0,000
Distorsión angular			43	42	0,00	0,00	0,000	0,000
Deformación horizontal			44	43	0,00	0,00	0,000	0,000
			45	44	0,00	0,00	0,000	0,000
			46	45	0,00	0,00	0,000	0,000

ALTERNATIVA 4.



CUBETA DE ASIENTOS EN PROFUNDIDAD. ESTRUCTURA O TÚNEL SITUADA SOBRE EL EJE DEL TÚNEL

APÉNDICE 2. TRAMIFICACIÓN DE LOS TRAZADOS EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE NIVEL DE CONTROL

NIVEL DE CONTROL	Edificaciones o servicios en el entorno de la excavación	Previsión de movimientos inducidos	Recubrimiento relativo de terciario H_p/D	Presencia de agua en el frente
VERDE	Alejados de la zona de influencia de las excavaciones. Exterior de $2i$	No supera el nivel ámbar de movimientos adicionales admisibles	$H_p/D > 1,0$	No es previsible la presencia de niveles arenosos con agua en el frente de excavación
ÁMBAR	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones, entre $(-2i, -i)$ y $(i, 2i)$	Se sitúan entre el umbral ámbar y rojo de movimientos adicionales admisibles	$0,5 < H_p/D < 1,0$	Se interceptan algunos niveles arenosos con probable presencia de agua.
ROJO	Se encuentran en la zona de influencia de las excavaciones (sobre las mismas, entre $-i, i$)	Superan el nivel rojo de movimientos adicionales admisibles	$H_p/D < 0,5$	Se interceptan numerosos niveles arenosos con agua.

PARÁMETRO →	Asiento δ_{adm}		
	[mm]		
UMBRAL DE CONTROL →	VERDE	ÁMBAR	ROJO
Zonas sin edificaciones.	< 50	50-100	> 100
Estructura subterránea o túneles existentes.	< 15	15-25	> 25
Edificios cimentados superficialmente sin daños aparentes.	< 10	10-15	> 15
Edificios con más de 10 alturas. Túneles existentes.	< 5	5-10	> 10

ALTERNATIVA 1						ALTERNATIVA 2						ALTERNATIVA 3						ALTERNATIVA 4						
	PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES (EDIFICIOS)	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA	
	0						0						0							0				
	100						100						100							100				
	200						200						200							200				
	300						300						300							300				
E1,1	400					E1,1	400						400							400				
	460						460						420							420				
	500						500						E1.2	500						500				
	600						600						580							580				
	700						700						600							600				
	800						800						700							700				
	900						900						800							800				
	1000						1000						900							900				
	1100						1100						1000							1000				
	1200						1200						1100							1100				
	1300						1300						1200							1200				
	1400						1400						1300							1300				
	1500						1500						1400							1400				
	1600						1600						1500							1500				
	1700						1700						1600							1600				
	1800						1800						1700							1700				
	1900						1900						1800							1800				
	2000						2000						1900							1900				
	2100						2100						2000							2000				
	2200						2200						2100							2100				
	2250						2250						E2	2200						E2	2200			
E2	2300					E 2	2300						2240							2240				
	2400						2400						2300							2300				
	2500						2500						2400							2400				
	2600						2600						2500							2500				
	2700						2700						2600							2600				
	2800						2800						2700							2700				
	2900						2900						2800							2800				
	3000						3000						2900							2900				
	3100						3100						3000							3000				
	3200						3200						3100							3100				
	3300						3300						3200							3200				
	3400						3400						3260							3260				
E3	3500					E 3	3500						E3	3300						E3	3300			
	3540						3540						3400							3400				
	3600						3600						3500							3500				
	3700						3700						3600							3600				
	3800						3800						3700							3700				
	3900						3900						3800							3800				
	4000						4000						3900							3900				
	4100						4100						4000							4000				
	4200						4200						4100							4100				
	4300						4290						4200							4130				
	4400						4300						4300							4200				
	4500						4400						4400							E4	4300			
	4600						4500						4500							4400				
	4700						4520						4600							4500				
	4800						4600						4700							4600				
	4900						4700						4800							4700				
	5000						4800						4900							4800				
	5100						4900						5000							4900				
	5200						5000						5100							5000				
	5300						5100						5200							5100				

ALTERNATIVA 1						ALTERNATIVA 2						ALTERNATIVA 3						ALTERNATIVA 4						
	PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS ADICIONALES ADMISIBLES (EDIFICIOS)	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA		PK	NIVEL DE CONTROL POR EDIFIC/SERV EN EL ENTORNO	NIVEL DE CONTROL POR PREVISIÓN DE MOVIMIENTOS INDUCIDOS	NIVEL DE CONTROL POR RECUBRIMIENTO RELATIVO Hp/D	NIVEL DE CONTROL POR PRESENCIA DE AGUA	
	5400						5200						5300							5200				
	5500						5300						5400							5300				
	5600						5400						5500							5400				
	5700						5500						5600							5500				
	5800						5600						5700							5580				
	5900						5700						5800							5600				
	6000						5720						5900						E5	5700				
	6100						E5 5800						6000							5705				
	6200						5880						6080							5800				
	6220						5900						6100							5900				
E4	6300						6000					E4	6200							6000				
	6360						6100						6220							6100				
	6400						6200						6300							6200				
	6500						6300						6400							6300				
	6600						6400						6500							6400				
	6700						6500						6600							6500				
	6800						6600						6700							6600				
	6900						6700						6800							6700				
	7000						6800						6900							6800				
	7100						6900						7000							6900				
	7200						7000						7100							7000				
	7300						7100						7200							7100				
	7400						7200						7300							7200				
	7500						7300						7400							7300				
	7600						7400						7500							7400				
	7700						7500						7600							7500				
	7800						7600						7700							7580				
	7900						7700						7800							7600				
	8000						7720						7900							7700				
	8100						E6 7800						8000							7710				
	8200						7860						8080							7800				
	8230						7900						8100							7900				
E5	8300						8000					E5	8200							8000				
	8360						8100						8220							8100				
	8400						8200						8300							8200				
	8500						8300						8400						poz o	8300				
	8600						8400						8500											
	8700						poz o 8450						8600											
	8800												8700											
	8900												8800											
	9000												8900											
	9100											poz o	9000											
poz o	9140																							

