

MEMORIA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS	1
1.2. ANTECEDENTES TÉCNICOS.....	1
1.2.1. Antecedentes correspondientes a la Línea 11 de Metro al sur del ámbito del proyecto	1
1.2.2. Antecedentes correspondientes a la remodelación de la M-30 en el entorno de Madrid Río	1
1.2.3. Proyectos correspondientes al entorno de Palos de la Frontera	1
1.2.4. Proyectos correspondientes al entorno de la actual estación de Embajadores.....	2
1.2.5. Proyectos correspondientes al entorno de la estación de Atocha	2
1.2.6. Proyectos correspondientes al entorno de la plaza del Conde de Casal	2
1.3. CUMPLIMIENTO DE DISPOSICIONES LEGALES Y NORMATIVA TÉCNICA.....	2
2. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	4
2.1. OBJETO	4
2.2. ÁMBITO.....	4
3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO.....	5
3.1. INTRODUCCIÓN.....	5
3.2. CONDICIONANTES BÁSICOS DE DISEÑO	7
3.2.1. Parámetros de diseño de trazado.....	7
3.2.2. Edificaciones.....	7
3.2.3. Infraestructuras existentes.....	7
3.2.4. Infraestructuras ferroviarias previstas.....	8
3.2.5. Intercambiador de autobuses Conde de Casal.....	8
3.2.6. Futuras prolongaciones	9
3.3. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.....	9
3.3.1. Alternativa 1	9
3.3.2. Alternativa 2.....	14

3.3.3. Alternativa 3	16	3.10.5. Atocha Renfe	53
3.4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	18	3.10.6. Conde de Casal	57
3.4.1. Cartografía	18	3.10.7. Materiales	58
3.4.2. Topografía	19	3.11. ESTRUCTURAS	58
3.5. TRAZADO	19	3.11.1. Consideraciones generales	58
3.5.1. Consideraciones generales	19	3.11.2. Estaciones	59
3.5.2. Parámetros de diseño	19	3.11.3. Pozos	61
3.5.3. Esquema de vías	20	3.12. MOVIMIENTO DE TIERRAS	63
3.6. ANÁLISIS DE DEMANDA	20	3.13. DRENAJE Y AGOTAMIENTO	65
3.6.1. Demanda actual de la línea	20	3.14. SUPERESTRUCTURA DE VIA	67
3.6.2. Circulaciones y frecuencia	21	3.14.1. Vía en placa	67
3.6.3. Estimación de la demanda futura de la línea	22	3.14.2. Drenaje longitudinal	67
3.6.4. Correspondencia del estudio de demanda con las alternativas seleccionadas	22	3.14.3. Material de vía	68
3.7. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	23	3.15. INSTALACIONES FERROVIARIAS	69
3.7.1. Encuadre geológico	23	3.15.1. Subestaciones de tracción	69
3.7.2. Unidades geotécnicas	24	3.15.2. Señalización	69
3.7.3. Materiales afectados por la excavación del túnel	25	3.16. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS	70
3.7.4. Sismología	25	3.16.1. Distribución de energía	70
3.7.5. Trabajos recopilados y Campaña de investigación geotécnica realizada	25	3.16.2. Transporte vertical	71
3.7.6. Tramificación Geológica-Geotécnica	26	3.16.3. Saneamiento, pozos de bombas pluviales y fecales	72
3.7.7. Caracterización geotécnica de los materiales	29	3.16.4. Agua caliente sanitaria	73
3.7.8. Riesgos geológico-geotécnicos	29	3.16.5. Protección contra incendios	73
3.8. HIDROGEOLOGÍA	30	3.16.6. Comunicaciones	73
3.9. TÚNELES	30	3.17. VENTILACIÓN	74
3.9.1. Sección geométrica	33	3.17.1. Ventilación de estación y pozos interestación	74
3.9.2. Procedimientos constructivos	34	3.17.2. Presurización de salidas de emergencia	74
3.9.3. Revestimiento del túnel	36	3.17.3. Refrigeración de cuartos técnicos	75
3.9.4. Obras auxiliares	37	3.18. EVACUACIÓN	75
3.9.5. Estudio de subsidencias y tratamientos del terreno	38	3.18.1. Evacuación de estaciones	75
3.10. DISEÑO DE ESTACIONES	43	3.18.2. Evacuación de túnel	76
3.10.1. Conceptos generales	43	3.19. INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES	77
3.10.2. Madrid Río	46	3.20. INVENTARIO DE EDIFICACIONES Y CIMENTACIONES	79
3.10.3. Palos de la Frontera	48	3.21. AFECCIONES A LA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA Y EN SUPERFICIE	80
3.10.4. Embajadores	51		

3.21.1. Afecciones a la explotación ferroviaria	80	8.1.5. Resultados y conclusión	99
3.21.2. Afecciones en superficie	83	8.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO	100
3.22. SERVICIOS AFECTADOS	83	9. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO	101
3.22.1. Afecciones a colectores de gran tamaño	84	10. CONCLUSIÓN FINAL	102
3.22.2. Afecciones al resto de servicios	84		
3.22.3. Conclusiones	85		
3.23. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	85		
3.23.1. Características urbanísticas del suelo atravesado	85		
3.23.2. Usos afectados por las alternativas	88		
3.23.3. Compatibilidad de las obras proyectadas con el planeamiento vigente	89		
3.24. EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES	89		
3.24.1. Terrenos afectados	90		
3.24.2. Relación de bienes y derechos afectados	91		
3.24.3. Valoración de los terrenos afectados	91		
3.25. FUTURAS PROLONGACIONES DE LA LÍNEA 11	91		
4. COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS	92		
4.1. INFORMACIÓN SOLICITADA	92		
4.2. ORGANISMOS Y EMPRESAS CONSULTADAS	92		
5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	93		
6. ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS	94		
7. PRESUPUESTO	94		
7.1. ALTERNATIVA 1	94		
7.2. ALTERNATIVA 2	94		
7.3. ALTERNATIVA 3	95		
8. ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	95		
8.1. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIOECONÓMICO	95		
8.1.1. Metodología	95		
8.1.2. Demanda de la futura infraestructura	96		
8.1.3. Costes	97		
8.1.4. Beneficios	98		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda actual en las estaciones de la línea 11	21
Tabla 2. Demanda actual de las estaciones que presentarán intercambio	21
Tabla 3. Oferta de Metro, parámetros día laborable.....	21
Tabla 4. Oferta de Cercanías, parámetros día laborable	22
Tabla 5. Demanda total para las estaciones por alternativas en el escenario 2035	23
Tabla 6. Análisis de demanda para las alternativas en el escenario 2035	23
Tabla 7. Campaña de investigación geotécnica.....	26
Tabla 8. Asignación de parámetros geotécnicos para los suelos de Madrid (Rodríguez Ortiz y Oteo, 2000).....	29
Tabla 9. Principales características y elementos de la Alternativa 1.....	31
Tabla 10. Principales características y elementos de la Alternativa 2.....	32
Tabla 11. Principales características y elementos de la Alternativa 3.....	32
Tabla 12. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 1.....	41
Tabla 13. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 2.....	41
Tabla 14. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 3.....	42
Tabla 15. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 1.....	42
Tabla 16. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 2.....	43
Tabla 17. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 3.....	43
Tabla 18. Salas técnicas, superficies y dimensiones	45
Tabla 19. Características principales de las estaciones de la Alternativa 1	46
Tabla 20. Características principales de las estaciones de la Alternativa 2	46
Tabla 21. Características principales de las estaciones de la Alternativa 3	46
Tabla 22. Ubicación de pozos de ventilación por alternativa.....	62
Tabla 23. Ubicación de salidas de emergencia en túnel por alternativa	62
Tabla 24. Ubicación de pozos de bombeo por alternativa.....	63
Tabla 25. Volúmenes de tierras por alternativa	63
Tabla 26. Tabla de explotaciones de residuos	64
Tabla 27. Tabla de capacidades en explotaciones de residuos contactadas.....	64
Tabla 28. Volumen de tierra potencialmente contaminado	65
Tabla 29. Caudal de Infiltración según Goodman (1995) para las distintas alternativas.....	65
Tabla 30. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 1	66
Tabla 31. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 2	66
Tabla 32. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 3	66
Tabla 33. Ascensores por estación y alternativa	71
Tabla 34. Escaleras mecánicas por estación y alternativa	72
Tabla 35. Estaciones y configuración de andenes por alternativa	75

Tabla 36. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 1	76
Tabla 37. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 2.....	76
Tabla 38. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 3.....	77
Tabla 39. Infraestructuras existentes. Alternativa 1	78
Tabla 40. Infraestructuras existentes. Alternativa 2	78
Tabla 41. Infraestructuras existentes. Alternativa 3	79
Tabla 42. Compañías y organismos afectados.....	83
Tabla 43. Resumen afecciones Alternativa 1.....	84
Tabla 44. Resumen afecciones Alternativa 2.....	84
Tabla 45. Resumen afecciones Alternativa 3.....	85
Tabla 46. Usos atravesados por las alternativas	89
Tabla 47. Superficies afectadas por la Alternativa 1	90
Tabla 48. Superficies afectadas por la Alternativa 2.....	90
Tabla 49. Superficies afectadas por la Alternativa 3.....	90
Tabla 50. Demanda prevista (viajes/día) en las tres alternativas estudiadas	97
Tabla 51. Inversión en infraestructura.....	97
Tabla 52. Inversión en material móvil	97
Tabla 53. Resumen de parámetros de rentabilidad de los escenarios calculados	99
Tabla 54. Pesos asignados a los objetivos	100
Tabla 55. Valoración de criterios por alternativa.....	100
Tabla 56. Valoración global de alternativas	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1. Ámbito del Estudio.....	5
Figura nº 2. Red actual de Metro de Madrid	5
Figura nº 3. Alternativas iniciales de trazado de ampliación de la línea 11 (2010)	6
Figura nº 4. Propuesta de trazado orientativo de ampliación de la línea 11 (2010).....	6
Figura nº 5. Propuesta de intercambiador de autobuses. Perfil longitudinal. CRTM, noviembre de 2018	8
Figura nº 6. Propuesta de intercambiador de autobuses. Planta nivel calle. CRTM, noviembre de 2018	9
Figura nº 7. Trazado de la Alternativa 1.....	9
Figura nº 8. Ámbito de influencia de la estación de Madrid Río.....	10
Figura nº 9. Esquema de vías Estación Conde de Casal y fondo de saco.....	13
Figura nº 10. Emplazamiento del pozo de ataque de la tuneladora.....	13
Figura nº 11. Trazado de la alternativa 2	14
Figura nº 12. Trazado de la alternativa 3	16

Figura nº 13. Trazado de las alternativas estudiadas.....	22	Figura nº 48. Nivel vestíbulo de la Estación de Atocha Renfe L11-L1	55
Figura nº 14. Sección tipo tuneladora.....	33	Figura nº 49. Nuevo vestíbulo de conexión Renfe – L11 (+620)	55
Figura nº 15. Sección tipo Método Belga	33	Figura nº 50. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 1.....	56
Figura nº 16. Sección tipo túnel entre pantallas	34	Figura nº 51. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 2.....	56
Figura nº 17. Sección tipo túnel entre pantallas, fondo de saco Conde de Casal.....	34	Figura nº 52. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 3.....	57
Figura nº 18. Posiciones del anillo universal de dovelas adoptado.....	36	Figura nº 53. Vestíbulo de la Estación de Conde de Casal L11	57
Figura nº 19. Posibles configuraciones ‘redundantes’ para la estanqueidad de las juntas entre dovelas	37	Figura nº 54. Sección longitudinal de Conde de Casal, L11.....	58
Figura nº 20. Geometría y solución estructural de los pozos de extracción de las alternativas.....	38	Figura nº 55. Esquema estación ejecutada entre pantallas con apuntalamiento mediante forjados ..	60
Figura nº 21. Detalle de las Zonas de Instalaciones Auxiliares. Localización y planteamiento de la obra.....	38	Figura nº 56. Esquema estación ejecutada con puntales	60
Figura nº 22. Planta del aparcamiento subterráneo situado en la Avenida del Mediterráneo	39	Figura nº 57. Esquema estación nivel andén en alternativa 2.	61
Figura nº 23. Alzado longitudinal del aparcamiento subterráneo situado en la Avenida del Mediterráneo.....	39	Figura nº 58. Contrabóveda y estructura de asiento de tuneladora.....	61
Figura nº 24. Planta Estación de Atocha con estructuras subterráneas	39	Figura nº 59. Detalle Cordón Hidrofílico Expansivo.....	66
Figura nº 25. Paso Superior Carretera A-3 sobre M-30	39	Figura nº 60. Ejemplo de sistema de fijación directa	67
Figura nº 26. Cimentación del Paso Superior de la Carretera A-3 sobre M-30.....	40	Figura nº 61. Detalle del Drenaje en Túnel de Metro	68
Figura nº 27. Esquema sección tipo de estación para las diversas configuraciones de andenes.....	44	Figura nº 62. Planta de trazado de la prolongación Conde de Casal - La Elipa	91
Figura nº 28. Planta de emplazamiento de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.....	47	Figura nº 63. Planta de trazado de la prolongación Conde de Casal - Alsacia.....	92
Figura nº 29. Sección longitudinal de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.	47	Figura nº 64. Valor terminal de un proyecto de transporte. Fuente: Manual de Evaluación Económica de Proyectos del Transporte (CEDEX)	96
Figura nº 30. Planta preandén de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.	47		
Figura nº 31. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2	48		
Figura nº 32. Sección transversal de la estación Madrid Río L11, Alternativa 2	48		
Figura nº 33. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.	49		
Figura nº 34. Sección longitudinal de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.....	49		
Figura nº 35. Planta vestíbulo de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.	49		
Figura nº 36. Planta preandén de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.	50		
Figura nº 37. Planta andén de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.....	50		
Figura nº 38. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2	50		
Figura nº 39. Sección longitudinal de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2.....	51		
Figura nº 40. Planta vestíbulo de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2.	51		
Figura nº 41. Planta de emplazamiento de la estación Embajadores L11, Alternativa 3.	52		
Figura nº 42. Sección transversal de la estación Embajadores L11.....	52		
Figura nº 43. Nivel conexión L11-L5.....	53		
Figura nº 44. Nivel preandén estación Embajadores L11	53		
Figura nº 45. Estación Atocha Renfe L1, nivel vestíbulo	54		
Figura nº 46. Estación Atocha Renfe L1, nivel andenes	54		
Figura nº 47. Superposición de la nueva estación y la estación existente.	54		

1. INTRODUCCIÓN

La UTE Geoconsult España Ingenieros Consultores, S.A., AudingIntraesa, S.A. e Investigación y Control de Calidad, S.A. (GEOCONSULT AUDINGINTRAESA INCOSA UTE LÍNEA 11) es la adjudicataria del contrato de SERVICIOS PARA LA REDACCIÓN DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 11 DEL METRO DE MADRID. TRAMO: PLAZA ELÍPTICA – CONDE DE CASAL.

El objeto del contrato consiste en la redacción del Proyecto correspondiente a la ampliación de la Línea 11 del Metro de Madrid desde la estación de Plaza Elíptica hasta su conexión con la estación de Conde de Casal de la línea 6 de Metro.

Como fase previa al desarrollo del Proyecto Constructivo es preciso llevar a cabo trabajos de diagnóstico de la situación actual, necesarios para la selección y definición de la solución constructiva a desarrollar. Este proceso de diagnóstico del estado actual y selección de la solución óptima de prolongación de la línea 11 es el que se recoge en el presente “**Estudio Informativo de Ampliación de la Línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica-Conde de Casal**”.

1.1. ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS

Son antecedentes administrativos al presente Estudio los siguientes:

- Resolución de la Secretaría General Técnica de la Consejería de Transportes, Vivienda e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid por la que se convoca licitación pública para Redacción del proyecto de ampliación de la línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica - Conde de Casal (BOE de 22 de enero de 2018), así como su modificación (BOE de 3 de febrero de 2018).
- Resolución de la Secretaría General Técnica de la Consejería de Transportes, Vivienda e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, por la que se dispone la publicación de la formalización del contrato de Servicios para la redacción del proyecto de ampliación de la línea 11 de Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica-Conde de Casal (BOE de 18 de agosto de 2018), contrato previamente adjudicado en fecha 15 de junio de 2018 y formalizado en fecha 25 de julio de 2018.

1.2. ANTECEDENTES TÉCNICOS

No existen antecedentes técnicos directos al presente Estudio Informativo.

No obstante lo anterior, existen proyectos y estudios previos que condicionan su redacción y que por ello ha sido consultados. Estos proyectos se enumeran a continuación, agrupándose, para una mejor comprensión de su afección, por zona de implantación.

1.2.1. Antecedentes correspondientes a la Línea 11 de Metro al sur del ámbito del proyecto

Se enumeran bajo este epígrafe las actuaciones realizadas para poner en servicio la actual línea 11 del Metro de Madrid, realizada en tres fases, correspondiéndose pues, la incluida en este proyecto, con su cuarta ampliación. Todas estas actuaciones se sitúan al sureste de la estación de la Plaza Elíptica.

- Proyecto de Construcción de la Ampliación del Metro a Carabanchel Alto. Tramo Plaza Elíptica – Pan Bendito, así como sus variantes. El tramo fue inaugurado en noviembre de 1998, y en él que se encuentran las estaciones de Plaza Elíptica, Abrantes y Pan Bendito.
- Proyecto constructivo de la Infraestructura de Prolongación de la línea 11 de Metro de Madrid Tramo San Francisco – La Peseta, así como sus modificados. El tramo fue inaugurado en 2006, y en él que se encuentran las estaciones de San Francisco, Carabanchel Alto y La Peseta.
- Proyecto constructivo de la Infraestructura de Prolongación de la línea 11 de Metro de Madrid al barrio de La Fortuna, así como su modificado. Las obras correspondientes a este tramo fueron inauguradas en 2010, y en él que se encuentra la estación de La Fortuna.

1.2.2. Antecedentes correspondientes a la remodelación de la M-30 en el entorno de Madrid Río

Se enumeran a continuación los proyectos correspondientes a Madrid Calle 30 en el entorno de Madrid en cuyo ámbito se implanta el presente proyecto.

- Proyecto de soterramiento de la M-30 entre en el Puente de San Isidro y el Puente de Praga, y su proyecto de liquidación de septiembre de 2007.
- Proyecto de remodelación de la M-30. Tramo Puente de Praga – Nudo Sur, de julio de 2007, así como su modificado N°1, de marzo de 2007.
- Proyecto de construcción de la calzada izquierda de la conexión del Paseo de Santa María de la Cabeza – N-III, correspondiente al by-pass sur de la M-30, así como sus modificados y proyecto fin de obra, de septiembre de 2007.

1.2.3. Proyectos correspondientes al entorno de Palos de la Frontera

En la zona de Palos de la Frontera, cabe citar el proyecto de reforma de la estación de Metro de Palos de la Frontera, que data de 2006.

1.2.4. Proyectos correspondientes al entorno de la actual estación de Embajadores

En la zona de Embajadores, se encuentra el proyecto de la estación de Metro Embajadores, así como sus sucesivas modificaciones, la última de las cuales data del año 2006.

1.2.5. Proyectos correspondientes al entorno de la estación de Atocha

Se listan en este epígrafe los proyectos correspondientes al entorno de la estación de Atocha y que condicionan al presente proyecto.

- Proyectos correspondientes a la Operación Atocha, realizados entre 1985 y 1992, y que incluyen:
 - La Estación de Largo Recorrido y su acondicionamiento.
 - La Estación de cercanías, en servicio desde 1988.
 - La nueva Estación de Metro, Atocha-Renfe, línea 1, en servicio desde 1988.
 - El túnel Embajadores-Atocha del ferrocarril Madrid – Móstoles, correspondiente a la línea de cercanías C-6.
 - La urbanización del entorno de la estación de Atocha.
- Proyecto Básico y Estudio Informativo del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha, redactado para el Ministerio de Fomento en septiembre de 2004 y octubre de 2006, respectivamente.
- Estudio informativo del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha, redactado para la Dirección General de Ferrocarriles de la Secretaría General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento en 2006.
- Ampliación del Complejo Ferroviario de Atocha. Fase 1 (inaugurada en diciembre de 2010)
- Proyecto constructivo de subsanación de patologías ITE Estación Puerta de Atocha. Proyecto de ejecución de actuaciones para la reparación del muro de cierre de la estación Madrid Puerta de Atocha a la calle Méndez Álvaro, redactado para Adif en abril de 2016.
- Proyecto constructivo para sustituciones completas de aparatos de vía por estado de materiales en la cabecera sur de la Estación de Puerta de Atocha redactado para Adif en 2016.
- Proyecto Constructivo de renovación de vía y electrificación del túnel Atocha-Recoletos-Chamartín. L900, redactado para la Dirección General de Ferrocarriles de la Secretaría General de Infraestructuras del Ministerio de Fomento en 2018.
- Proyecto del Nuevo Complejo ferroviario de la estación pasante de Atocha (Madrid). Proyecto básico de la fase 2. Estación pasante, redactado para Adif en octubre de 2018.

1.2.6. Proyectos correspondientes al entorno de la plaza del Conde de Casal

Se listan en este epígrafe los proyectos correspondientes al entorno de la Plaza de Conde de Casal y que condicionan al presente proyecto

- Proyecto de Construcción del intercambiador de transportes de Plaza Conde de Casal, redactado en 2004 para el Ayuntamiento de Madrid, así como las posteriores propuestas realizadas en 2018 por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- Proyecto de construcción de la calzada izquierda de la conexión del Paseo de Santa María de la Cabeza-N-III, correspondiente al by-pass sur de la M-30, así como su proyecto final de obra, redactado para Madrid Calle 30.
- Proyecto de actuaciones de mejora del enlace de la M-30 con la A-3, así como sus modificados redactados para Madrid Calle 30.

1.3. CUMPLIMIENTO DE DISPOSICIONES LEGALES Y NORMATIVA TÉCNICA

A continuación, se identifican las principales disposiciones legales y normativas técnicas consideradas para la redacción del presente Estudio Informativo:

1. Normativa de Básica de Carácter General:

- Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público y su normativa de desarrollo, en especial el Reglamento General de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, y el Reglamento de Contratación Pública de la Comunidad de Madrid, aprobado por Decreto 249/2003, de 3 de abril.

2. Normativa de referencia para el cálculo estructural:

- Instrucción de acciones a considerar en puentes de ferrocarril (IAPF) aprobada mediante la Orden FOM/3671/2007 de 24 de septiembre.
- Instrucción de hormigón estructural EHE-08 aprobada por el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio y la posterior corrección de errores del Real Decreto.
- Instrucción de Acero Estructural (EAE) aprobada por el Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo y la posterior corrección de errores.
- Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02) aprobada mediante el REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre.

3. Normativa Medioambiental:

EUROPEA

- Directiva 79/409/CEE del Consejo, de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres
- Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres
- Directiva 2002/49/CE, de 25 de junio, sobre la evaluación y gestión del ruido ambiental
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres

NACIONAL

- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas
- Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
- Real decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas
- Real Decreto 1038/2012, de 6 de julio, por el que modifica el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas

AUTONÓMICA

- Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid

- Ley 8/2005, de 26 de diciembre, de protección y fomento del arbolado urbano de la Comunidad de Madrid.
- Ley 2/1991, de 14 de febrero, para la Protección y Regulación de la Fauna y Flora Silvestres de la Comunidad de Madrid
- Decreto 18/1992, de 26 de marzo por el que se aprueba el Catálogo Regional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres y se crea la categoría de árboles singulares
- Decreto 55/2012, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece el régimen legal de protección contra la contaminación acústica en la Comunidad de Madrid

MUNICIPAL

Ordenanza de Protección contra la Contaminación Acústica y Térmica (BO. Ayuntamiento de Madrid 07/03/2011 num 6385 pag 6-46)

4. Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas:

- Real Decreto 1544/2007 de 23 de noviembre, por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad.
- Ley 8/1993, de 22 junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas.
- Decreto 138/1998, de 23 de julio, por el que se modifican determinadas especificaciones técnicas de la Ley 8/1993, de 22 de junio, de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas.
- Decreto 13/2007, de 15 de marzo, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Desarrollo en Materia de Promoción de la Accesibilidad y Supresión de Barreras Arquitectónicas.
- Instrucción de Promoción de accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas ANM 2002\29.
- Ordenanza sobre Supresión de Barreras Arquitectónicas en las Vías Públicas y Espacios Públicos ANM 1980\3.

5. Evacuación:

- ORDEN de 28 de julio de 2005, de la Consejería de Transportes e Infraestructuras, por la que se aprueba la Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de obras subterráneas para el transporte terrestre en el ámbito de la Comunidad de Madrid. BOCM 25 de AGOSTO de 2005.

- Ordenanza de Prevención de Incendios del Ayuntamiento de Madrid. ANM 1993\1
- Proyecto funcional de estaciones, túneles y subestación de Metro de Madrid (Edición I)
- NFPA130. Standard for Fixed Transit and Passenger Rail Systems

6. Normas de Seguridad:

- Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto Legislativo 8/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

7. Normativa Urbanística:

Las cuestiones urbanísticas se sustanciarán por la Ley 9/2001, de 17 de julio, del Suelo de la Comunidad de Madrid, y demás normativa urbanística que resulte de aplicación; en particular:

- Ley 3/2013, de 18 de junio, de Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid
- Ley 9/1995, de 9 de marzo, de Medidas de Política Territorial, Suelo y Urbanismo de la Comunidad de Madrid.
- Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Suelo.

8. Normativas técnicas:

- Proyecto Funcional de Estaciones y Túneles de Metro de la Comunidad de Madrid.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, y sus posteriores modificaciones.
- Normativa específica de accesibilidad, en especial de la Comunidad de Madrid y la referida a los medios de transporte colectivo.
- Normativa propia del Ayuntamiento de Madrid, así como las Ordenanzas Regulatoras.
- Ley de Ordenación y Coordinación de los Transporte Urbanos de la Comunidad de Madrid.

2. ALCANCE DEL ESTUDIO

2.1. OBJETO

El objeto del presente Estudio es la definición de diferentes alternativas de trazado y de estaciones para la ampliación de la línea 11 de Metro de Madrid, en el tramo comprendido entre Plaza Elíptica y Conde de Casal, realizando un estudio comparativo de las mismas, con el objeto final de seleccionar la alternativa óptima mediante un análisis multicriterio considerando parámetros ambientales, económicos, funcionales y territoriales.

2.2. ÁMBITO

A efectos de recopilación de datos del estado actual y condicionantes externos del proyecto, y de definición de las diferentes alternativas, se ha definido un ámbito de actuación en base a las prerrogativas que establece de manera inicial el pliego de condiciones del contrato, a saber:

1. El nuevo trazado partirá de la estación de Plaza Elíptica, dando de este modo continuidad a la línea 11 de Metro de Madrid desde esta estación hacia el noreste de la ciudad de Madrid.
2. Contará con una estación de intercambio con la línea 3 de Metro de Madrid.
3. Se proyectará una estación en Atocha Renfe, que permitirá el intercambio con la línea 1 de Metro y los servicios de cercanías, AVE, larga y media distancia de Renfe.
4. El trazado finalizará en Conde de Casal, donde se proyectará una nueva estación intercambiador, que permita el transbordo con la línea 6 de Metro y el alojamiento de una nueva terminal de autobuses interurbanos.
5. Se proyectarán, de manera adicional a las ya descritas, dos estaciones intermedias distintas a las anteriormente relacionadas, a no ser que finalmente no resulten necesarias de acuerdo a los resultados del estudio de demanda.

En base a ello, se define un corredor con inicio en el fondo de saco existente en Plaza Elíptica y final en el entorno de la actual estación de conde de Casal L6. Se establecen como puntos fijos las estaciones de Atocha Renfe y Conde de Casal.

Entre Atocha Renfe y Conde de Casal, el corredor se reduce al entorno del Paseo de la Reina Cristina y la Avenida del Mediterráneo, mientras que entre Plaza Elíptica y Atocha, el corredor se ensancha entre el Paseo de las Delicias y el Paseo de las Acacias-Ronda de Valencia, al norte del Río Manzanares, y entre la Calle de Antonio de Leyva y la Calle de Marcelo Usera, al sur del Río.

El Estudio se desarrolla íntegramente en el municipio de Madrid, en un ámbito completamente urbano y consolidado, con una elevada densidad de edificaciones, principalmente residenciales.

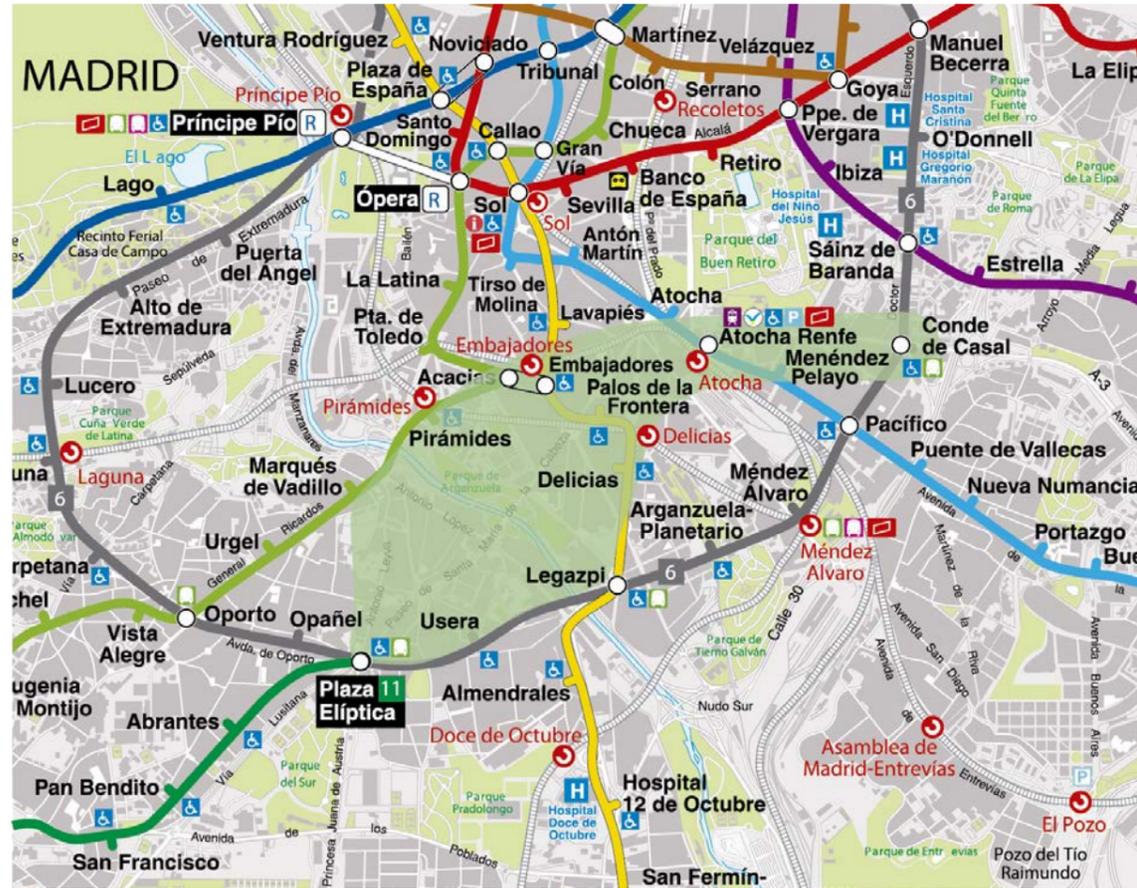


Figura nº 1. Ámbito del Estudio

3. DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

3.1. INTRODUCCIÓN

El actual Plano de la Red de Metro de la Comunidad de Madrid, tras las últimas ampliaciones de la red llevadas a cabo en los primeros años del siglo XXI, presenta un marcado carácter radial que adolece de falta de conexiones entre líneas a medida que éstas se alejan del centro, restando competitividad al Metro en los viajes transversales y sobrecargando la línea 6 circular, que conecta las líneas transversalmente.

La carga de las líneas radiales aumenta desde los extremos, donde los destinos son escasos, hacia el centro, donde la gama de destinos se hace más amplia. Por ello la necesidad de conectar los radios se hace más acuciante a medida que nos acercamos al centro, donde a menudo la

conexión disponible no es interesante para alcanzar el destino o bien no existe, especialmente en las zonas sureste y este de la red.

Este problema afecta de manera destacada a la línea 6 de Metro, que como línea circular acumula a sus propios tráficos la conexión de las líneas radiales.

La extensión de la línea 11 hacia el centro aporta una solución a esta problemática, potenciando una conectividad transversal de la red en el sector sureste.

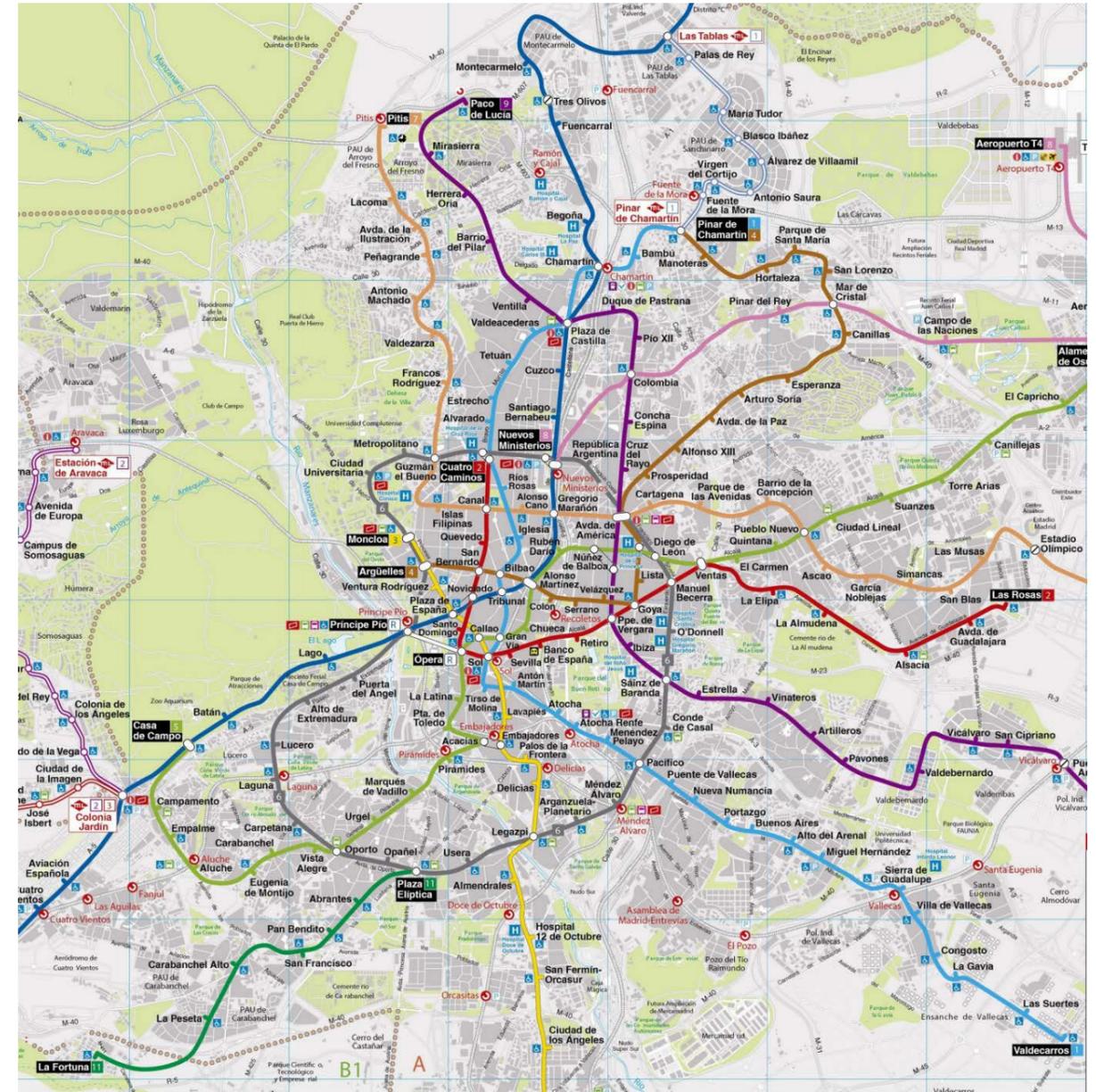


Figura nº 2. Red actual de Metro de Madrid

Estudios previos, realizados entre 2010 y 2011 por la Consejería de Transportes, preveían la necesidad de ampliar la línea 11 hasta convertirse en la segunda línea transversal-circular de la red de Metro, cosiendo la mayor parte de las líneas existentes, de concepción radial.

Por su posición estratégica, la prolongación planificada de la línea 11 (L11) de sur a norte desde Plaza Elíptica hasta Chamartín crearía un nuevo eje transversal que permitiría:

- Descongestionar la Línea 6: Creando un tramo de L11 interior a la L6 entre Plaza Elíptica y Conde de Casal, se completaría la malla por el lado sur y se pondría en servicio una alternativa al tramo mencionado de L6, repartiéndose la carga entre las 2 líneas y superando los actuales problemas de congestión de esta última.
- Conectar con la Estación de Atocha: La Terminal de Alta Velocidad de Atocha tendrá en un futuro próximo una demanda superior a los 30 millones de viajeros/año. Las ampliaciones en marcha permitirán la conexión con los ejes nacionales e internacionales más importantes. Sin embargo, su conexión con la red del Metro de Madrid se limita a una sola línea (la línea 1 en la estación de Atocha-Renfe). La carga de viajeros que se va a generar requiere una mejora de las conexiones con la Red de Metro que no concentre en una sola línea todo el tráfico de conexión entre ambas redes. El paso de la futura prolongación de la L11 por Atocha se hace necesario para evacuar y alimentar el futuro Intercambiador de Atocha.
- Intercambio con el mayor número posible de líneas de Metro: El trazado a desarrollar, por su concepción transversal, permitirá intercambiar con un gran número de líneas de Metro, descargando éstas y generando rutas alternativas a la línea 6 para la comunicación de líneas radiales.

La L11 es una de las líneas de mayor potencial en la Red de Metro de Madrid. Su prolongación mejora los tránsitos, los tiempos de transporte, la utilización y las posibilidades de transporte de la red y la prepara para los absorber y repartir los crecimientos futuros. Las posibilidades de intercambio con 10 de las líneas existentes y su carácter transversal dan coherencia a su ampliación en la evolución de la malla de metro, respondiendo a los desafíos que actualmente ya están planteados.

Los estudios citados realizados entre 2010 y 2011, planteaban una primera etapa de prolongación de la línea con inicio en Plaza Elíptica, cruzando la M-30 en el entorno de Santa María de la Cabeza, con destino a la estación de Atocha Renfe, desde donde continuaba hacia la estación de línea 2 de La Elipa.

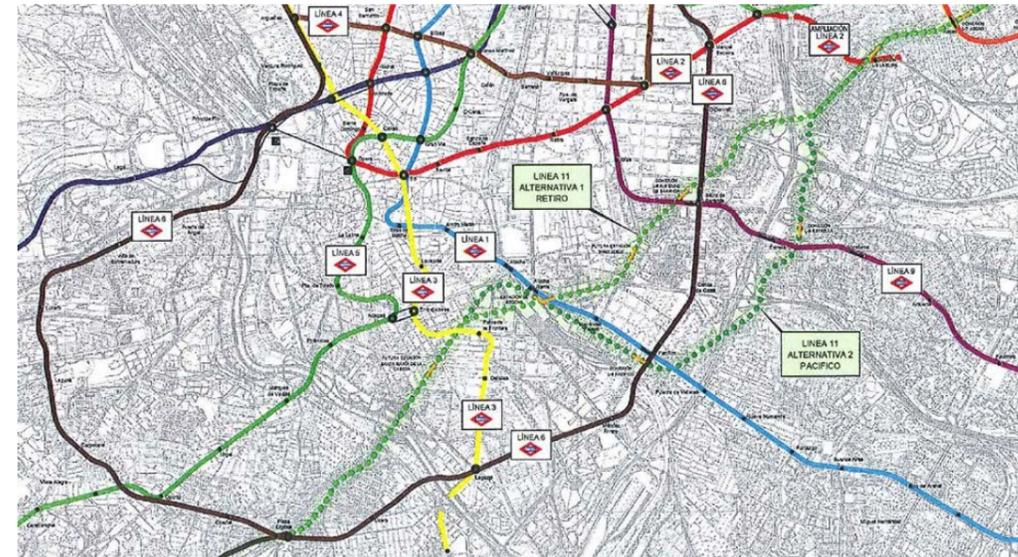


Figura nº 3. Alternativas iniciales de trazado de ampliación de la línea 11 (2010)



Figura nº 4. Propuesta de trazado orientativo de ampliación de la línea 11 (2010)

3.2. CONDICIONANTES BÁSICOS DE DISEÑO

Los condicionantes más significativos del diseño del trazado y de las estaciones son los siguientes:

3.2.1. Parámetros de diseño de trazado

Los trazados de los túneles de las diferentes alternativas se han diseñado teniendo en cuenta los requerimientos establecidos para el trazado de vías de nuevas líneas recogidos en el Documento Técnico "Geometría de vía" (MM-DT-00-01, Edición 0, febrero 2014), perteneciente a la "Normativa Técnica Básica de Vía de Metro de Madrid". En ese sentido, se han respetado de forma estricta los límites relativos a los radios de curvatura en planta y a las pendientes longitudinales de vías. Todas las alternativas desarrolladas cumplen estas prescripciones, detalladas en el apartado 3.5.2 del presente documento.

3.2.2. Edificaciones

Los trazados están diseñados de forma que discurren en la mayor parte de su recorrido bajo ejes viarios. Nos obstante, resulta inevitable, en una trama tan densamente urbanizada, pasar bajo edificios, principalmente en las zonas donde se implementan alineaciones curvas. En cualquier caso se han identificado e inventariado dichas edificaciones, caracterizando tanto sus alturas como sus niveles soterrados, así como la tipología y profundidad de su cimentación, para garantizar un recubrimiento suficiente entre las mismas y el túnel.

Como criterio de diseño del trazado en alzado, todas las alternativas consideradas prevén, de manera general, que la clave del túnel se sitúe a una profundidad mínima de un diámetro y medio (1,5) por debajo del nivel inferior de las edificaciones.

3.2.3. Infraestructuras existentes

Cualquier opción de prolongación de la línea 11, entre Plaza Elíptica y Conde de Casal, atraviesa en su recorrido un elevado número de infraestructuras de transporte soterradas, tanto viarias como ferroviarias. Esto condiciona de forma destacada la profundidad de diseño del túnel y de las estaciones de la prolongación, ante la necesidad de cruzar en la totalidad de los casos bajo las infraestructuras existentes. Es por ello que, como se verá, las profundidades de túnel y estaciones son relativamente elevadas en todas las alternativas.

Las principales infraestructuras existentes a considerar son las siguientes:

Fondo de saco de Plaza Elíptica:

El trazado proyectado en todas las alternativas estudiadas parte del fondo de saco actual de Plaza Elíptica, situado bajo el Paseo de Santa María de Cabeza. En base a la información disponible

respecto al trazado de vías en el mismo, se ha definido como PK 0+000 de la nueva ampliación el punto en planta y alzado ($x= 439245.88$, $y= 4470969.86$, $z=585.65$) correspondiente a la ubicación de las actuales toperas del fondo de saco. En ese punto, el trazado actual sigue una alineación recta en planta y una pendiente constante descendente de 35 milésimas.

Aparcamientos soterrados:

Independientemente de los aparcamientos asociados a niveles de sótanos de las edificaciones inventariadas, se han identificado a lo largo de la traza una serie de infraestructuras soterradas correspondientes a aparcamientos de titularidad pública, que han condicionado el paso del túnel, a efectos también de garantizar un recubrimiento suficiente.

Viales soterrados:

En el ámbito de Estudio encontramos un número considerable de ejes viarios soterrados. En la mayoría de los casos dichos viales soterrados son relativamente superficiales, por lo que no condicionan el trazado del túnel, pero sí la ubicación y complejidad de algunas estaciones. Es el caso del viario soterrado de Av. Mediterráneo, afectado por la construcción de la estación de Conde de Casal. Otros viarios soterrados en el ámbito de actuación son el de Santa María de la Cabeza, Atocha o Mariano de Cavia.

En cambio, especial mención requieren los viarios soterrados de la M-30. En su recorrido hacia Conde de Casal, las diferentes alternativas han de cruzar de forma inevitable bajo el río Manzanares. En este ámbito, el principal condicionante no es el cauce fluvial, sino las infraestructuras viarias asociadas a la M-30, cuyos viales principales discurren soterrados en paralelo al cauce a ambos márgenes del río. A estos viales principales se añaden multitud de ramales y vías de conexión con los diferentes ejes viarios transversales que cruzan el río. La mayoría de estas infraestructuras fueron construidas a cielo abierto, mediante ejecución de pantallas continuas o de pilotes de gran profundidad. Las cotas inferiores de estas pantallas son el principal condicionante geométrico al paso del túnel de L11. Como se verá más adelante, en algunas alternativas ha sido necesario aumentar el desarrollo del túnel para garantizar el paso bajo esas infraestructuras cumpliendo parámetros de trazado en alzado.

Como criterio de diseño del trazado en alzado, todas las alternativas consideradas prevén, de manera general, que en los cruces con viales soterrados la clave del túnel se sitúe a una profundidad mínima de medio diámetro (excepcionalmente 4 metros).

Túneles ferroviarios:

En el ámbito de Estudio encontraremos diferentes túneles ferroviarios:

- **Túnel de Línea 3:** Recorre transversalmente el ámbito de estudio, entre las estaciones de Legazpi y Embajadores. Circula a poca profundidad, no siendo condicionante crítico para el trazado del túnel de L11. Es de relevancia su posición para el diseño de las estaciones de correspondencia en Palos de la Frontera.
- **Pasillo Verde (Cercanías).** Este túnel de cercanías discurre a una cota bastante superficial, por lo que es sencillo respetar los recubrimientos mínimos.
- **Túnel by-pass en Atocha.** Se trata del túnel de alta velocidad que, procedente de Chamartín, circula bajo la estación actual de Atocha. Es un condicionante de relevancia, por encontrarse a cotas bajas.
- **Túneles de Cercanías Atocha.** Los túneles de Sol, Recoletos y Embajadores, en su entrada a la estación de Atocha-Cercanías, se encuentran una cota superior a los anteriores, por lo que es un condicionante de menor grado.
- **Túnel de Línea 1:** Es atravesado por las diferentes alternativas en el entorno de la estación de Atocha Renfe L1. Discurre a poca profundidad, no siendo condicionante crítico para el trazado del túnel de L11. Es de relevancia su posición para el diseño de la estación de Atocha Renfe L11.
- **Túnel de Línea 6:** El trazado de L11 cruza bajo el túnel de L6 en idéntica posición para todas las alternativas, con menos de un diámetro de recubrimiento, en las inmediaciones del pozo de ataque de la tuneladora.

Estaciones ferroviarias soterradas:

Las estaciones soterradas en el ámbito de actuación son Delicias L3, Palos de la Frontera L3, Embajadores L3, Acacias L5, Atocha Renfe L1 y Conde de Casal L6. De todas ellas, sólo Delicias L3, por la profundidad de los pilotes ejecutados asociados a la ampliación de la estación realizada en 2006, es condicionante para el trazado de L11.

3.2.4. Infraestructuras ferroviarias previstas

En el ámbito de Atocha, están previstas una serie de actuaciones ferroviarias, todas ellas asociadas a las diferentes fases de ampliación de la estación de Atocha. Por su ubicación en planta y alzado, son condicionantes para el proyecto de L11 las siguientes:

- **Túnel pasante en Atocha.** Se trata del túnel de alta velocidad que se segregará del túnel existente by-pass para dirigirse a la futura estación pasante de Atocha, situada bajo la actual estación de alta velocidad. Es un condicionante de relevancia, por encontrarse a cotas bajas. Este proyecto se encuentra actualmente en fase de Proyecto Básico.

- **Túnel de ampliación de Cercanías Atocha.** El Estudio Informativo de ampliación de la Estación de Atocha contempla la ampliación de la estación de cercanías actual, incorporando un nuevo andén y dos vías adicionales a las existentes en el lado norte de la estación. El futuro túnel de acceso a dicho andén se encuentra a la misma cota que la playa de vías actual de cercanías, por lo que es un condicionante de menor grado para el túnel de L11. No obstante, el túnel de cercanías está previsto discorra bajo el vestíbulo existente de Atocha Renfe L1, por lo que se deberá tener en cuenta en el proyecto de ampliación del mismo para materializar la correspondencia con la futura L11.

3.2.5. Intercambiador de autobuses Conde de Casal

Uno de los condicionantes principales del proyecto es la necesidad de prever la futura construcción de un intercambiador de autobuses en el emplazamiento de la estación de Conde de Casal, nueva cabecera de línea tras la prolongación de la línea 11.

Dicho intercambiador se ubicaría en la Av. Mediterráneo, entre la Plaza Conde de Casal y la M-30.

La propuesta preliminar de estación de autobuses facilitada por el Consorcio Regional de Transporte de Madrid contempla la construcción de un edificio de dos plantas sobre rasante, en la planta baja del cual, a nivel de calle, se habilitaría la dársena de autobuses. Se trata, pues, de un intercambiador de superficie, aunque su implementación en el eje de la Av. Mediterráneo comportará que el paso inferior viario actual deba ser modificado, prolongando su longitud soterrada en dirección M-30 para permitir la ubicación de la dársena de autobuses sobre el mismo. Debajo de este vial, se habilitaría la estación de metro, tanto el nivel de andenes como los niveles superiores necesarios para el acceso de pasaje y dependencias.

El presente documento estudiará la compatibilidad de las infraestructuras citadas (intercambiador, estación de metro y ejes viarios), proponiendo una solución a la nueva infraestructura de metro que permita la implantación del intercambiador de autobuses y la correcta comunicación de los flujos de usuarios de metro y autobús.

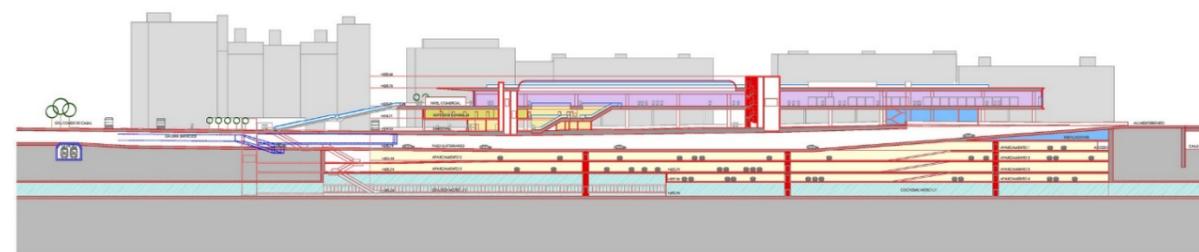


Figura nº 5. Propuesta de intercambiador de autobuses. Perfil longitudinal. CRTM, noviembre de 2018



Figura nº 6. Propuesta de intercambiador de autobuses. Planta nivel calle. CRTM, noviembre de 2018

3.2.6. Futuras prolongaciones

El Estudio ha de garantizar la viabilidad técnica y constructiva de las posibles extensiones futuras de la línea L11 más allá de Conde de Casal. A tal efecto, se han estudiado trazados de prolongación de la línea hacia las estaciones de La Elipa L2 y Alsacia L2, según indicaciones del Consorcio Regional de Transporte de Madrid, basadas en las estimaciones de demanda, y una previsión ulterior de prolongación de la línea hasta Canillejas L5 (C/ Julián Camarillo).

3.3. ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

3.3.1. Alternativa 1

La alternativa 1 plantea una solución de trazado que busca, en primera instancia, ubicar una estación en el entorno de Madrid Río, lo más cerca posible del Paseo de Santa María de la Cabeza. Posteriormente, dada la necesidad de un intercambio con la línea 3, el trazado buscará acercarse lo más posible a la ubicación de la actual estación de Palos de la Frontera. Seguidamente, siguiendo los requerimientos del encargo, buscará intercambio con las líneas L1 y L6 en Atocha Renfe y Conde de Casal respectivamente.

El trazado se inicia en el actual fondo de saco de Plaza Elíptica, dando continuidad a las vías existentes, situadas bajo el lateral del Paseo de Santa María de la Cabeza, a unos 14m de profundidad respecto a la superficie.

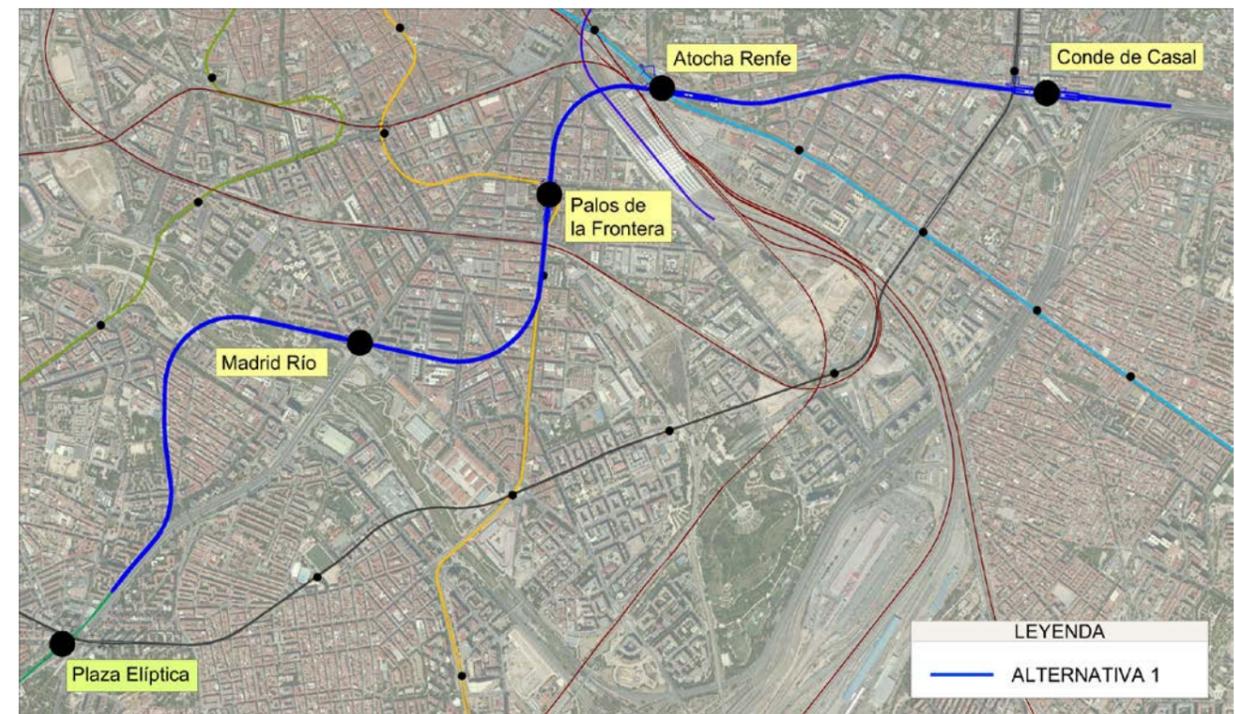


Figura nº 7. Trazado de la Alternativa 1

Como se justificará más adelante, está previsto que la mayor parte del trazado se excave en mina mediante tuneladora. El pozo de introducción de la misma se ubicará en el extremo final de la ampliación, en el ámbito de la estación de conde de Casal, por lo que la excavación se realizará en sentido descendente de PK's. Será necesario pues, en el entorno del final del fondo de saco actual de Plaza Elíptica, habilitar un pozo de extracción de la tuneladora.

La ubicación del mismo dependerá tanto de su ubicación respecto al entorno urbano (minimización de afecciones en superficie y disponibilidad de espacio para el desmontaje de la tuneladora) como del recubrimiento de tierras sobre clave de túnel y las características del terreno. A efectos del presente Estudio Informativo, se ha ubicado el pozo de extracción a la altura de la calle Zújar, punto en el que el recubrimiento de tierras sobre clave desciende por debajo del diámetro de excavación.

Entre el final actual del fondo de saco (PK 0+000) y el pozo de extracción de la tuneladora (PK 0+126) está previsto que el túnel sea ejecutado entre pantallas (Cut & Cover).

Está previsto que dicho pozo de extracción sea habilitado, una vez extraída la tuneladora, como salida de emergencia permanente del túnel (SE1, PK 0+126), dando así cumplimiento a la normativa respecto a distancias máximas de recorrido de evacuación.

Como se ha comentado anteriormente, el principal condicionante de trazado en esta zona es el paso bajo los viales de la M-30 en el entorno del río Manzanares. Es por ello que los valores de pendiente longitudinal del túnel se acercan a los parámetros límite (35 milésimas), respetando cuando es preciso la correspondiente reducción de la pendiente por coincidencia con alineación curva en planta (pendiente ficticia).

Desde el pozo de extracción, el trazado continúa siguiendo la alineación del Paseo de Santa María de la Cabeza, hasta que aproximadamente a la altura del PK 0+350, el túnel abandona el Paseo para buscar la alineación de la Calle Baleares. El trazado en planta no es, obviamente, el más directo para cumplir el objetivo descrito de ubicar la estación de Madrid Río, pero es necesario generar desarrollo suficiente del túnel para poder pasar bajo las estructuras de la M-30.

A la altura del PK 0+703, se emplaza un pozo de ventilación de túnel (PV1), de 31m de profundidad, cuya ejecución se realizará en el ámbito del Parque de Comillas, lugar donde se ubicará la correspondiente reja de ventilación en superficie.

Aproximadamente a la altura del PK 0+900, el túnel abandona la alineación de calle Baleares para buscar la alineación curva que le lleve al cruce del río Manzanares. Antes del mismo, a la altura de la calle Antonio López, se ubica una segunda salida de emergencia (SE2, PK 1+124), de 31m de profundidad. El pozo asociado a esta salida de emergencia está previsto que sirva como pozo de mantenimiento de la tuneladora, por lo cual se dimensiona a tal efecto.

A continuación, el túnel pasa bajo el aparcamiento Municipal Antonio López. Se trata de un aparcamiento de residentes con cuatro sótanos, situado en la calle del mismo nombre, a la altura de la Pasarela de Arganzuela. El túnel pasa bajo el mismo con unos 11m de recubrimiento de tierras.

A continuación, el trazado cruza bajo los túneles de la M-30 en Madrid Río. Se trata de varios ramales soterrados, denominados ramal 7, ramal 9, calzada exterior nudo sur, calzada exterior túnel, calzada interior túnel, calzada interior nudo sur, ramal 1, ramal 12 y ramal 4. La clava de las pantallas de los ramales más profundos (cotas mínimas al sur del Manzanares de +555,79m y al norte de +553,92m) es lo que fundamentalmente condiciona la pendiente del trazado. El túnel pasa bajo estos elementos estructurales con un recubrimiento mínimo de 4 metros, lo cual permitiría, llegado el caso, realizar actuaciones para garantizar el correcto paso de la tuneladora sin afección al entorno.

Una vez superadas estas infraestructuras, el túnel asciende hacia la estación de Madrid Río, generándose un punto bajo en el que es necesario ubicar un pozo de bombeo (PB1, PK 1+313).

A partir de aquí, el trazado busca la alineación del Paseo de la Yererías, donde se ubicará la estación de Madrid Río, lo más cerca posible del Paseo de Santa María de la Cabeza. El principal condicionante para la ubicación en alzado de esta estación es la existencia de edificaciones inmediatamente después de la estación, bajo las cuales es ineludible circular, y bajo las que se respeta un diámetro y medio de recubrimiento.

La estación de Madrid Río es una estación de 26 metros de profundidad, de andenes laterales, sin correspondencia con otras líneas, que cumple la función de cubrir la demanda de una amplia zona sin servicio de transporte ferroviario, que abarca desde Plaza Elíptica y Usera al sur hasta Pirámides y Acacias al norte, y desde Marqués de Vadillo y Pirámides al oeste hasta Delicias y Legazpi al este. Este amplio espacio presenta su centro neurálgico en la zona donde se ubica la estación de Madrid Río, con un radio de influencia que supera los 500m. Su ubicación y su disposición de accesos a dos niveles (Santa María de la Cabeza y Yererías) facilita la captación de dicha demanda.

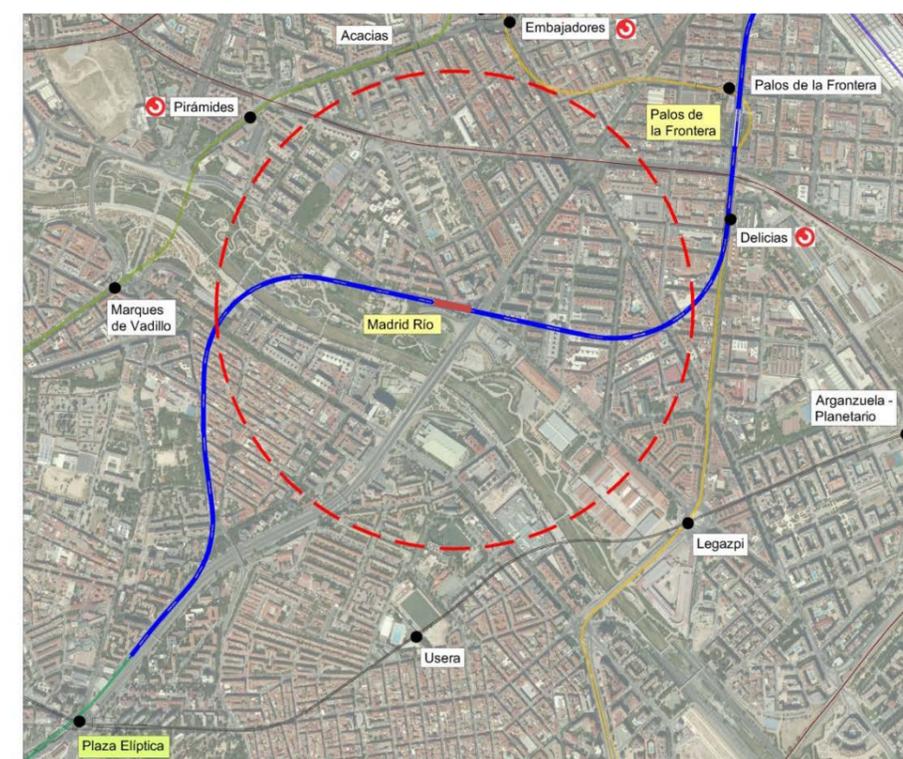


Figura nº 8. Ámbito de influencia de la estación de Madrid Río

Desde la estación de Madrid Río, el trazado busca la alineación del Paseo de las Delicias, con el objeto de buscar una conexión con la línea 3 de metro en la estación de Delicias o en la de Palos de la Frontera.

En el PK 2+200, el túnel pasa bajo el aparcamiento municipal de Aguilón, situado en la calle del mismo nombre, que presenta 3 niveles de sótanos. El túnel debe pasar bajo el mismo, para evitar pasar bajo otras edificaciones con mayor número de sótanos, condicionando la pendiente para respetar el recubrimiento mínimo.

En el cruce con la calle Jaime el Conquistador, se ubica una salida de emergencia (SE3, PK 2+431), de 23m de profundidad. El pozo asociado a esta salida de emergencia está previsto que sirva como pozo de mantenimiento de la tuneladora, por lo cual se dimensiona a tal efecto. Entre este pozo de mantenimiento y el situado en el PK 1+124, la rasante del túnel entra en contacto con una formación geológica compuesta por arcillas negras yesíferas. Esta unidad, a la que se hará referencia más adelante, condicionará los materiales a utilizar y los procedimientos constructivos de Madrid Río.

En la intersección del trazado con la calle Embajadores se ubica el pozo de ventilación interestación de este tramo. Este pozo (PV2, PK 2+597) tiene 42m de profundidad. Esta infraestructura se aprovecha para ubicar un pozo de bombeo, ya que a pesar de no situarse en un punto bajo, la distancia entre puntos bajos y altos en el trazado es muy elevada, requiriéndose pozos de bombeos intermedios para reducir el caudal a evacuar.

Cuando el trazado finaliza su alineación curva y se sitúa bajo el Paseo de las Delicias, el túnel de L11 se ubica bajo el túnel existente de L3 y bajo la estación de Delicias L3. La estación de Delicias se encuentra ubicada en el eje del Paseo, entre las calles Cáceres y Ciudad Real. El túnel de línea 3 discurre igualmente siguiendo el eje del Paseo de las Delicias, desde la estación de Legazpi hasta la calle Bustamante, donde abandona el Paseo para iniciar el giro que le permite alcanzar la alineación de la calle Palos de la Frontera.

La ubicación de estas infraestructuras (estación de Delicias y túnel de L3) no es compatible con la ejecución desde superficie de una estación de L11 que permita intercambio con la L3 en Delicias. Para ello, sería necesario ejecutar la estación de L11 en caverna, aumentando tanto su complejidad constructiva como la profundidad de la misma. Por tanto, se propone realizar el intercambio L11-L3 en la estación de Palos de la Frontera, como se verá más adelante.

El túnel de L3 circula muy superficial, por lo que no es condicionante para el túnel de L11. No ocurre así con la estación de Delicias, ya que los pilotes ejecutados asociados a la ampliación de la estación realizada en 2006, de hasta 26 metros de profundidad, condicionan la posición del túnel de L11. Para evitar esta afección, la sección de túnel de L11 se ubica entre los pilotes longitudinales de la estación, de forma que se respeta una distancia mínima de 4 metros entre dovela y cabeza de pilote.

Una vez superada la estación de Delicias, el túnel pasa bajo la infraestructura ferroviaria del Pasillo Verde, muy superficial, y continúa ascendiendo con pendiente máxima hasta la ubicación prevista de la estación de Palos de la Frontera L3.

Esta estación se emplaza en el Paseo de las Delicias, aprovechando el espacio que en este vial deja libre el túnel de L3 al girar hacia la calle Palos de la Frontera. Esta área, situada a la altura la Plaza Luca de Tena, tiene unos 140 metros de longitud, permitiendo la construcción de esta estación mediante excavación entre pantallas, simplificando su ejecución y evitando la afección sobre el túnel de L3 y por tanto, sobre la explotación ferroviaria. A pesar de que se trata de una estación de correspondencia, y pese a los criterios de diseño que en ese supuesto establecen como tipología preferente la de andén central, la estación se plantea de andenes laterales, para, como se ha comentado, permitir la ejecución de la misma desde superficie, al abrigo de pantallas.

La estación de Palos de la Frontera es una estación de 31 metros de profundidad, de andenes laterales, con correspondencia con la línea 3. La posición de ambas estaciones, en ángulo de 90º y concurrentes en un extremo, facilita la concepción de la misma como una estación de vestíbulo único situado equidistante de ambas. Este nuevo vestíbulo se situará sobre el túnel de L3, sin afectarlo, y supondrá la anulación de los dos accesos calle-vestíbulo existentes en la actualidad. La ubicación del vestíbulo existente, suficientemente apartado del ámbito de las obras de la nueva estación, permite garantizar el servicio ferroviario en la estación de L3 hasta la puesta en servicio del nuevo vestíbulo.

Una vez superada la estación de Palos de la Frontera, el trazado continúa ascendiendo, iniciando un giro en planta a la derecha para buscar la alineación de la estación de Atocha Renfe. Debido a que la interdistancia entre ambas estaciones no superará los 1.000m (865m), no es necesario implementar salida de emergencia en este tramo.

Respecto al pozo de ventilación interestación, éste se ubica en el Paseo de las Delicias, a la altura de la calle Murcia (PV3, PK 3+634) De igual forma que en el pozo anterior, la infraestructura se aprovecha para la incorporación de instalaciones de bombeo.

A continuación, el túnel de L11 entra en el ámbito del Complejo Ferroviario de Atocha. En este ámbito, el túnel pasa bajo una serie de infraestructuras existentes y previstas:

- Túnel de la estación pasante (actualmente en fase de proyecto básico). De la información extraída de dicho proyecto, el túnel de L11 cruza bajo el túnel pasante (sección túnel excavado en mina) con un recubrimiento de tierras de 6 metros.
- Túnel by-pass. En fase de redacción de este Estudio informativo sólo se dispone de información relativa a la posición del túnel en planta. Se estima, por la relación geométrica

de este túnel con los adyacentes, que el paso bajo el mismo se realiza con unos 4 metros de recubrimiento de tierras.

- Estación Puerta de Atocha: El túnel circula bajo la marquesina histórica, a una profundidad cercana a los 30 metros, por lo que no se espera afectación sobre la misma.
- Estación Atocha Renfe: El túnel circula bajo la playa de vías de la estación de cercanías con un recubrimiento sobre clave de entre 10 y 15 metros. Se ha verificado la no interferencia del túnel con cimentaciones profundas, tanto las de la estación actual como aquéllas previsto modificar en el ámbito del proyecto de la estación pasante.

En el PK 4+065, el túnel supera la estación de cercanías y entra en el ámbito de la estación de Atocha Renfe L1, con la que es previsto tenga correspondencia. La nueva estación de L11 se emplaza a caballo entre el Paseo de la Infanta Isabel y el Paseo de la Reina Cristina, lo más cercana posible a la estación de L1 para reducir el tiempo de intercambio. Como estación de correspondencia con otras líneas, se propone preferentemente una configuración de andén central, generando la necesidad de ejecutar un gran recinto apantallado que englobe no sólo la zona de andenes sino también la zona de telescopios que se generan a la entrada y salida de andenes por la necesidad de encajar los 9 m de andén central entre las vías generales. Este recinto deberá ejecutarse antes del paso de la tuneladora proveniente de Conde de Casal, ya que a lo largo del mismo se llevará a cabo su traslación, para reiniciar posteriormente la perforación sentido Plaza Elíptica.

La estación de Atocha Renfe es una estación de 33 metros de profundidad, de andén central, con correspondencia con la línea 1. La posición de ambas estaciones es sensiblemente consecutiva, por lo que la correspondencia entre ambas se plantea a través de los extremos más próximos de ambos andenes. La propuesta de estación plantea un vestíbulo compartido entre L1 y L11, que, manteniendo el esquema funcional de la actual L1, genere tanto recorridos de acceso a L11 desde la calle y la estación de Atocha como recorridos de intercambio entre líneas. Para ello, será necesaria la modificación geométrica y estructural del sector norte de la estación de Atocha Renfe L1.

En el PK 4+140, el trazado de L11 pasa bajo el túnel de L1, coincidiendo con el telescopio de acceso al andén central y con la zona de trabajos para el posicionamiento de la tuneladora para el reinicio de la excavación. Para garantizar el mantenimiento del servicio del túnel de L1 durante la actuación, será necesaria la generación de un forjado bajo el túnel actual que garantice la realización de trabajos bajo losa.

Estas actuaciones se llevan a cabo en el emplazamiento de la gasolinera de Atocha. Como se comentará posteriormente, en fecha de cierre de este Estudio, la concesión de la gasolinera ha

finalizado y se está procediendo al desmantelamiento de la misma, por lo que a efectos de interferencias, el Estudio considera la gasolinera y sus instalaciones y depósitos fuera de servicio.

A continuación de la estación de Atocha, el trazado gira para buscar la alineación de la calle Fuenterrabía, en la que se ubica una salida de emergencia (SE4, PK 4+771) a la altura de la calle Gutenberg.

En el cruce con la calle Cavanilles, se ubica un pozo de ventilación (PV4, PK 5+002), que se utilizará como pozo de mantenimiento de la tuneladora, por lo cual se dimensionará a tal efecto.

Posteriormente, el túnel se posiciona bajo la Av. del Mediterráneo, vial que no abandonará hasta el final del trazado. En el primer tramo bajo esta avenida, el túnel se ubica bajo un aparcamiento municipal con cuatro sótanos, situado a lo largo de la calle que le da nombre en una longitud de 380 metros. El túnel de línea 11 circulará en toda esta longitud debajo del mismo, impidiendo subir la rasante y condicionando la cota de la estación de Conde de Casal.

En el PK 5+490 se sitúa el segundo punto bajo del trazado, por lo que es necesario construir un pozo de bombeo para la evacuación de las aguas filtradas.

Una vez superado el aparcamiento, el túnel asciende, situándose bajo el paso inferior viario de Conde de Casal, y pasando antes de entrar en el recinto de la estación bajo el túnel de la línea 6, con 8 metros de recubrimiento de tierras.

La estación de Conde de Casal es una estación 23 metros de profundidad, de andén central, con correspondencia con la línea 6 de Metro. De la misma forma que ocurre en Atocha Renfe, la propuesta de configuración de andén central por ser estación de intercambio genera la necesidad de ejecutar un gran recinto apantallado que englobe no sólo la zona de andenes sino también la zona de telescopios que se generan a la entrada y salida de andenes. En este caso, ese gran recinto se aprovechará como pozo de introducción de la tuneladora.

Uno de los condicionantes principales de esta estación es la necesidad de prever la futura construcción de un intercambiador de autobuses en la Av. del Mediterráneo. En base a la propuesta preliminar de estación de autobuses facilitada por el Consorcio Regional de Transporte de Madrid, se ha procedido a la integración de la misma en el diseño de la estación de metro, de forma que su ejecución pueda ser compatible, geométrica y funcionalmente con la implementación del pozo de ataque de la tuneladora y su explotación, la ubicación de la playa de vías y zona de andenes, los niveles de forjados sobre andén destinados al acceso del pasaje y dependencias, la ubicación de las instalaciones de tracción y ventilación, las salidas de emergencia de la estación, el túnel inferior viario y la nueva vialidad en superficie tras la implementación de todas estas infraestructuras.

Desde el punto de vista de la explotación ferroviaria, se hace necesario, en el ámbito de la nueva cabecera de la línea, habilitar suficientes vías de estacionamiento para trenes. A tal efecto, y adicionalmente al fondo de saco que se describirá posteriormente, se habilitan dos vías adicionales a las generales en el ámbito de la estación de Conde de Casal. Estas vías se disponen a ambos lados de las generales, conectadas a las mismas mediante sendos desvíos en el extremo posterior de la estación.

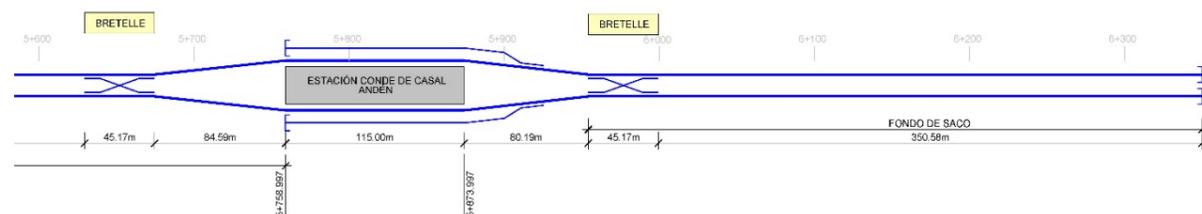


Figura nº 9. Esquema de vías Estación Conde de Casal y fondo de saco

En base a estos condicionantes, se propone la ejecución de un recinto apantallado de 270 metros de longitud y 24,4 metros de anchura, cuyo extremo sentido Atocha servirá en fase inicial como pozo de ataque de la tuneladora. Una vez finalizada la excavación, se ubicará en su interior, de abajo a arriba, el nivel de andenes, un nivel de prevestíbulo y subestación de tracción, un nivel correspondiente al paso inferior viario a reponer, y un nivel superior, a cota de calle, que coincidirá con el nivel de dársenas de la estación de autobuses. Dado que la información disponible sólo corresponde a una propuesta preliminar, no se han podido considerar las acciones sobre la estructura del pozo para garantizar la correcta transmisión de cargas al terreno provenientes del futuro edificio de la estación de autobuses. No obstante, el pozo de ataque se ha centrado y alineado con el eje de la Avenida Mediterráneo y el eje viario soterrado para facilitar el comportamiento estructural del conjunto.

El vestíbulo de la estación de Conde de Casal se plantea común a las dos líneas de metro (L6 y L11 de Metro de Madrid), mediante la reconfiguración del vestíbulo actual sur de la estación de L6. De esta forma, se suprime el acceso de Doctor Esquerdo y se habilita uno nuevo en las inmediaciones de la futura estación de autobuses. El vestíbulo común adolece de falta de gálibo, por lo que será necesario recortar la bóveda del túnel de L6 en una longitud de 50 metros, sin que ello afecte sensiblemente la explotación ferroviaria en fase de obras. Una vez superada la barrera tarifaria, se conduce al pasaje al interior del recinto de andenes, anteriormente descrito.

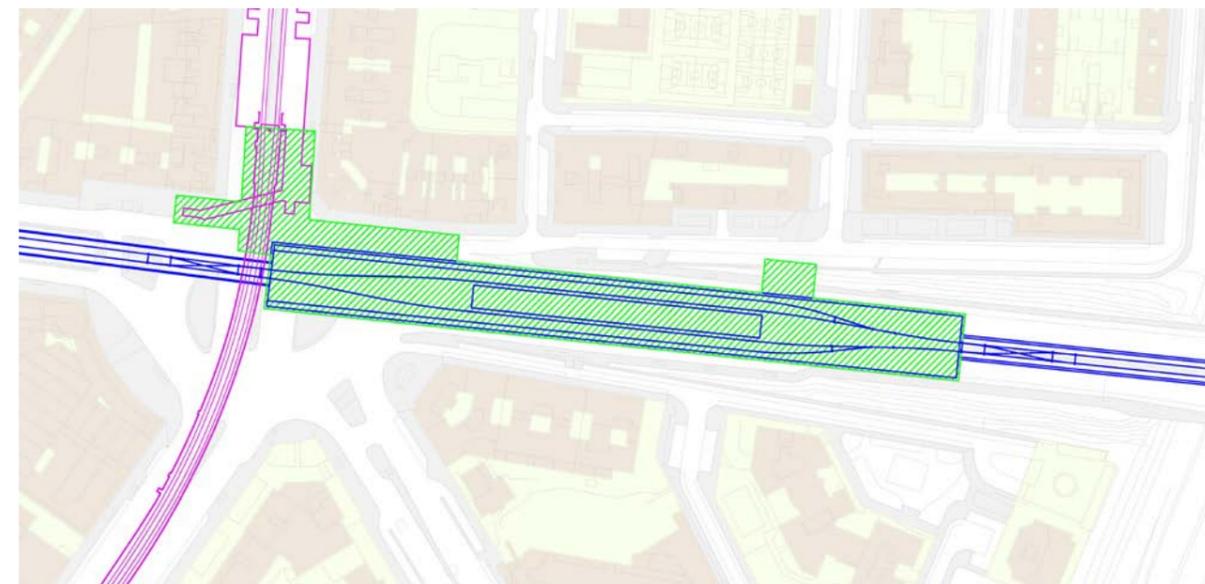


Figura nº 10. Emplazamiento del pozo de ataque de la tuneladora

La zona de instalaciones previstas para la explotación de la tuneladora se habilita en espacios próximos al pozo, que se describen en capítulos posteriores.

A continuación del andén de la estación de L6 comienza el fondo de saco de la línea. Dada la escasa longitud del mismo, su ejecución mediante tuneladora es inviable, por lo que se recurre a métodos alternativos. En los primeros 70 metros a continuación del pozo de la tuneladora, el túnel se materializa entre pantallas, dada la profundidad razonable y ante la más que posible presencia de agua procedente del nivel freático.

Una vez alcanzado el estribo del viaducto de Av. del Mediterráneo sobre la M-30, se inicia la ejecución del resto de fondo de saco mediante excavación en mina por el método Belga. En este tramo, el túnel desciende con pendiente 31,5 milésimas, para evitar tanto las cimentaciones de las pilas del puente, como la estructura del túnel del ramal que conecta la M-30 con la A-30 (Túnel 1). El cruce con el mismo se produce al final del fondo de saco de la prolongación. En ese punto, se habilita un pozo de ventilación, que albergará asimismo una instalación de bombeo y un acceso directo desde superficie para operarios.

La alternativa 1 tiene una longitud total de 6.350,00 m

En el apartado 3.9 del presente documento puede consultarse una tabla de características generales de la alternativa 1.

3.3.2. Alternativa 2

La alternativa 2 plantea una solución de trazado que minimice el tiempo de recorrido entre Plaza Elíptica y Conde de Casal. Para ello, busca en primera instancia ubicar una estación en el entorno de Madrid Río, para posicionarse bajo el eje del Paseo de Santa María de la Cabeza, sin abandonarlo hasta el entorno de Atocha Renfe, intercambiando con la línea 3 en Palos de la Frontera. Seguidamente, siguiendo los requerimientos del encargo, buscará intercambio con las líneas L1 y L6 en Atocha Renfe y Conde de Casal respectivamente.

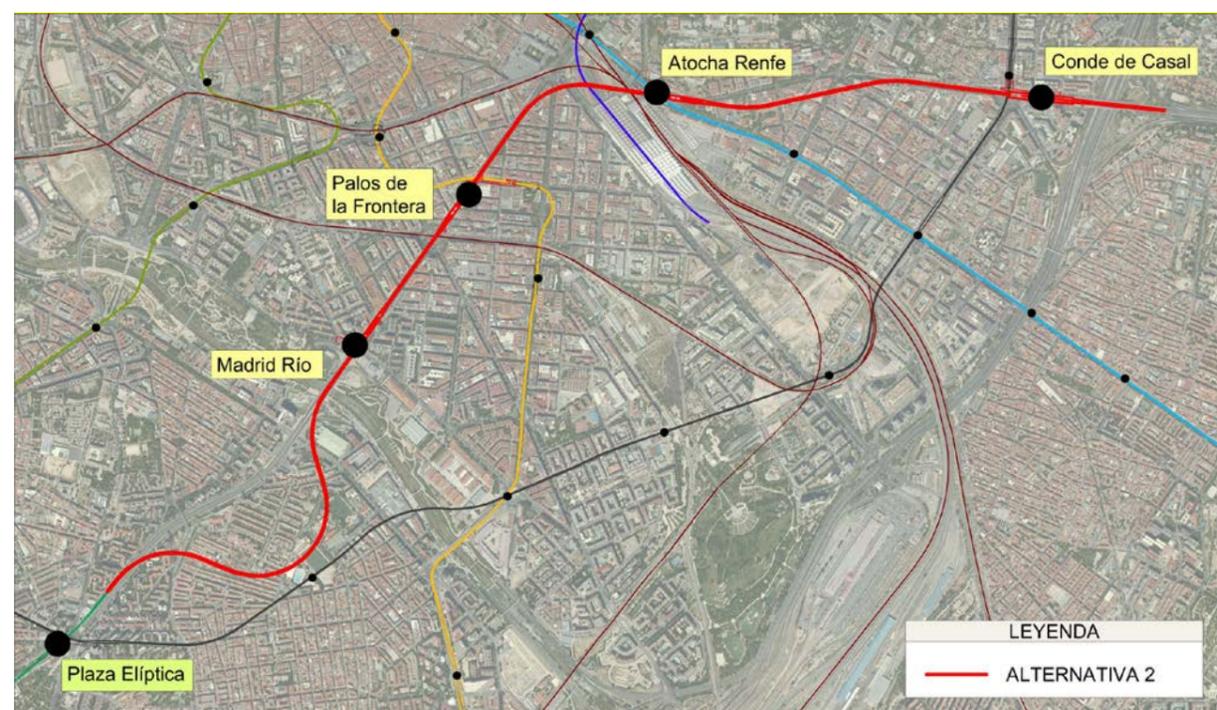


Figura nº 11. Trazado de la alternativa 2

El trazado se inicia en el actual fondo de saco de Plaza Elíptica, dando continuidad a las vías existentes, situadas bajo el lateral del Paseo de Santa María de la Cabeza, a unos 14m de profundidad respecto a la superficie.

Los condicionantes derivados del procedimiento de excavación del túnel son idénticos a los de la alternativa 1, por lo que de igual manera, a la altura de la calle Zújar, se ubica el pozo de extracción de la tuneladora.

Entre el final actual del fondo de saco (PK 0+000) y el pozo de extracción de la tuneladora (PK 0+124) está previsto que el túnel sea ejecutado entre pantallas (Cut & Cover).

Está previsto que dicho pozo de extracción sea habilitado, una vez extraída la tuneladora, como salida de emergencia permanente del túnel (SE1, PK 0+126), dando así cumplimiento a la normativa respecto a distancias máximas de recorrido de evacuación.

Como se ha comentado anteriormente, el principal condicionante de trazado en esta zona es el paso bajo los viales de la M-30 en el entorno del río Manzanares. Es por ello que los valores de pendiente longitudinal del túnel se acercan a los parámetros límite (35 milésimas), respetando cuando es preciso la correspondiente reducción de la pendiente por coincidencia con alineación curva en planta (pendiente ficticia). Siguiendo el criterio de esta alternativa, que busca minimizar los recorridos entre estaciones, se ha buscado el recorrido de menor longitud que permita pasar bajo la M-30 en las inmediaciones del Paseo de Santa María de la Cabeza. El trazado más directo, siguiendo el eje del Paseo, es completamente inviable sin exceder sobremanera los valores límites de pendiente longitudinal del túnel. Es por ello que el trazado en planta aumenta de forma ostensible su desarrollo antes del cruce bajo la M-30 para conseguir perder la cota necesaria.

Desde el pozo de extracción, el trazado abandona la alineación del Paseo de Santa María de la Cabeza, adentrándose en el barrio de Moscardó del distrito de Usera, mediante una alineación curva a derechas de radio 300m, pasando primero entre edificaciones para luego, a la altura de la calle Doctor Carmena Ruiz, cruzar bajo varias manzanas de edificaciones, con recubrimiento siempre superior a dos diámetros, iniciando ahora una alineación curva a derechas para buscar el cruce bajo el Manzanares.

A la altura del PK 0+683, se emplaza un pozo de ventilación de túnel (PV1), de 41m de profundidad, cuya ejecución se realizará en la calle Cuesta, a la altura de la Plaza Francisco Ruano. El trazado en este tramo pasa próximo al túnel de L6 y a la estación de Usera.

A la altura de la calle Mirasierra, se ubica una segunda salida de emergencia (SE2 PK 1+032), de 39m de profundidad.

A continuación, el trazado afronta el cruce bajo los túneles de la M-30 en Madrid Río. Se trata de varios ramales soterrados, denominados Eje 6 ramal 1, Eje 14 ramal 9, Eje 7 ramal 2, ramal Operación Campana Oeste, Eje 1 calzada exterior CES, Eje 3 calzada exterior túnel, Eje 2 calzada interior CIS, Eje 4 calzada interior túnel y ramal Operación Campana Este. La clava de las pantallas de los ramales más profundos (cotas mínimas al sur del Manzanares de +538,88m y al norte de +540.30m) es lo que fundamentalmente condiciona la pendiente del trazado. El túnel pasa bajo estos elementos estructurales con un recubrimiento mínimo de 4 metros, lo cual permitiría, llegado el caso realizar actuaciones para garantizar el correcto paso de la tuneladora sin afcción al entorno.

Una vez superadas estas infraestructuras, el túnel asciende con pendiente máxima hacia la estación de Madrid Río, generándose un punto bajo en el que es necesario ubicar un pozo de bombeo (PB1, PK 2+359), de 56 metros de profundidad. A partir de aquí, el trazado, ya en la alineación del Paseo de Santa María de la Cabeza, afronta la entrada a la estación de Madrid Río.

La estación de Madrid Río es una estación de 43 metros de profundidad, de andén central, sin correspondencia con otras líneas, que cumple, como en la alternativa 1, la función de cubrir la demanda de una amplia zona sin servicio de transporte ferroviario. Su ubicación y su disposición de accesos a dos niveles (Santa María de la Cabeza y Yaserías) facilita la captación de dicha demanda.

La elevada profundidad de los andenes y la presencia del viario soterrado de Santa María de la Cabeza condicionan el procedimiento constructivo de la estación, que se ejecutará en mina mediante método alemán. Esta estación no presenta intercambio con otras líneas, pero se diseña con andén central con el objeto de optimizar las dimensiones de la caverna de estación, que en el caso de andenes laterales incrementaría sensiblemente su sección para inscribir en ella, con gálibo suficiente para el paso de personas, de las escaleras y ascensores de acceso a andén.

La conexión entre el nivel vestíbulo y la caverna de andenes de L11 se resuelve mediante un pozo vertical de sección circular de 24,6 m de diámetro interior que acoge una batería de ascensores de gran capacidad (AGC) que comunican nivel vestíbulo y preandén.

Desde la estación de Madrid Río, el trazado continúa en alineación recta siguiendo el eje del Paseo, ascendiendo en máxima pendiente con el objeto de situar la siguiente estación de L11 lo más cerca posible de la de Palos de la Frontera L3 y lo más elevada posible.

En el PK 2+359, en la intersección del trazado con la calle General Palanca, se ubica el pozo de ventilación interestación de este tramo. Este pozo (PV2) tiene 50m de profundidad. Esta infraestructura se aprovecha para ubicar un pozo de bombeo, ya que a pesar de no situarse en un punto bajo, la distancia entre puntos bajos y altos en el trazado es muy elevada, requiriéndose pozos de bombeos intermedios para reducir el caudal a evacuar.

La siguiente estación, Palos de la Frontera, se ubica entre la Glorieta de Santa María de la Cabeza y la calle Palos de la Frontera. Es una estación de 51 metros de profundidad, de andén central, con correspondencia con la línea 3. De igual forma que en el caso de Madrid Río, la elevada profundidad de los andenes y la presencia del viario soterrado de Santa María de la Cabeza condicionan el procedimiento constructivo de la estación, que se ejecutará en mina mediante método alemán.

El vial soterrado, junto con el túnel existente de la L3 que discurre bajo la calle Palos de la Frontera, hacen que el espacio para ubicación del nuevo vestíbulo sea reducido y condicionan fuertemente tanto su geometría como la posición de los accesos.

El acceso hacia los andenes de L11 se resuelve mediante un pozo vertical ejecutado a cielo abierto entre pantallas, que permitirá acometer la ejecución de la caverna de andenes mediante el método alemán. La ejecución de este pozo obliga a demoler y reponer el paso inferior viario en este tramo.

Una vez superada la estación de Palos de la Frontera, el trazado continúa ascendiendo por el Paseo de Santa María de la Cabeza, hasta la altura de la calle Murcia, donde se ubica una salida de emergencia (SE3, PK 3+144).

A continuación el trazado inicia un giro en planta a la derecha para buscar la alineación de la estación de Atocha Renfe. El pozo de ventilación interestación se ubica en el Paseo de las Delicias (PV3, PK 3+347) De igual forma que en el pozo anterior, la infraestructura se aprovecha para la incorporación de instalaciones de bombeo.

El túnel de L11 entra en el ámbito del Complejo Ferroviario de Atocha buscando la misma alineación en planta que la estación de Atocha Renfe de la alternativa 1. En este ámbito, el túnel pasa bajo las mismas infraestructuras existentes y previstas, sólo que a mayor profundidad:

- Túnel de la estación pasante (actualmente en fase de proyecto básico). De la información extraída de dicho proyecto, el túnel de L11 cruza bajo el túnel pasante (sección túnel excavado en mina) con un recubrimiento de tierras de 17 metros.
- Túnel by-pass. En fase de redacción de este Estudio informativo sólo se dispone de información relativa a la posición del túnel en planta. Se estima, por la relación geométrica de este túnel con los adyacentes, que el paso bajo el mismo se realiza con unos 15 metros de recubrimiento de tierras.
- Estación Puerta de Atocha: El túnel circula bajo la marquesina histórica, a una profundidad cercana a los 40 metros, por lo que no se espera afectación sobre la misma.
- Estación Atocha Renfe: El túnel circula bajo la playa de vías de la estación de cercanías con un recubrimiento sobre clave de entre 20 y 25 metros. Se ha verificado la no interferencia del túnel con cimentaciones profundas.

En el PK 3+740, el túnel supera la estación de cercanías y entra en el ámbito de la estación de Atocha Renfe L1, con la que es previsto tenga correspondencia. La nueva estación de L11 se emplaza a caballo entre el Paseo de la Infanta Isabel y el Paseo de la Reina Cristina, lo más cercana posible a la estación de L1 para reducir el tiempo de intercambio. La profundidad de la

estación genera la necesidad de ejecutar una caverna similar a las ejecutadas en las estaciones de Madrid Río y Palos de la Frontera.

La estación de Atocha Renfe es una estación de 44 metros de profundidad, de andén central, con correspondencia con la línea 1. La posición de ambas estaciones es sensiblemente consecutiva, por lo que la correspondencia entre ambas se plantea a través de los extremos más próximos de ambos andenes. La propuesta de estación plantea un vestíbulo compartido entre L1 y L11, que, manteniendo el esquema funcional de la actual L1, genere tanto recorridos de acceso a L11 desde la calle y la estación de Atocha como recorridos de intercambio entre líneas. Para ello, será necesaria la modificación geométrica y estructural del sector norte de la estación de Atocha Renfe L1.

A continuación de la estación de Atocha, el trazado gira para buscar la alineación de la calle Fuenterrabía, en la que se ubica una salida de emergencia (SE4, PK 4+434) a la altura de la calle Gutenberg.

En el cruce con la calle Cavanilles, se ubica un pozo de ventilación (PV4, PK 4+665), que se utilizará como pozo de mantenimiento de la tuneladora, por lo cual se dimensionará a tal efecto.

Posteriormente, el túnel se posiciona bajo la Av. del Mediterráneo, vial que no abandonará hasta el final del trazado. En el primer tramo bajo esta avenida, el túnel se ubica bajo un aparcamiento municipal con cuatro sótanos, situado a lo largo de la calle que le da nombre en una longitud de 380 metros. El túnel de línea 11 circulará en toda esta longitud debajo del mismo, impidiendo subir la rasante y condicionando la cota de la estación de Conde de Casal.

En el PK 5+150 se sitúa el segundo punto bajo del trazado, por lo que es necesario construir un pozo de bombeo para la evacuación de las aguas filtradas.

Una vez superado el aparcamiento, el túnel asciende, situándose bajo el paso inferior viario de Conde de Casal, y pasando antes de entrar en el recinto de la estación bajo el túnel de la línea 6, con 8 metros de recubrimiento de tierras.

Las características de la estación de Conde de Casal, pozo de ataque y fondo de saco son idénticas a las descritas para la Alternativa 1

La alternativa 2 tiene una longitud total de 6.013,21 m

En el apartado 3.9 del presente documento puede consultarse una tabla de características generales de la alternativa 2.

3.3.3. Alternativa 3

La alternativa 3 plantea una solución de trazado que habilita una estación de doble correspondencia con las estaciones de Embajadores Línea 3 y Acacias Línea 5. Este requisito desplaza el trazado fuertemente hacia el oeste, alejándolo del entorno del Puente de Praga, menguando el atractivo de una estación en el entorno de Madrid Río, demasiado próxima a las estaciones de Marqués de Vadillo o Pirámides L5. Es por ello que la Alternativa 3 presenta sólo 3 estaciones, la citada en Embajadores/Acacias y, siguiendo los requerimientos del encargo, dos estaciones más de intercambio con las líneas L1 y L6 en Atocha Renfe y Conde de Casal respectivamente.

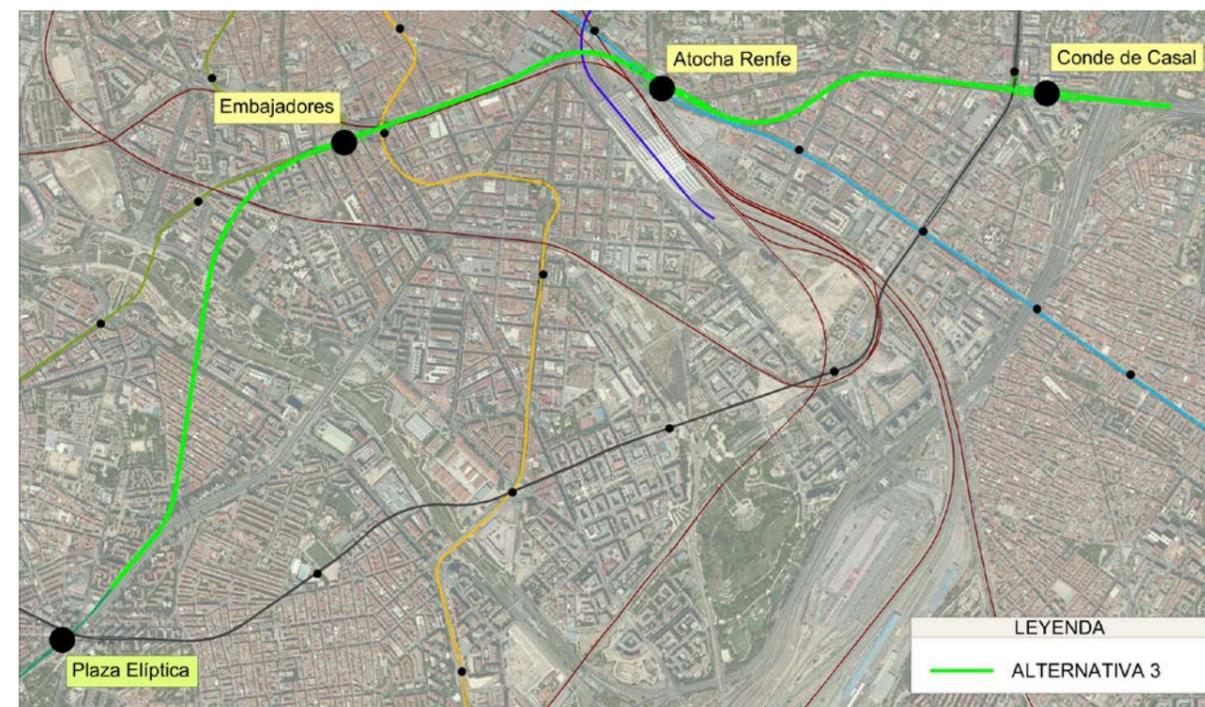


Figura nº 12. Trazado de la alternativa 3

El trazado se inicia en el actual fondo de saco de Plaza Elíptica, dando continuidad a las vías existentes, situadas bajo el lateral del Paseo de Santa María de la Cabeza, a unos 14m de profundidad respecto a la superficie.

Los condicionantes derivados del procedimiento de excavación del túnel son idénticos a los de las alternativas 1 y 2, por lo que de igual manera, a la altura de la calle Zújar, se ubica el pozo de extracción de la tuneladora.

Entre el final actual del fondo de saco (PK 0+000) y el pozo de extracción de la tuneladora (PK 0+120) está previsto que el túnel sea ejecutado entre pantallas (Cut & Cover).

Como se ha comentado anteriormente, el principal condicionante de trazado en esta zona es el paso bajo los viales de la M-30 en el entorno del río Manzanares. Es por ello que los valores de pendiente longitudinal del túnel se acercan a los parámetros límite (35 milésimas), respetando cuando es preciso la correspondiente reducción de la pendiente por coincidencia con alineación curva en planta (pendiente ficticia).

Desde el pozo de extracción, el trazado continúa siguiendo la alineación del Paseo de Santa María de la Cabeza, hasta que aproximadamente a la altura del PK 0+350, el túnel abandona el Paseo para buscar la alineación de la Calle Inmaculada Concepción. En el PK 0+522 se ubica la primera salida de emergencia (SE1), en la intersección con calle Baleares.

El trazado continúa en alineación recta bajo la calle, y a la altura del PK 1+069, se emplaza un pozo de ventilación de túnel (PV1), de 30m de profundidad, en la calle Antonio López.

A continuación, el trazado cruza bajo los túneles de la M-30 en Madrid Río. Se trata de varios ramales soterrados, denominados calzada exterior nudo sur, calzada exterior túnel, calzada interior túnel, calzada interior nudo sur, ramal 1, ramal 4 y ramal 12. La clava de las pantallas de los ramales más profundos (cotas mínimas al sur del Manzanares de +561,85m y al norte de +554.05m) es lo que fundamentalmente condiciona la pendiente del trazado. El túnel pasa bajo estos elementos estructurales con un recubrimiento mínimo de 4 metros, lo cual permitiría, llegado el caso realizar actuaciones para garantizar el correcto paso de la tuneladora sin afección al entorno.

Una vez superadas estas infraestructuras, el túnel asciende hacia la estación de Embajadores, generándose un punto bajo en el que es necesario ubicar un pozo de bombeo (PB1, PK 1+277).

Superada la M-30, en el Paseo de las Yaserías, se ubica una salida de emergencia (SE2, PK 1+468) A partir de aquí, el trazado describe una alineación curva en planta de amplios radios para buscar la alineación del Paseo de las Acacias, donde se ubicará la estación de Embajadores. En la aproximación a esta ubicación, el trazado discurre bajo edificaciones con hasta cuatro niveles de sótano, aunque la profundidad del túnel permite mantener bajo los mismos 1,5 diámetros de recubrimiento de tierras.

Previamente al acceso a la estación, el túnel de L11 se posiciona bajo el túnel de L5 y la estación de Acacias, con algo más de un diámetro de recubrimiento entre infraestructuras.

La estación de Embajadores L5 se emplaza en el Paseo de las Acacias, aprovechando el espacio que queda libre entre el túnel de L5 y la estación de Embajadores de L3. Este espacio, de unos

130 metros de longitud, permite la construcción de esta estación mediante excavación entre pantallas, evitando la afección sobre el túnel de L5 y por tanto, sobre la explotación ferroviaria. A pesar de que se trata de una estación de correspondencia, y pese a los criterios de diseño que en ese supuesto establecen como tipología preferente la de andén central, la estación se plantea de andenes laterales, para, como se ha comentado, permitir la ejecución de la misma desde superficie, al abrigo de pantallas.

La estación Embajadores es una estación de 37 metros de profundidad, de andenes laterales, con correspondencia con las líneas 3 y 5. La posición de la nueva estación de L11, entre ambas estaciones, permite que la conexión con cada una de ellas se realice por un extremo diferente del andén. No se prevé un nuevo vestíbulo para la línea L11, sino que se amplía el existente de L3, y se habilita una conexión adaptada directa entre andenes con L5.

En el espacio previsto para la ejecución de la nueva estación existe en la actualidad un túnel de conexión, de vía única, entre los túneles de L3 y L5, que se utiliza para operaciones de mantenimiento y gestión del material móvil. La construcción de la estación es incompatible con el mantenimiento en servicio de la infraestructura, por lo que se propone su demolición y posterior reconstrucción, quedando albergado dentro de la estructura de la propia estación.

Una vez superada la estación de Embajadores, el trazado asciende ligeramente, pasando bajo la actual estación de cercanías en Embajadores con 1,5 diámetros de recubrimiento, y continúa siguiendo el eje de la Ronda de Valencia, bajo el túnel de Embajadores de Renfe, con aproximadamente 25 metros de recubrimiento de tierras.

En el PK 2+937 se emplaza una salida de emergencia (SE3), de 43 metros de profundidad, en la Ronda Atocha, y poco más de 100 metros, a la altura de la calle Marqués de la Valdavia, se ubica un pozo de ventilación (PV2, PK 3+039), que alberga también instalaciones de bombeo.

A continuación, el trazado de L11 se abre ligeramente a la izquierda para evitar la infraestructura del pozo de ataque de la estación pasante de Atocha, para volver a girar a derechas y entrar en el entorno del Complejo Ferroviario de Atocha. En este ámbito, el túnel pasa bajo una serie de infraestructuras existentes y previstas:

- Túnel de la estación pasante (actualmente en fase de proyecto básico). De la información extraída de dicho proyecto, el túnel de L11 cruza bajo el túnel pasante (sección túnel excavado en mina) con un recubrimiento de tierras de 4 metros.
- Túneles de cercanías de Sol y Recoletos. El túnel pasa en este punto con más de un diámetro de recubrimiento de tierras.

En el PK 3+650, el túnel pasa bajo el túnel de L1 y entra en el ámbito de la estación de Atocha Renfe L1, con la que es previsto tenga correspondencia, pasando bajo los andenes de la misma.

La nueva estación de L11 se sitúa en el Paseo de la Infanta Isabel, siendo su ubicación más próxima a la estación de L1 que en las alternativas 1 y 2. La propuesta de configuración en andén central genera la necesidad de ejecutar un gran recinto apantallado que englobe no sólo la zona de andenes sino también la zona de telescopios que se generan a la entrada y salida de andenes por la necesidad de encajar los 9 m de andén central entre las vías generales. Este recinto deberá ejecutarse antes del paso de la tuneladora proveniente de Conde de Casal, ya que a lo largo del mismo se llevará a cabo su traslación, para reiniciar posteriormente la perforación sentido Plaza Elíptica.

Dado que la zona del telescopio lado Embajadores se ubica bajo la estación actual de L1, no es posible su ejecución mediante pantallas, por lo que será necesario ejecutarlo en mina mediante método alemán.

La estación de Atocha Renfe es una estación de 35 metros de profundidad, de andén central, con correspondencia con la línea 1. La posición de ambas estaciones es sensiblemente consecutiva, por lo que la correspondencia entre ambas se plantea a través de los extremos más próximos de ambos andenes. La propuesta de estación plantea un vestíbulo compartido entre L1 y L11, que, manteniendo el esquema funcional de la actual L1, genere tanto recorridos de acceso a L11 desde la calle y la estación de Atocha como recorridos de intercambio entre líneas. Para ello, será necesaria la modificación geométrica y estructural del sector norte de la estación de Atocha Renfe L1.

A continuación de la estación de Atocha, el trazado gira para buscar la alineación de la Avenida Mediterráneo. En el trayecto, a la altura de la calle Gutenberg, se ubica una salida de emergencia (SE4, PK 4+483).

En el cruce con la calle Cavanilles, se ubica un pozo de ventilación (PV3, PK 4+714), que se utilizará como pozo de mantenimiento de la tuneladora, por lo cual de dimensionará a tal efecto.

Posteriormente, el túnel se posiciona bajo la Av. del Mediterráneo, vial que no abandonará hasta el final del trazado. En el primer tramo bajo esta avenida, el túnel se ubica bajo un aparcamiento municipal con cuatro sótanos, situado a lo largo de la calle que le da nombre en una longitud de 380 metros. El túnel de línea 11 circulará en toda esta longitud debajo del mismo, impidiendo subir la rasante y condicionando la cota de la estación de conde de Casal.

En el PK 5+214 se sitúa el segundo punto bajo del trazado, por lo que es necesario construir un pozo de bombeo para la evacuación de las aguas filtradas.

Una vez superado el aparcamiento, el túnel asciende, situándose bajo el paso inferior viario de Conde de Casal, y pasando antes de entrar en el recinto de la estación bajo el túnel de la línea 6, con 8 metros de recubrimiento de tierras.

Las características de la estación de Conde de Casal, pozo de ataque y fondo de saco son idénticas a las descritas para las Alternativas 1 y 2

La alternativa 3 tiene una longitud total de 6.074,10 m

En el apartado 3.9 del presente documento puede consultarse una tabla de características generales de la alternativa 3.

3.4. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

3.4.1. Cartografía

La cartografía de base que se ha utilizado para el desarrollo del Estudio Informativo ha sido la siguiente:

- Cartografía a escala 1:1.000 y 1:5.000, descargada del Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid (www.datos.madrid.es), para cada uno de los distritos atravesados por las 3 alternativas estudiadas, es decir, Carabanchel, Usera, Arganzuela, Centro, Retiro, Moratalaz y Puente de Vallecas.

Esta cartografía se ha descargado originalmente en formato SHP, sistema geodésico de referencia ETRS-89 y en 2D.

La información cartográfica está actualizada conforme al vuelo fotogramétrico municipal del año 2013. Incluye un fichero de rotulación que comprende todo el término municipal, en el que las direcciones y rotulación del viario se actualizan mensualmente.

- Modelo digital de elevaciones del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (www.centrodedescargas.cnig.es).

Son ficheros digitales de nubes de puntos LiDAR, en sistema de referencia ETRS-89. Proyección UTM en el huso 30 y alturas ortométricas.

Se ha realizado la descarga de ficheros tipo LAZ, de superficies de 2x2 km de extensión cubriendo el alcance de las tres alternativas. Sobre estas nubes de puntos utilizando un programa GIS se han obtenido las curvas de nivel que han permitido tener la información de la altimetría del terreno para desarrollar el trazado de las alternativas.

3.4.2. Topografía

Con el fin de poder conocer con precisión la topografía de las zonas afectadas por la ampliación de la Línea 11 de Metro se realizará un levantamiento taquimétrico del terreno. Se tomarán todos los puntos necesarios para que la cartografía obtenida con este levantamiento sea un reflejo fiel del terreno existente.

Hasta la fecha de redacción del presente Estudio Informativo se ha realizado, or su especial relevancia, el levantamiento topográfico de las siguientes zonas o elementos:

- Inmediaciones de la Plaza Conde de Casal en superficie
- Paso inferior viario de la Av. del Mediterráneo bajo la Plaza Conde de Casal
- Vestíbulo de la estación de Metro Conde de Casal y túnel de Metro de la L6 en esta zona
- Galerías subterráneas de la zona

El sistema de referencia planimétrico que se ha utilizado en los trabajos de topografía es el oficial en la cartografía española para la península:

- Sistema de Proyección: Universal Transversa Mercator (UTM).
- Sistema Geodésico de Referencia: ETRS-89
- El sistema de referencia altimétrico que se ha utilizado en los trabajos es el nivel medio del mar en Alicante, altitud ORTOMÉTRICA.

El levantamiento topográfico ha sido realizado por medios clásicos, ya que la ventana de observación para el uso de técnicas GPS lo impedía. Únicamente ha sido posible tomar con GPS, parte de la Avda. del Mediterráneo, cerca de la M-30.

Tras la toma de datos se ha realizado el proceso de cálculo y la obtención de la nube de puntos que definen el terreno y elementos del levantamiento.

Toda la nube de puntos tomada se ha importado mediante un programa de topografía específico para la creación del modelo digital del terreno (PROTOPO). Se ha utilizado el módulo MDT y desde él se ha procesado la nube de puntos, obteniéndose el conjunto de curvas y triángulos que definen el Modelo Digital del Terreno.

En el Anejo nº2 Cartografía se desarrollan en detalle los trabajos de cartografía y topografía realizados

3.5. TRAZADO

3.5.1. Consideraciones generales

La geometría básica de la plataforma de vías queda definida por el trazado de un eje en planta, por el trazado de un eje en alzado y por su sección transversal, combinando las alineaciones. El objetivo es hacer posible, en condiciones óptimas de seguridad y estabilidad, el mantenimiento de las circulaciones a la velocidad establecida.

Los trazados de la prolongación parten del fondo de saco actual de Plaza Elíptica, situado en el Paseo de Santa María de la Cabeza, con una cota de rasante en alzado en el PK 0 de 586 m. El final del trazado se sitúa en la estación de Conde de Casal, común a todas las alternativas, siendo 591 m la cota de rasante a su llegada a andenes de la estación. La prolongación incluye una cola de maniobras de más de 300 m, como nuevo final de línea, bajo la Avenida del Mediterráneo.

El trazado se ha adaptado a las exigencias de una zona totalmente urbana, teniendo en cuenta los numerosos condicionantes existentes, principalmente las infraestructuras que se encuentran a lo largo de los trazados: túneles de la M-30 en Madrid Río, estación y túneles de Atocha y Cercanías en Atocha, estaciones de Metro existentes, edificaciones sobre el trazado, etc. En todos los casos se deben respetar los recubrimientos mínimos para la excavación del túnel con tuneladora.

En el Anejo nº7 de Trazado se incluye la descripción detallada de los trazados de las 3 alternativas, tanto en planta como el alzado, así como los listados de las alineaciones.

3.5.2. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño del trazado considerados, tanto en planta como en alzado, son los siguientes:

- Velocidad máxima de circulación (velocidad de diseño): 110 km/h
- Radio mínimo de alineación circular: 300 m
- Tipo de curva de transición: clotoide
- Peralte máximo: 150 mm
- Aceleración transversal no compensada máxima: se realizará el cálculo para aceleración nula y para $0,65 \text{ m/s}^2$
- Aceleración transversal no compensada máxima del viajero: 1 m/s^2 .
- Coeficiente de flexibilidad: 0,424 (coche serie 8.000)
- Ancho de vía: 1.445 mm

- Distancia entre ejes de carriles: 1.515 mm (para carril UIC-54)
- Velocidad vertical máxima: 50 mm/s
- Rampa de peralte máxima: 1,5 mm/m (valor excepcional 2 mm/m)
- Sobreaceleración máxima (jerk): 0,020g m/s³
- Pendiente máxima (rasante): 35 milésimas
- Pendiente mínima (rasante): 5 milésimas
- Pendiente en estaciones: nula
- Tipo de acuerdo vertical: parabólico
- Parámetro mínimo de acuerdo vertical (Kv): 2.000

Se considera el uso de trenes de gálibo ancho (2,80 m de ancho) y composiciones de trenes de 6 coches (andenes de 115 m). El material móvil tipo considerado es de la serie 8000.

La definición completa de todos los parámetros geométricos en el diseño de nuevos trazados de Metro se encuentra en el “Documento Técnico: Geometría de vía” (MM-DT-00-01, Edición 0, febrero 2014), perteneciente a la “Normativa Técnica Básica de Vía de Metro de Madrid. 1ª Fase.”

3.5.3. Esquema de vías

El esquema de vías para cada alternativa se obtiene de la implementación de la propuesta realizada a tal efecto por Metro de Madrid.

Alternativa 1

Se dispone la primera diagonal tras la estación de Madrid Río (andenes laterales), a partir del PK 1+990. Antes de la estación de Atocha-Renfe (andén central) se sitúa una diagonal, en el PK 4+066. Finalmente, antes y después de la estación de Conde de Casal (andén central) se disponen sendas dobles diagonales (bretelles). En paralelo y exteriormente a las vías generales de la estación de Conde de Casal se habilitan también sendas vías de estacionamiento conectadas a las vías generales mediante desvíos simples.

Alternativa 2

Esta alternativa presenta un esquema similar a la anterior. La primera diagonal se sitúa tras la estación de Madrid Río (andén central), en el PK 2+170. Antes de la estación de Atocha-Renfe (andén central) se sitúa otra diagonal, a partir del PK 3+720. La disposición en Conde de Casal es común a las alternativas, con bretelles antes y después de la misma y las vías de estacionamiento en la estación.

Alternativa 3

En este caso, la primera diagonal se encuentra antes de la estación de Embajadores (andenes laterales), en el PK 2+246. Antes de la estación de Atocha-Renfe (andén central) se sitúa una nueva diagonal, en el PK 3+641. De nuevo, el esquema en Conde de Casal se repite.

3.6. ANÁLISIS DE DEMANDA

El presente Estudio Informativo ha analizado y desarrollado en detalle 3 alternativas de trazado, dos con 4 nuevas estaciones y una con 3 nuevas estaciones. En el Anejo nº 9 de Estudio de demanda se encuentran descritas todas las alternativas desde el punto de vista de la demanda.

3.6.1. Demanda actual de la línea

La línea 11 de Metro de Madrid tiene una longitud de 8,21 Km y 7 estaciones, con comienzo en Plaza Elíptica (intercambio con línea 6) y finalización en el barrio de La Fortuna, pasando por Carabanchel Alto y el PAU de Carabanchel.

En la estación de Plaza Elíptica, la línea 11 presenta intercambio con la línea 6, así como con el intercambiador de Plaza Elíptica. Este intercambiador subterráneo supone la conexión con 10 líneas de autobús urbano (EMT) y 15 líneas interurbanas. En las siguientes estaciones existentes de la línea no se producen conexiones con otras líneas de metro, grandes intercambiadores o conexiones ferroviarias; pero sí existen correspondencias con numerosas líneas de autobús.

Se observa que la conectividad actual de la línea 11 con la red de transporte urbano es limitada, especialmente por la escasa conexión con la red de Metro y la inexistencia de intercambios con otros servicios ferroviarios. La prolongación de la línea 11 en 4 estaciones hasta Conde de Casal supondrá la conexión de la línea con otras líneas de Metro, conexiones ferroviarias con Cercanías y otros servicios de Renfe, así como la correspondencia con otras líneas de autobús e intercambiadores.

La demanda actual en las estaciones de la línea 11, contabilizada como entradas por torniquete en la red de Metro a fecha de noviembre de 2017, se muestra en la siguiente tabla (personas/día):

LÍNEA	ORDEN	NOMBRE	Día Laborable Promedio
11	1	PLAZA ELIPTICA	1.451
11	2	ABRANTES	2.719
11	3	PAN BENDITO	1.937
11	4	SAN FRANCISCO	3.264
11	5	CARABANCHEL ALTO	3.243
11	6	LA PESETA	3.192
11	7	LA FORTUNA	1.709

Tabla 1. Demanda actual en las estaciones de la línea 11

La siguiente tabla muestra datos de demanda actual para las estaciones que presentarán intercambio con las nuevas estaciones de L11 (personas/día):

LÍNEA	ORDEN	NOMBRE	Día Laborable Promedio
1	19	ATOCHA-Renfe	27.203
3	10	PALOS DE LA FRONTERA	8.733
3	11	EMBAJADORES	22.043
5	21	ACACIAS	4.725
6	5	PLAZA ELIPTICA	19.275
6	11	CONDE DE CASAL	20.632
11	1	PLAZA ELIPTICA	1.451

Tabla 2. Demanda actual de las estaciones que presentarán intercambio

3.6.2. Circulaciones y frecuencia

EL modelo de demanda utilizado incluye toda la oferta de transporte de un día medio laborable de noviembre de 2017, expresada en base a su intervalo diario medio. En particular, incluye toda la red de transporte público de la Comunidad de Madrid, es decir, toda la red de Metro y de Cercanías.

Para cada línea, se tiene en cuenta el intervalo medio diario, la velocidad y la longitud de la misma. Para las líneas de Metro, el intervalo diario medio es de 5,91 minutos. Para la línea 11, en la actualidad, el intervalo de paso es de 7,32 minutos.

LÍNEA	ITINERARIO	Modo	Intervalo	Velocidad	Longitud
Línea 1	PINAR CHAMARTIN - VALDECARROS	m	5.32	21.87	41.54
Línea 2	LAS ROSAS - CUATRO CAMINOS	m	5.19	23.54	26.66
Línea 3	VILLAVERDE ALTO-MONCLOA	m	4.55	24.93	26.86
Línea 4	ARGÜELLES - PINAR CHAMARTIN	m	4.73	22.16	28.6
Línea 5	ALAMEDA OSUNA-CASA DE CAMPO	m	5.52	22.89	44.68
Línea 6_s1	CIRCULAR	m	4.90	24.29	23.99
Línea 6_s2	CIRCULAR	m	5.57	25.19	23.99
Línea 7a	ESTADIO OLIMPICO-PITIS	m	5.76	27.59	36.94
Línea 7b	HOSPITAL DEL HENARES-ESTADIO OLIMPICO	m	6.71	31.38	17.50
Línea 8	NUEVOS MINISTERIOS - AEROPUERTO	m	5.37	42.61	30.84
Línea 9a	HERRERIA ORIA-PUERTA DE ARGANDA	m	5.89	26.22	40.21
Línea 9b	PUERTA DE ARGANDA- ARGANDA DEL REY	m	7.91	47.93	38.40
Línea 10a	TRES OLIVOS-PUERTA DEL SUR	m	5.16	26.75	46.74
Línea 10b	TRES OLIVOS-HOSPITAL INFANTA SOFÍA	m	5.71	36.16	26.32
Línea 11	PLAZA ELIPTICA-LA PESETA	m	7.32	27.41	12.72
Línea 12_s1	METROSUR	m	7.91	36.39	40.47
Línea 12_s2	METROSUR	m	7.81	36.82	40.47
Ramal	OPERA-PRINCIPE PIO	m	5.12	11.31	1.94

Tabla 3. Oferta de Metro, parámetros día laborable

Línea Comercial	Sublínea modelizada	Descripción	Modo	Intervalo	Velocidad	Longitud
C-1	c001--	Príncipe Pio-AER0 T4	r	29.1	45	47.35
C-2	c002--	Guadalajara-Chamartín	r	24.9	45	128.05
C-2	c002c-	Alcala H.-Chamartín	r	47.4	45	81.45
C-8	c002I-	Guadalajara-Cercedil	r	44.3	45	285.07
C-3	c003--	Aranjuez-El Escorial	r	44.3	45	214.28

Línea Comercial	Sublínea modelizada	Descripción	Modo	Intervalo	Velocidad	Longitud
C-3	c003c-	Aranjuez -Chamartín	r	37.1	45	113.08
C-3	c003l-	Aranjuez-StaMAlamed	r	340.0	45	324.53
C-4	c004A-	Parla-Alcobend.SSRR	r	15.0	45	94.42
C-4	c004B-	Parla-Colmenar Viejo	r	15.0	45	115.62
C-5	c005--	M.El Soto-Fuenlabrada	r	15.0	45	83.37
C-5	c005l-	M.El Soto-Humanes	r	15.0	45	91.37
C-7	c007--	Alcalá.Hena-Chamartín	r	35.2	45	187.01
C-7	c007c-	Alcalá.Hena-Príncipe Pio	r	60.0	45	157.96
C-7	c007l-	Guadalajara-Fue.Mora	r	340.0	45	237.69
C-10	c010--	Villalba-Fuen.laMora	r	27.6	45	108.73
C-10	c010c-	Príncipe Pio-Chamartín	r	30.4	45	29.05
C-10	c010l-	El Escorial-F.laMora	r	408.0	45	133.53

Tabla 4. Oferta de Cercanías, parámetros día laborable

3.6.3. Estimación de la demanda futura de la línea

Para realizar el estudio de demanda de la prolongación de la Línea 11 de Metro entre Plaza Elíptica y Conde de Casal, se ha empleado el modelo construido por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM).

El modelo contempla 3 horizontes de simulación o escenarios:

- 2017, situación actual o escenario base. Actualizada a noviembre de 2017.
- 2025, horizonte a medio plazo. Se incorporan, sobre el escenario base, las siguientes variaciones:
 - BUS-VAO en la A-3,
 - ampliación de la Línea 3 a El Casar con transbordo a la red de Cercanías,
 - implantación del APR en el distrito Centro,
 - crecimientos urbanísticos y demográficos proyectados en distintos puntos.
- 2035, horizonte a largo plazo. Se incorporan las siguientes infraestructuras:
 - eje transversal y vía de contorno de Cercanías,
 - ampliación de la Línea 11 de Conde de Casal a la Estrella y La Elipa,
 - crecimiento tendencial a los crecimientos de 2025,
 - otros desarrollos urbanísticos.

En el Anejo nº 9 de Estudio de demanda se recoge el procedimiento completo de modelización de la demanda, así como los resultados de la simulación, para cada uno de los escenarios.

3.6.4. Correspondencia del estudio de demanda con las alternativas seleccionadas

Las alternativas de trazado de la prolongación de la Línea 11 contempladas en el presente Estudio Informativo se desarrollan entre la estación de Plaza Elíptica (existente) y la estación de Conde de Casal, pasado por la estación de Atocha-Renfe en todos los casos. La estación de Conde de Casal presenta idéntica configuración para todas ellas.

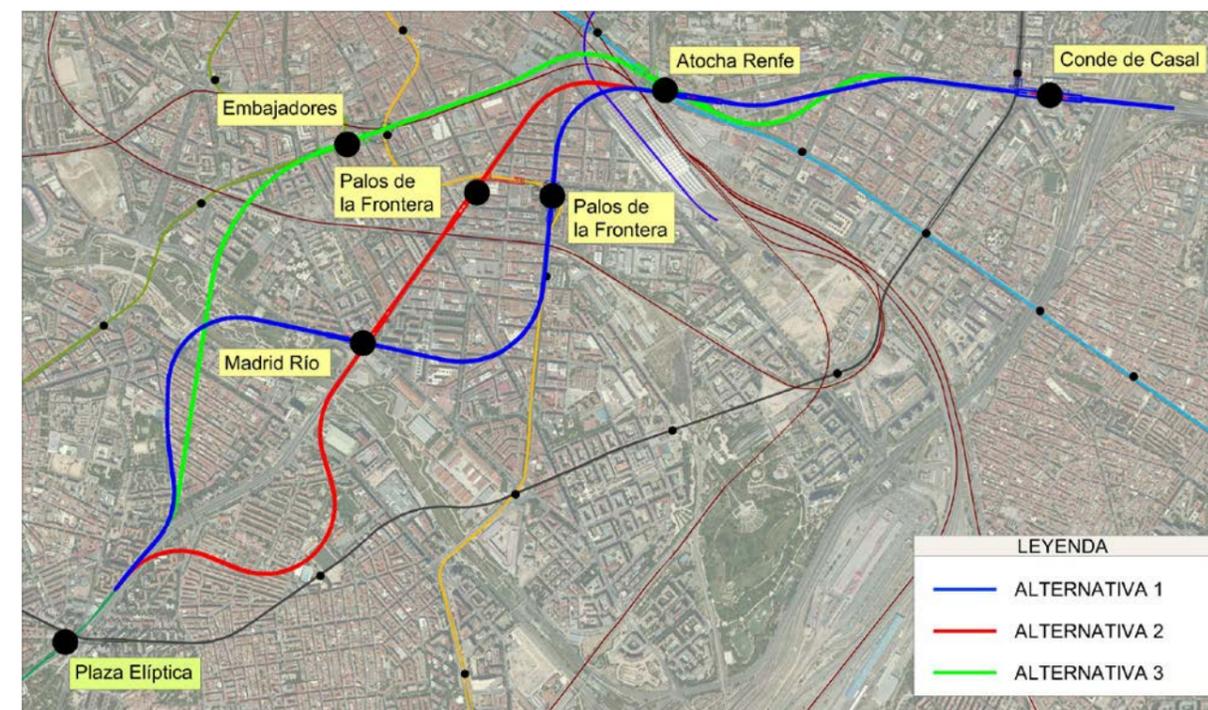


Figura nº 13. Trazado de las alternativas estudiadas

El desarrollo y la ubicación del resto de estaciones varían de unas alternativas a otras:

- **Alternativa 1:** Estaciones (4) en:
 - Madrid Río,
 - Palos de la Frontera,
 - Atocha-Renfe,
 - Conde de Casal.

- **Alternativa 2:** Estaciones (4) en:
 - Madrid Río,
 - Palos de la Frontera,
 - Atocha-Renfe,
 - Conde de Casal.
- **Alternativa 3:** Estaciones (3) en:
 - Embajadores,
 - Atocha-Renfe
 - Conde de Casal.

Los resultados de demanda total (entradas y salidas) en las estaciones de cada alternativa, para el día laborable promedio en el escenario 2035, se reflejan en la siguiente tabla:

LÍNEA	ESTACIÓN	Día Promedio Laborable		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
6, 11	PLAZA ELÍPTICA	40.991	42.415	41.254
3, 5, 11	EMBAJADORES-ACACIAS	85.275	86.323	116.268
1, 11	ATOCHA RENFE	210.978	213.425	210.017
3, 11	PALOS DE LA FRONTERA	53.014	46.415	19.045
11	MADRID RÍO	14.499	9.788	0
6, 11	CONDE DE CASAL	61.874	60.854	60.067

Tabla 5. Demanda total para las estaciones por alternativas en el escenario 2035

De esta forma, los resultados del análisis de demanda para las alternativas, en el escenario 2035 respecto a la base, son los siguientes:

	Alternativa 1 respecto Base 2035		Alternativa 2 respecto Base 2035		Alternativa 3 respecto Base 2035	
Incremento de demanda en Línea 11	72.773	262,8%	70.102	253,1%	63.209	228,2%
Incremento de demanda en el Total de la Red de Metro	26.277	0,7%	21.699	0,6%	8.543	0,2%

Tabla 6. Análisis de demanda para las alternativas en el escenario 2035

Se observa que la Alternativa 1 es la que presenta una mayor demanda, seguida de la Alternativa 2, y la Alternativa 3 a más distancia.

La implantación de la Alternativa 1, en el horizonte 2035, supone un incremento de más de 26.000 personas/día en la red de Metro, frente al escenario base para un día laborable. Se trata, además, de la alternativa que mayor demanda capta en las estaciones de Palos de la Frontera, Madrid Río y Conde de Casal, quedando en segundo lugar para el caso de Atocha-RENFE.

La Alternativa 2 es la segunda en demanda, y la que mayor demanda capta para las estaciones de Atocha-RENFE y Plaza Elíptica. La Alternativa 3 es la que menor demanda genera, con unos valores de demanda menores para todas las estaciones, si bien la demanda en Embajadores es significativa, y se trata de la única alternativa que permite el intercambio con Línea 5.

3.7. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

3.7.1. Encuadre geológico

Desde un punto de vista regional, Madrid y su alfoz se encuentran enclavados en la cuenca terciaria del Tajo, limitada al norte y noroeste por las zonas elevadas del sistema Central, al este por la Sierra de Altomira, y al Sur por los Montes de Toledo, correspondiendo las zonas bajas, a las depresiones terciarias del Tajo

Se trata de una cubeta sedimentaria, resultado de una intensa actividad tectónica, que provocó el levantamiento de los bordes de la cuenca y la consiguiente subsidencia de la depresión, la cual fue rellenándose progresivamente por sedimentos provenientes de la desmantelación de los materiales que forman los macizos montañosos y rampas de erosión de los bordes de la cuenca.

Favorecidos por los bordes de este graben, se desarrollaron grandes sistemas de abanicos aluviales, que llevaron a cabo las labores de transporte y sedimentación de los productos de erosión de los macizos ígneos durante el período Mioceno, mientras que paralelamente en el interior de la cuenca tenía lugar un sistema deposicional de tipo lacustre con sedimentación preferentemente de tipo químico.

De este modo, se establece una distribución espacial de las distintas unidades deposicionales, que por sus características singenéticas, ocupan unas zonas concretas dentro de la cuenca, circunstancia que tendrá sus repercusiones desde el punto de vista geotécnico.

Atendiendo a este criterio, en detalle, las facies depositadas en la Cuenca de Madrid durante el mioceno se caracterizan por:

- Facies de borde o Facies Madrid: conjunto detrítico depositado a favor de un sistema de abanicos aluviales. Está constituido por dos unidades diferenciadas en función de su contenido en finos; Arenas de Miga y Toscos, siendo muy frecuente encontrar niveles de una unidad dentro de la otra y viceversa. Además, es frecuente encontrar niveles de transición entre uno y otro denominados como arena tosquiza y toscos arenosos. Esta facies se localiza hacia el noroeste del municipio de Madrid.
- Facies de transición: Arcillas margosas, arenas micáceas y arcillas de alta plasticidad. Se trata de una facies intermedia entre la facies de borde y la facies central. Dentro de esta unidad se encuentran las Peñuelas compuestas por arcillas verdes a grisáceas, y arcillas carbonáticas. Básicamente, esta facies se localiza en el municipio de Madrid y hacia el SW de la Comunidad.
- Facies central: caracterizada por depósitos químicos formado en un ambiente lacustre restringido. Está compuesto por margas yesíferas negras, yesos masivos y calizas. Se ubican hacia el sudeste de la cuenca de Madrid.

Por otro lado, están los depósitos cuaternarios representados principalmente por depósitos aluviales vinculados a los cauces, como el del Manzanares, así como a otros arroyos importantes, como es el de Abroñigal y el de Castellana. También es frecuente encontrar rellenos debido a la actividad urbanística de la ciudad.

3.7.2. Unidades geotécnicas

En base a la información suministrada por la cartografía geológica-geotécnica y de la campaña de investigación de campo, principalmente de los sondeos geotécnicos realizados en las alternativas de trazado estudiadas, se pueden diferenciar las siguientes unidades geotécnicas:

Rellenos antrópicos

Compuestos por materiales de aportación vinculada a la actividad humana, generalmente asociados a las sucesivas actuaciones urbanísticas. Estos materiales son de composición muy heterogénea, pueden contener desde escombros hasta materiales del mismo sustrato procedente de excavaciones.

La puesta en obra de estos materiales es variable, engloba desde materiales vertidos sin compactación hasta materiales con compactaciones mayores.

En la zona de estudio aparecen superficialmente a lo largo de todas las alternativas de trazado en superficie, con un espesor variable desde 2 hasta 10m según los sondeos realizados.

Rellenos estructurales.

Materiales compactados utilizados bajo estructuras, rellenos de muros, etc. donde se requiera una alta resistencia del suelo ya sea para controlar asentamientos, capacidad de soporte, mejoramiento de terreno, etc.

Depósitos Aluviales (Al)

En el área estudiada estos depósitos están asociados al curso del río Manzanares, así como sus arroyos tributarios existentes en el entorno del trazado; el más importante es el arroyo Abroñigal, junto con el arroyo Carcavón-Atocha.

Se trata de depósitos cuaternarios, compuestos por materiales arenoso-arcillosos con ocasionales niveles de gravas. El espesor de cuaternario del Manzanares en los puntos de cruce de las alternativas contempladas es de 5m, según la testificación del sondeo S-4, aunque, puede llegar hasta 7m de espesor, según los antecedentes consultados. Por otro lado, el aluvial correspondiente al arroyo Abroñigal es de aproximadamente 2m, según el sondeo S-12 y, al analizar los estudios previos consultados, puede llegar hasta los 7m de espesor en la zona de la M-30 próximo a Conde Casal.

Toscos (Facies de borde)

Litológicamente se trata de arcillas de color marrón con contenidos de finos superiores a 60%, aunque pueden presentar niveles intercalados con mayor contenido de arenas. Este nivel constituye el nivel más superficial del sustrato, aparecen por debajo de los rellenos en el primer kilómetro del trazado, con un espesor entre 3 m y 20 m, según los sondeos ejecutados en la presente campaña de prospección.

Peñuela (Facies de transición)

Constituye la formación más importante, en cuanto a su espesor y distribución espacial. Llegan a alcanzar una potencia del orden de 60 m, espesor constatado en la Línea 6 del Metro de Madrid en las proximidades del Puente de Andalucía (“Síntesis Geotécnica de los Suelos de Madrid y su Alfoz; V. Escario, 1985)

Litológicamente se caracterizan por estar formadas por arcillas o lutitas, pueden aparecer fuertemente litificadas por sobreconsolidación o cementaciones carbonatadas, con una coloración gris-verdoso azulado con episodios marrones de alteración. Estos materiales presentan de manera

ocasional intercalaciones de niveles de carbonatos. Aparecen por debajo de los toscos en un cambio lateral de facies de forma gradual.

Se ha identificado Peñuela a lo largo de todo el trazado y en su mayoría dentro de las cotas de excavación del túnel, con un espesor variable desde 12 m hasta 40 m. Sin embargo, sólo se ha identificado la unidad “transición Tosco-Peñuela” en los sondeos S-6, S-8 y S-9 con espesores de 41 m, 43 m y 18 m respectivamente.

Arcillas negras con yesos y yesos con arcillas (Facies central)

Su denominación varía en función del predominio de arcilla o de yesos masivos intercalados. Las arcillas tienen una coloración gris oscuro-negrusco. Esta unidad aparece por debajo de la Peñuela en un cambio de coloración de verde a gris oscuro en la que va incrementándose el contenido en yesos hasta aparecer capas de yesos más masivos.

Se ha identificado esta unidad desde el sondeo S-2 al S-6, ambos inclusive. Al identificar dicha unidad en los últimos metros de los sondeos, no se puede estimar el espesor medio de la unidad litológica, ya que no se llega a registrar la base de dicho estrato. Teniendo en cuenta esto, podemos señalar que, en el sondeo S-5, se ha identificado un tramo de arcillas negras con yesos de al menos 12 m de espesor y, en el sondeo S-4, se ha registrado un tramo de yesos con arcillas negras de 11m de espesor seguido de un tramo de arcillas negras masivas de al menos 22m de espesor, lo que implica más de 33 m de espesor reconocido en este sondeo.

3.7.3. Materiales afectados por la excavación del túnel

La estratigrafía del terreno por el que discurren las alternativas proyectadas está compuesta por sustrato terciario compuesto por Toscos, Peñuelas y Arcillas negras con niveles de yesos. Estos materiales aparecen recubiertos por suelos cuaternarios y rellenos.

Los niveles de Toscos aparecen en superficie, bajo estos materiales aparecen Peñuelas que afectan a la mayor extensión de los tramos en túnel. Subyacente a estos materiales aparecen las arcillas negras, que presentan niveles de yesos masivos intercalados y que llegan a afectar a los trazados de los túneles en una proporción reducida.

Dado que el trazado discurre por zona urbana presenta un recubrimiento generalizado de rellenos antrópicos, asociados al urbanismo de la ciudad.

3.7.4. Sismología

Según la Norma Sismorresistente, el municipio de Madrid tiene un valor de aceleración sísmica básica (ab) inferior a 0.04g. La aplicación de esta Norma es obligatoria exceptuando en las construcciones de importancia moderada o en aquellas construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica ab sea inferior a 0.04g, siendo g la aceleración de la gravedad.

Por lo tanto, en la zona de estudio, con un valor de aceleración sísmica (ab) inferior a 0.04g, no es obligatoria la consideración de sismo en los cálculos estructurales.

3.7.5. Trabajos recopilados y Campaña de investigación geotécnica realizada

Se ha estudiado la información proveniente de los antecedentes disponibles del proyecto, con el propósito de identificar, consolidar y proponer la caracterización geotécnica de cada una de las unidades litológicas identificadas en las alternativas de trazado. Los proyectos y estudios previos consultados, cuya información disponible y empleada en este estudio, se enumeran a continuación:

- “Proyecto de Construcción de Plataforma y Vía de la Conexión Ferroviaria en Ancho UIC Entre las Estaciones de Atocha y Chamartín (Madrid)”. realizado por TYPESA para Dirección de Proyectos de Alta Velocidad de ADIF (2008).
- “Proyecto de Construcción Remodelación de la M-30, Puente San Isidro – Puente de Praga”. GINPROSA para la Concejalía de Gobierno de Urbanismo, Vivienda e Infraestructura (2003).
- “Estudio Informativo del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha. Vestíbulos y acceso sur T.M. Madrid” redactado por IDOM para el Ministerio de Fomento (2004).
- “Enlaces Ferroviarios de Madrid. Proyecto de Estación Madrid-Atocha Largo Recorrido, edificio y vías”, - 1ª-2ª-3ª Fases elaborado por la Dirección General de Infraestructuras del Transporte del Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones (1986-1987).
- “Estudio Geotécnico para el Tramo estación de Atocha-C/ María de Molina de la conexión ferroviaria en ancho UIC entre Atocha y Chamartín en Madrid”. Realizado por la UTE SERGEYCO-GEOCONSULT y entregado por el GIF el 5 de marzo de 2002.
- “Cercanías de Madrid. Remodelación de la Cabecera Sur de Atocha” - 1ª Fase. TYPESA (1993)
- “Proyecto de liquidación del proyecto modificado nº2 actuaciones de mejora del enlace de la M-30 con la A-3”. EPSA (2004).

- Campañas de perforaciones para la Red de Seguimiento e Información Hidrológica del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1932-1968).
- Campañas de perforaciones del Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible (sistema de información geográfica de urbanismo) del Ayuntamiento de Madrid (1941-1986).

Con el propósito de reconocer las características y parámetros relevantes de las unidades, comprometidas en las alternativas de trazado propuestas, se ha llevado a cabo un programa de investigaciones en terreno.

El programa se basa en una campaña de investigación geotécnica realizada mediante la perforación de 11 sondeos a rotación con recuperación de testigo. Además, durante las perforaciones se han realizado ensayos de investigación “in situ”; ensayos de penetración estándar (en adelante SPT), ensayos presiométricos, y ensayos de permeabilidad Lefranc.

Junto con lo anterior, se han seleccionado las muestras más representativas de los materiales identificados a lo largo de las perforaciones para la realización de ensayos de laboratorio.

A continuación, la siguiente tabla resume la campaña de investigación geotécnica llevada a cabo en la zona de estudio.

SONDEO	COORDENADAS UTM			PROF. SONDEO (m)	Nº MUESTRAS				ENSAYO PRESIOMÉTRICO	ENSAYO LEFRANC	PROF. NF (m)
	X	Y	Z		MI	TP	SPT	Agua			
S-1	439281.18	4471019.48	598,2	22,64	2	4	7	0	2	1	6,20
S-2	439588.40	4471755.21	590,4	41,00	1	9	13	1	2	1	10,30
S-3	439648.45	4472033.09	574,0	35,07	5	5	9	1	2	1	7,00
S-4	440131.58	4472063.15	574,0	60,50	6	9	19	1	4	1	5,40
S-5	440759.19	4472015.00	576,0	33,06	2	5	10	1	2	1	8,00
S-6	441114.06	4472653.45	606,2	67,00	2	16	20	1	5	1	14,80
S-8	441683.11	4473107.06	629,0	65,60	6	14	19	1	5	1	7,10
S-9	442276.26	4473154.55	633,5	42,60	4	9	13	1	2	1	16,90
S-10	443109.87	4473091.35	615,6	50,60	5	10	15	1	5	1	11,50
S-11	443211.84	4473088.39	614,8	52,10	5	11	16	1	5	1	11,20
S-12	443446.10	4473121.80	609,0	35,60	3	8	11	1	2	1	12,80

Tabla 7. Campaña de investigación geotécnica.

Por último, a fin de completar los resultados obtenidos en la campaña de investigación geotécnica, se ha realizado una campaña de prospección geofísica, mediante la cual se obtiene la testificación geofísica a partir de las diferentes técnicas ejecutadas en cada uno de los sondeos.

3.7.6. Tramificación Geológica-Geotécnica

A partir de la información geológica de las investigaciones recopiladas y ejecutadas durante la campaña geotécnica se han realizado los perfiles geológicos de cada una de las alternativas consideradas. Debido a la situación geográfica y profundidad de los trazados la tramificación geológica es bastante homogénea. Se describe a continuación los materiales afectados por la excavación del túnel y la división en tramos de cada alternativa.

ALTERNATIVA 1

- Tramo 1: P.K. 0+000 a P.K. 0+126: El inicio del trazado se ejecuta como continuación del fondo de saco de Línea 11 en Plaza Elíptica, excavado entre pantallas. La potencia media de los materiales afectados de techo a muro es: 2 m de Relleno, 3 m de Tosco y 12 m de Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa a 1,5 m por encima de la clave del túnel.
- Tramo 2: P.K. 0+126 a P.K. 1+100: Toda la sección del túnel se excava en Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa a unos 4 m por encima de la clave del túnel, para ir distanciándose a medida que la rasante profundiza para atravesar el cauce del Manzanares. La cota absoluta del nivel freático oscila de 590 al inicio de tramo hasta 580 en la zona próxima al Manzanares.
- Tramo 3: P.K. 1+100 a P.K. 1+827: A partir de este punto se entra en contacto a la cota de rasante del túnel con la formación compuesta por arcillas negras yesíferas. Esta unidad aparece por debajo de la Peñuela y su contenido en yeso se hace más predominante en profundidad en forma de niveles masivos intercalados entre la arcilla. En este tramo se atraviesa el cauce del Manzanares. Los depósitos aluviales asociados al cauce del río se sitúan a 15 y 10 m de distancia sobre clave del túnel. El nivel freático en este tramo está asociado a los depósitos aluviales del río y se sitúan a la cota 567-568. Este tramo continúa hasta la ubicación de la primera estación, denominada Madrid Río.
- Tramo 4: P.K. 1+827 a P.K. 1+979: Se corresponde con la excavación entre pantallas de la estación de Madrid Río. La cota inferior de excavación de esta infraestructura se sitúa a 28 m de profundidad respecto al terreno natural, apoyándose sobre el contacto de la

formación de yesos masivos intercalados con las arcillas negras yesíferas. La ejecución de las pantallas se realiza excavando en los rellenos antrópicos, con un espesor medio de 3 m, los depósitos aluviales asociados al cauce del río Manzanares, con un espesor medio de 5 m, y la formación Peñuela hasta llegar al contacto con las arcillas negras yesíferas a 1 o 2 m por encima de la cota de excavación. El nivel freático en este tramo está asociado a los depósitos aluviales del río y se sitúan a la cota 567-568.

- Tramo 5: P.K. 1+979 a P.K. 2+600: Consiste en la ejecución de túnel en mina excavando arcillas de la formación Peñuela en la parte superior de la sección y arcillas negras yesíferas en la parte inferior. En el P.K. 2+440 el porcentaje de peñuelas a excavar es del 60%, frente al 40% de las arcillas negras con yesos. El nivel freático en este tramo se sitúa a la cota 568.
- Tramo 6: P.K. 2+600 a P.K. 3+209: Túnel en mina en arcillas marrones y verdosas, correspondientes a las formaciones Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa entre las cotas 568 a la 591, siendo su posición sensiblemente paralela a la superficie del terreno.
- Tramo 7: 3+209 a P.K. 3+366: Se corresponde con la excavación entre pantallas de la segunda estación, Palos de la Frontera. Las pantallas se ejecutan excavando rellenos antrópicos con un espesor medio de 2 m y después arcillas marrones y verdosas de la formación Peñuela con un espesor medio de 30 m hasta llegar a la cota inferior de excavación. El nivel freático en este tramo se sitúa a la cota 592 m.
- Tramo 8: P.K. 3+366 a P.K. 4+118: Túnel en mina en arcillas marrones y verdosas, correspondientes a la Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa entre las cotas 592 a 612 o 615, siendo su posición sensiblemente paralela a la superficie del terreno. En el entorno de la estación de Atocha y debido a las excavaciones realizadas en ella, es posible que el nivel freático regional se encuentre algo deprimido hasta alcanzar la cota de las excavaciones realizadas en la Estación de Atocha.
- Tramo 9: P.K. 4+118 a P.K. 4+384: Se corresponde con la construcción de la estación de intercambio con Atocha Renfe, ejecutada entre pantallas. En la excavación de estas se atraviesan 8 m de rellenos antrópicos, 14 m de arcillas marrones de la formación Tosco y 14 m de formación Peñuela hasta llegar a la cota inferior de excavación de la estación. Durante la ejecución del sondeo realizado no se detectó presencia de agua, sin embargo, con posterioridad el sondeo presenta un nivel de agua a la cota 622, que se considera muy elevada y podría corresponder con un nivel freático colgado asociado a los rellenos superficiales, y procedente de pérdidas de conducciones próximas.

- Tramo 10: P.K. 4+384 a P.K. 5+677: Túnel en mina en arcillas marrones y verdosas, correspondientes a la formación Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa entre las cotas 616 y 604, siendo su posición sensiblemente paralela a la superficie del terreno.
- Tramo 11: P.K. 5+677 a P.K. 5+953: Se corresponde con la conexión con la estación de Conde Casal mediante estación de intercambio ejecutada entre pantallas. La secuencia geológica a excavar consiste en 8 m de rellenos antrópicos, 2 m de arcillas marrones de la unidad Tosco y 16 m de arcillas verdes de la unidad Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa en torno a la cota 604.
- Tramo 12: P.K. 5+953 a P.K. 6+023: Este tramo ejecutado entre pantallas afecta 12 m de rellenos antrópicos, 1 m de aluvial y 12-15 m de arcillas verdes de la formación Peñuela.
- Tramo 13: P.K. 6+023 a P.K. 6+350: Desde este punto el trazado discurre en túnel en mina bajo la M-30, excavando arcillas verdosas de la formación Peñuela. En el entorno del P.K. 5+985, se atraviesa depósito aluvial asociado al cauce antiguo del arroyo Abroñigal, el contacto inferior del aluvial queda muy próximo a la clave del túnel. El nivel freático en este tramo se encuentra en conexión con el aluvial del arroyo Abroñigal y se localiza a la cota 596. El trazado continúa hasta el final de la alternativa atravesando la formación Peñuela.

ALTERNATIVA 2

- Tramo 1: P.K. 0+000 a P.K. 0+124: El inicio del trazado se ejecuta como continuación del fondo de saco de Línea 11 en Plaza Elíptica, excavado entre pantallas. La potencia media de los materiales afectados de techo a muro es: 2 m de Relleno, 3 m de Tosco y 12 m de Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa a 1,5 m por encima de la clave del túnel. Este tramo es común a las tres alternativas consideradas.
- Tramo 2: P.K. 0+124 a P.K. 1+000: Túnel en mina excavado en toda la sección en arcillas verdes de la formación Peñuela. El nivel freático se sitúa en torno a la cota 590.
- Tramo 3: P.K. 1+000 a P.K. 1+939: En el inicio de este tramo se infiere el contacto de la Peñuela con las formaciones yesíferas inferiores, compuestas por arcillas negras con yesos y niveles de yesos más masivos con arcillas. A partir del P.K. 1+300 toda la sección del túnel se excava en las arcillas negras con yesos. El nivel freático en esta zona se asocia a los depósitos aluviales del Manzanares, en torno a la cota 568, a más de 30 m por encima de la clave del túnel.
- Tramo 4: P.K. 1+939 a P.K. 2+170: Este tramo se corresponde con la excavación en caverna de la estación de Madrid Río. Los materiales afectados son principalmente arcillas negras con niveles de yeso. Esos niveles de yeso pueden estar constituidos de forma más

masiva en niveles decimétricos. La columna media de materiales existentes por encima de la estación está compuesta por 5 m de Relleno, 3 m de Aluvial, 16 m de Peñuela y 11 m de Arcillas negras con yesos. El nivel freático se mantiene en los depósitos aluviales.

- Tramo 5: P.K. 2+170 a P.K. 2+538: Túnel en mina excavado mayoritariamente en arcillas negras con yesos hasta el final del tramo, donde se infiere el contacto con la formación superior de la Peñuela. El nivel freático se mantiene paralelo a la superficie del terreno aproximadamente a 30 m por encima de la clave del túnel.
- Tramo 6: P.K. 2+538 a P.K. 2+816: Excavación en caverna de la estación de Palos de la frontera, excavando en arcillas negras con yesos en el 30% de la sección, frente al 70% en arcillas verdes de la formación Peñuela. Los materiales situados por encima se corresponden con 6 m de rellenos antrópicos y 35 m de peñuela.
- Tramo 7: P.K. 2+816 a P.K. 3+775: Túnel en mina excavado en materiales de la formación Peñuela. El nivel freático de este tramo se sitúa oscilando entre la cota 600 y 610 a medida que el terreno natural va ganando cota, de forma paralela al túnel.
- Tramo 8: P.K. 3+775 a P.K. 4+052: Este tramo corresponde a la excavación en caverna de la estación de intercambio con Atocha Renfe. La sección de excavación se ubica en su totalidad dentro de la unidad Peñuela. Los materiales situados por encima de clave están formados de techo a muro por 7 m de Relleno, 14 m de Tosco y 14 m de Peñuela.
- Tramo 9: P.K. 4+052 a P.K. 5+341: Túnel en mina afectando prácticamente en su totalidad materiales arcillosos de la unidad Peñuela. El nivel freático oscila en torno a la cota 617.
- Tramo 10: P.K. 5+341 a P.K. 5+616: Excavación entre pantallas para construcción de la estación de intercambio con Conde Casal. La columna geológica a excavar consiste en 8 m de rellenos antrópicos, 2 m de arcillas marrones de la unidad Tosco y 16 m de arcillas verdes de la unidad Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa en torno a la cota 604.
- Tramo 11: P.K. 5+616 a P.K. 5+680: Este tramo, común a las tres alternativas, se ejecuta entre pantallas, afectando de techo a muro 12 m de rellenos antrópicos, 1 m de aluvial y 12-15 m de arcillas verdes de la formación Peñuela.
- Tramo 12: P.K. 5+680 a P.K. 6+013: Desde este punto el trazado discurre en túnel en mina bajo la M-30, excavando arcillas verdosas de la formación Peñuela. En el entorno del P.K. 5+650, se atraviesa depósito aluvial asociado al cauce antiguo del arroyo Abroñigal, el contacto inferior del aluvial queda muy próximo a la clave del túnel. El nivel freático en este tramo se encuentra en conexión con el aluvial del arroyo Abroñigal y se localiza a la

cota 596. El trazado, común a las tres alternativas, continúa hasta el final atravesando la formación Peñuela.

ALTERNATIVA 3

- Tramo 1: P.K. 0+000 a P.K. 0+120: Este tramo es común a las tres alternativas. Se ejecuta como continuación del fondo de saco de Línea 11 en Plaza Elíptica, excavado entre pantallas. La potencia media de los materiales afectados de techo a muro es: 2 m de Relleno, 3 m de Tosco y 12 m de Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa a 1,5 m por encima de la clave del túnel.
- Tramo 2: P.K. 0+120 a P.K. 1+150: Túnel en mina ejecutado en su totalidad en arcillas verdes de la formación Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa a unos 3 m por encima de la clave del túnel, para ir distanciándose a medida que el túnel desciende para atravesar el cauce del Manzanares. La cota absoluta del nivel freático oscila de 590 al inicio de tramo hasta 565 en la zona próxima al Manzanares.
- Tramo 3: P.K. 1+150 a P.K. 1+450: Este tramo se corresponde con el nivel más bajo en cota de toda la alternativa. En el inicio del mismo se sitúa el contacto de la peñuela con las arcillas negras con yesos. El 30% de la sección a excavar está compuesta por arcillas con yesos, frente al 65% formada por las peñuelas. El nivel freático está asociado a los depósitos aluviales del Manzanares, sobre la cota 570.
- Tramo 4: P.K. 1+450 a P.K. 2+291: Túnel en mina excavado en Peñuela en su totalidad. El nivel freático oscila desde la cota 570 próximo al Manzanares hasta la cota 595, incrementando de forma paralela a la superficie del terreno natural.
- Tramo 5: P.K. 2+291 a P.K. 2+418: Excavación entre pantallas de la estación de Embajadores. La columna media de techo a muro está compuesta por 3 de Relleno y 26 m de Peñuela. El nivel freático se ubica en torno a la cota 604.
- Tramo 6: P.K. 2+418 a P.K. 3+637: El tramo discurre en túnel en mina atravesando mayoritariamente arcillas verdes y marrones de la unidad Peñuela. El contacto entre estas dos unidades se infiere en torno al P.K. 3+300. El nivel freático en la zona de Atocha se asocia a los depósitos aluviales del antiguo cauce del arroyo Castellana, sobre la cota 614.
- Tramo 7: P.K. 3+637 a P.K. 4+004: Excavación entre pantallas de la estación de intercambio con Atocha Renfe. La sección de excavación se ubica en su totalidad dentro de la unidad Peñuela. Los materiales situados por encima de clave están formados de techo a muro por 7 m de Relleno, 14 m de Tosco y 13 m de Peñuela.

- Tramo 8: P.K. 4+004 a P.K. 5+402: Túnel en mina en materiales arcillosos de la formación Peñuela.
- Tramo 9: P.K. 5+402 a P.K. 5+678: Excavación entre pantallas para la construcción de la estación de intercambio con Conde Casal mediante. La columna geológica está formada por 8 m de rellenos antrópicos, 2 m de arcillas marrones de la unidad Tosco y 16 m de arcillas verdes de la unidad Peñuela. El nivel freático en este tramo se sitúa en torno a la cota 604.
- Tramo 12: P.K. 5+678 a P.K. 5+748: Este tramo ejecutado entre pantallas afecta 12 m de rellenos antrópicos, 1 m de aluvial y 12-15 m de arcillas verdes de la formación Peñuela.
- Tramo 13: P.K. 5+748 a P.K. 6+074: Desde este punto el trazado discurre en túnel en mina bajo la M-30, excavando arcillas verdosas de la formación Peñuela. En el entorno del P.K. 5+710, se atraviesa depósito aluvial asociado al cauce antiguo del arroyo Abroñigal, el contacto inferior del aluvial queda muy próximo a la clave del túnel. El nivel freático en este tramo se encuentra en conexión con el aluvial del arroyo Abroñigal y se localiza a la cota 596. El trazado continúa hasta el final de la alternativa atravesando la formación Peñuela.

3.7.7. Caracterización geotécnica de los materiales

La campaña geotécnica realizada ha permitido caracterizar los materiales presentes a lo largo del trazado de las alternativas. Así, desde un punto de vista geotécnico, estos materiales son ampliamente conocidos en Madrid, en base a los ensayos realizados hasta la fecha, los valores obtenidos se encuentran dentro del rango de valores habitualmente establecidos en la amplia bibliografía existente.

TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE (t/m ³)	COHESIÓN c' (t/m ³)	ANGULO DE ROZAM. INTERNO (°)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (Subsid.) E (t/m ²)	COEFICIENTE DE POISSON	COEFICIENTE DE BALASTO K (t/m ³)
Rellenos antrópicos	1,80	0,00	28	800-1000	0,35	800
Rellenos seleccionados, compactados	2,10	2,00	34	10000	0,26	8000
Aluviales	2,00	0,00	32	1000-1500	0,32	2000
Depósitos arenosos de Rampa	2,00	0,00-0,50	34	3000-6000	0,30	4000

TIPO DE SUELO	PESO ESPECÍFICO APARENTE (t/m ³)	COHESIÓN c' (t/m ³)	ANGULO DE ROZAM. INTERNO (°)	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (Subsid.) E (t/m ²)	COEFICIENTE DE POISSON	COEFICIENTE DE BALASTO K (t/m ³)
Arenas de miga	2,00	0,50-1,00	35	5500-7500	0,30	6000-12000
Arenas tosquizas	2,05	1,00-1,50	33	8000-10000	0,30	8000-15000
Toscos arenosos	2,08	2,00-2,50	32,5	13000	0,30	10000-20000
Toscos	2,10	3,00-4,00	30	15000-18000	0,30	8000-15000
Toscos de alta plasticidad	2,06	4,00-8,00	28	20000	0,28	20000
Peñuelas verdes y grises	2,00	5,00-6,00	28	20000	0,28	15000-20000
Peñuelas con yesos	2,10	5,00-8,00	30	25000	0,27	20000-35000
Peñuelas reblandecidas con yesos (o reddepósitos)	2,00	0,00-1,00	28	1000	0,35	5000
Arenas micáceas en Mioceno	2,10	0,50-1,00	34	5000	0,30	6000
Sepiolitas	1,60	2,00	28	30000-50000	0,28	20000
Caliches, niveles litificados	2,20	15,00	32	60000	0,25	60000-80000
Yesos	2,30	7,00-10,00	28	40000	0,26	60000

Tabla 8. Asignación de parámetros geotécnicos para los suelos de Madrid (Rodríguez Ortiz y Oteo, 2000)

3.7.8. Riesgos geológico-geotécnicos

Uno de los principales problemas que pueden aparecer se asocian al potencial expansivo de los materiales que constituyen el sustrato; principalmente en los Toscos y Peñuelas. Estas últimas constituyen más del 80% de los materiales a excavar con la tuneladora, y mayoritarios también en las estaciones.

Por otro lado, existen niveles de yesos masivos con espesores métricos pueden constituir niveles más resistentes que podrían producir problemas de excavabilidad y por otro lado constituir frentes mixtos que otorgarían dificultad a las perforaciones. Es decir, la perforación de pantallas de estación podría requerir de medios especiales acordes a estas litologías y, por su parte, en caso de

perforar el túnel de línea mediante tuneladora E.P.B. se requeriría del acondicionamiento de su cabeza de corte oportunamente y el afrontar dichos tramos tras una revisión concienzuda de los equipos.

Lógicamente, en fases posteriores de estudio, se deberá profundizar en el reconocimiento geotécnico que permita la precisa delimitación de las zonas en que esta circunstancia podría aparecer.

Otro potencial problema estaría constituido por el carácter evolutivo de las sales, ya que éstas pueden transformarse de unas a otras en presencia de agua mediante cambios de volumen, tanto hinchamientos como contracciones y disoluciones. A este respecto los niveles detectados en el trazado están compuestos por yesos, según el ensayo de rayos X realizado, y en ellos no se han detectado presencia de disoluciones. No obstante, se sabe la existencia de este fenómeno en otras zonas de Madrid en estos mismos materiales.

Para controlar este aspecto se recomienda realizar mayor número de difracciones de rayos X que permita identificar qué tipo de sales existen en el trazado, ensayos de hinchamiento, contenido en sulfatos, etc.

3.8. HIDROGEOLOGÍA

La estratigrafía del terreno por el que discurren las alternativas proyectadas está compuesta por sustrato terciario compuesto por Toscos, Peñuelas y Arcillas negras con niveles de yesos. Estos materiales aparecen recubiertos por suelos cuaternarios y rellenos.

Los niveles de Toscos aparecen en superficie, bajo estos materiales aparecen Peñuelas que afectan a la mayor extensión de los tramos en túnel. Subyacente a estos materiales aparecen las arcillas negras, que presentan niveles de yesos masivos intercalados y que llegan a afectar a los trazados de los túneles en una proporción reducida.

Dado que el trazado discurre en zona urbana, para la localización de los cauces y arroyos se ha recurrido planos históricos, donde aparecen representados antes de ser canalizados. Los principales cauces fluviales corresponden al del río Manzanares y uno de sus afluentes, el arroyo Abroñigal. Los espesores de los depósitos aluviales presentan espesores, en los puntos de cruce de las alternativas es de 7 m, en el caso del río Manzanares, y de 3 m, en el arroyo Abroñigal.

Existen otros cauces menores de arroyos cuyo trazado original podría afectar a las alternativas de trazado propuestas, si bien se desconoce si hoy en día existirán paleocauces de los mismos o han

sido eliminados con la actuación urbanista, ya que el desarrollo de los suelos cuaternarios asociados a estos cauces podría ser reducida.

El nivel freático detectado en los sondeos corresponde con el nivel freático regional, y las cotas oscilan entre la 567, sondeo S3 en el entorno del cauce del Manzanares y la 616.5 en el sondeo S9, situado en la zona topográficamente más elevada.

Los materiales que se atravesarán con el trazado, Toscos, Peñuelas y Arcillas con yesos presentan permeabilidades muy bajas, del orden de 10^{-7} cm/s.

Se prevé que, dada la posición del nivel freático, el método constructivo proyectado, y la naturaleza impermeable de los materiales la afección del trazado al acuífero será prácticamente nula.

Aunque no se dispone de ensayos de agresividad de las aguas de todas las muestras previstas, y pese a que alguna de ellas resulta no ser agresiva, dada la presencia de yesos en el terreno será necesario contemplar la agresividad de las aguas y el terreno a los hormigones.

La obra prevista en este estudio prevé varias secciones, los tramos de línea se excavarán con tuneladora, mientras que en las estaciones se prevé el uso de pantallas para la excavación de los vaciados.

La longitud de las pantallas no está definida aun, aunque éstas quedarán empotradas en los niveles de peñuelas o arcillas negras con yesos. En ambos casos se trata de arcillas de consistencia muy firme a dura e impermeables.

Los vaciados entre pantallas se realizarán en arcilla impermeables, principalmente en los niveles de Peñuelas, lo que permitirá el vaciado entre pantallas en seco al tratarse de un material prácticamente impermeable.

El pequeño caudal que pueda infiltrarse a través de las Peñuelas puede ser drenado con facilidad.

3.9. TÚNELES

En total se analizan un total de 3 alternativas de trazado, las cuales comparten el sistema constructivo del túnel de línea, pero se diferencian, como se ha indicado, por razón de sus trazados, los cuales imponen diferentes soluciones sobre todo a nivel de geometría y sistemas constructivos de estaciones.

En las siguientes tablas se resumen las principales características de las obras, indicando tanto los tramos de túnel como la posición de las estaciones, pozos de bombeo, salidas de emergencia y pozos de ventilación:

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 1								
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS	
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación		
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN (PV)						
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)						
0+000	0+126	tramo entre pantallas		14.20		213.00		
0+126	0+126	SE1		15.00	2 150.00		SE aprovechamiento pozo extracción tuneladora	
0+126	0+703	tuneladora						
0+703	0+703	PV1		31.00		499.00		
0+703	1+124	tuneladora						
1+124	1+124	SE2		31.00				SE aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
1+124	1+313	tuneladora						
1+313	1+313	PB1		35.00		363.00		1+337 Punto Bajo, contrapendiente 24 m
1+313	1+828	tuneladora						
1+828		caja de estación entre pantallas						
1+850	1+965	Madrid Río (andenes)		26.00				
	1+973	caja de estación entre pantallas				233.00		
1+973	2+431	tuneladora						
2+431	2+431	SE3		23.00	1 248.00		SE aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora	
2+431	2+597	tuneladora						
2+597	2+597	PV2+PB2		25.00		391.00		Pozo ventilación compartido con pozo de bombeo
2+597	3+209	tuneladora						
3+210		caja de estación entre pantallas						
3+213	3+332	Palos de la Frontera (andenes)		31.60				
	3+366	caja de estación entre pantallas						
3+366	3+634	tuneladora			865.00			
3+634	3+634	PV3+PB3		42.00		432.50		Pozo ventilación compartido con pozo de bombeo
3+364	4+118	tuneladora						
4+118		caja de estación entre pantallas						
4+193	4+308	Atocha Renfe (andenes)		33.00				
	4+383	caja de estación entre pantallas				231.50		
4+383	4+771	tuneladora						
4+771	4+771	SE4		31.00				
4+771	5+022	tuneladora			1 450.00			
5+002	5+002	PV4		36.00		493.50		PV aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
5+002	5+490	tuneladora						5+490 punto bajo
5+490	5+490	PB4		35.00				
5+490	5+678	tuneladora						
5+678		caja de estación entre pantallas						
5+758	5+873	Conde de Casal (andenes)		23.00				

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 1							
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación	
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN (PV)					
	5+954	caja de estación entre pantallas					
5+954	6+024	tramo entre pantallas		23.00			
6+024	6+350	Fondo de saco (Belga)				477.00	
6+350	6+350	PV5+SE+PB5		40.00			PB y PV en final de fondo de saco, con SE asociada para posible evacuación de operarios

Tabla 9. Principales características y elementos de la Alternativa 1.

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 2								
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS	
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación		
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN (PV)						
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)						
0+000	0+124	tramo entre pantallas (túnel)		14.20		212.00		
0+124	0+124	SE1		15.00	2 274.00		SE aprovechamiento pozo extracción tuneladora	
0+124	0+683	tuneladora						
0+683	0+683	PV1		41.00		454.00		PV aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
0+683	1+032	tuneladora						
1+032	1+032	SE2		39.00				
1+032	1+800	tuneladora						
1+800	1+800	PB1		56.00				1+760 Punto Bajo, contrapendiente 40 m
1+800	1+939	tuneladora					471.00	
1+893	1+939	telescopio belga						
1+939	1+974	caverna en alemán		42.20				
1+974	2+089	Madrid Río (andenes)						
2+089	2+133	caverna en alemán						
2+133	2+170	telescopio belga						
2+170	2+359	tuneladora						
2+359	2+359	PV2+PB2		50.00		561.00	Pozo ventilación compartido con pozo de bombeo, Por distancia no hace falta SE	
2+359	2+538	tuneladora				280.50		
2+538	2+579	telescopio belga						
2+579	2+650	caverna en alemán		50.40				
2+650	2+765	Palos de la Frontera (andenes)						
2+765	2+777	caverna en alemán						
2+777	2+816	telescopio belga				1 091.00	189.50	

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 2							
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación	
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN (PV)					
2+816	3+144	tuneladora					
3+144	3+144	SE3		50.00			
3+144	3+347	tuneladora					
3+347	3+347	PV3+PB3		56.00			
3+347	3+775	tuneladora			356.00		Pozo ventilación compartido con pozo de bombeo
3+775	3+813	telescopio belga					
3+813	3+856	caverna en alemán					
3+856	3+971	Atocha Renfe (andenes)		43.30			
3+971	4+014	caverna en alemán					
4+014	4+052	telescopio belga			231.50		
4+052	4+434	tuneladora					
4+434	4+434	SE4		32.00			
4+434	4+665	tuneladora					
4+665	4+665	PV4		36.00	1 450.00		PV aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
4+665	5+150	tuneladora					
5+150	5+150	PB4		35.00			5+150 Punto Bajo
5+150	5+341	tuneladora					
5+341	5+421	caja de estación entre pantallas					
5+421	5+536	Conde de Casal (andenes)		23.00			
5+536	5+617	caja de estación entre pantallas					
5+617	5+687	tramo entre pantallas (túnel)		23.00			
5+680	6+013	Fondo de saco (Belga)					
6+013	6+013	PV5+SE+PB5		40.00			PB y PV en final de fondo de saco, con SE asociada para posible evacuación de operarios

Tabla 10. Principales características y elementos de la Alternativa 2.

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 3							
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación	
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN					
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)					
0+000	0+120	tramo entre pantallas		14.20			0+120 pozo extracción tuneladora
0+120	0+522	tuneladora			2 599.00	411.00	
0+522	0+522	SE1		26.00			

PRICIPALES CARÁCTERÍSTICAS E INFRAESTRUCTURAS DE LA ALTERNATIVA 3							
P.K.		ESTACIÓN		PROFUNDIDAD (m) TERRENO-RASANTE	DISTANCIAS		COMENTARIOS
		POZO DE BOMBEO (PB)	SALIDA DE EMERGENCIA (SE)		Entre estaciones	Máx. de evacuación	
PKi	PKf	POZO DE VENTILACIÓN					
0+522	1+069	tuneladora					
1+069	1+069	PV1		30.00			
1+069	1+277	tuneladora				473.00	
1+277	1+277	PB1		41.00			1+280 Punto Bajo
1+277	1+468	tuneladora					
1+468	1+468	SE2		32.00			SE aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
1+468	2+293	tuneladora				415.50	
2+293	2+299	caja de estación entre pantallas					
2+299	2+414	Embajadores (andenes)		37.00			
2+414	2+418	caja de estación entre pantallas				261.50	
2+418	2+937	tuneladora					
2+937	2+937	SE3		43.00			
2+937	3+039	tuneladora					
3+039	3+039	PV2+PB2		47.00	1 384.00		Pozo ventilación compartido con pozo de bombeo
3+039	3+638	tuneladora					
3+638	3+689	Caja entre pantallas para traslado tuneladora					
3+689	3+767	Telescopio (belga)					
3+767	3+798	caja de estación entre pantallas		35.50			
3+798	3+913	Atocha Renfe (andenes)					
3+913	4+003	caja de estación entre pantallas					
4+003	4+483	tuneladora				285.00	
4+483	4+483	SE4		31.00			
4+483	4+714	tuneladora					
4+714	4+714	PV3		38.00	1 569.00		PV aprovechamiento pozo mantenimiento tuneladora
4+714	5+214	tuneladora					
5+214	5+214	PB3		35.00		499.50	5+215 Punto Bajo
5+214	5+402	tuneladora					
5+402	5+482	caja de estación entre pantallas					
5+482	5+597	Conde de Casal (andenes)		23.00			
5+597	5+678	caja de estación entre pantallas					
5+678	5+748	tramo entre pantallas		23.00		477.00	
5+748	6+074	Fondo de saco (Belga)					
6+074	6+074	PV4+SE+PB4		40.00			PB y PV en final de fondo de saco, con SE asociada para posible evacuación de operarios

Tabla 11. Principales características y elementos de la Alternativa 3.

3.9.1. Sección geométrica

De acuerdo con las necesidades de gálibo que establece Metro de Madrid y, en particular, el material rodante previsto para este tramo (serie 8000) se ha definido la sección geométrica tipo con entre eje 2.80 m para los diferentes sistemas constructivos previstos en el tramo:

- Túnel con tuneladora. Sección circular
 - o Diámetro interior 8.43 m
 - o Distancia eje de túnel – cota de carril 2.01 m

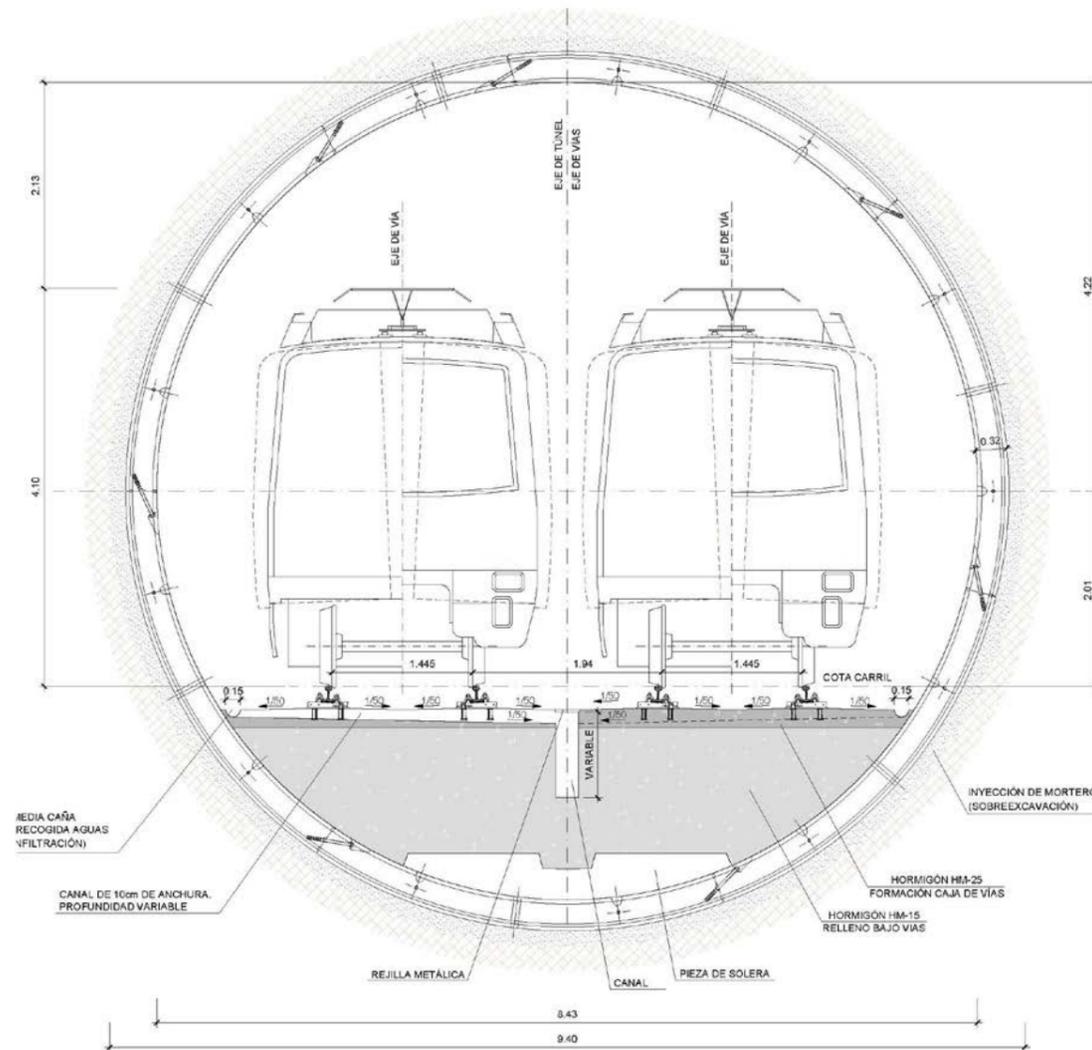


Figura nº 14. Sección tipo tuneladora

- Túnel mediante Método belga
 - o Radio bóveda, 2.50 y 4.50 m
 - o Ancho, 7.80 m
 - o Distancia eje de túnel – cota de carril 1.87 m.
 - o Altura de sección en eje, 5.49 m.

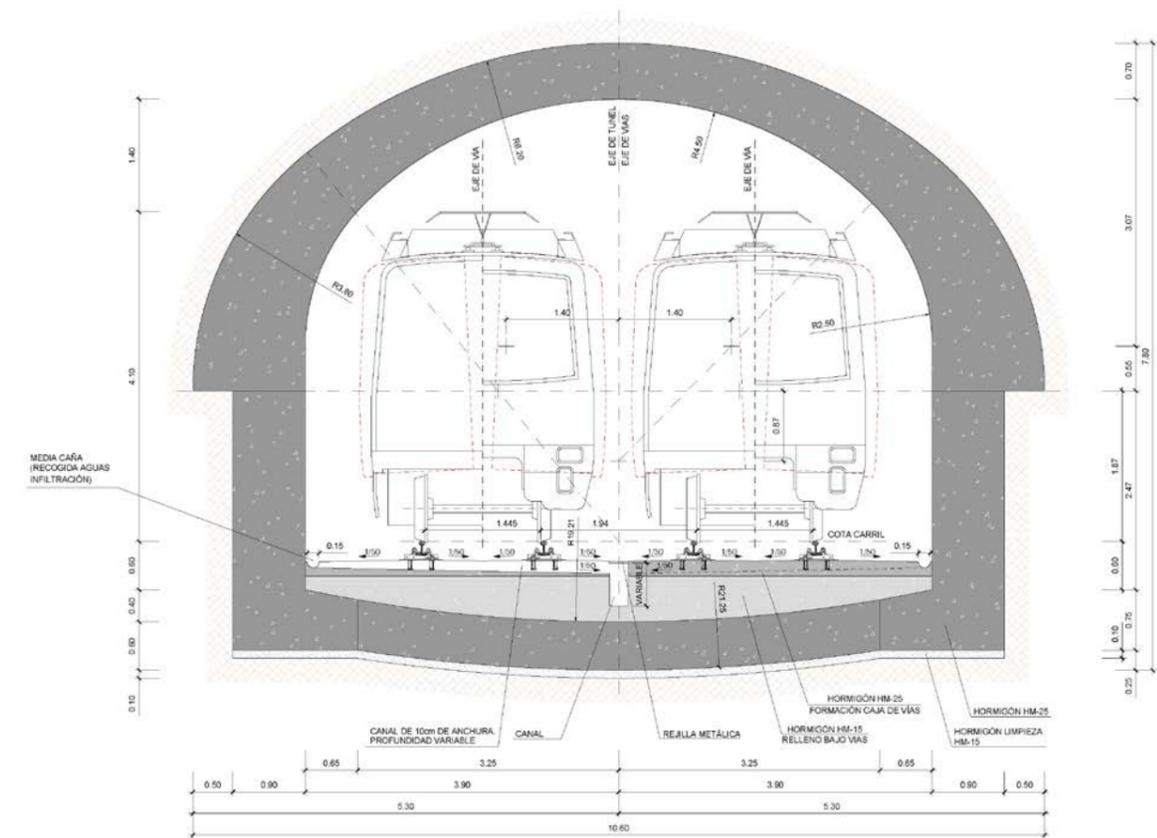


Figura nº 15. Sección tipo Método Belga

- Túnel entre pantallas
 - o Ancho, 7.80 m
 - o Altura cota de carril – dintel, 7,50 m.

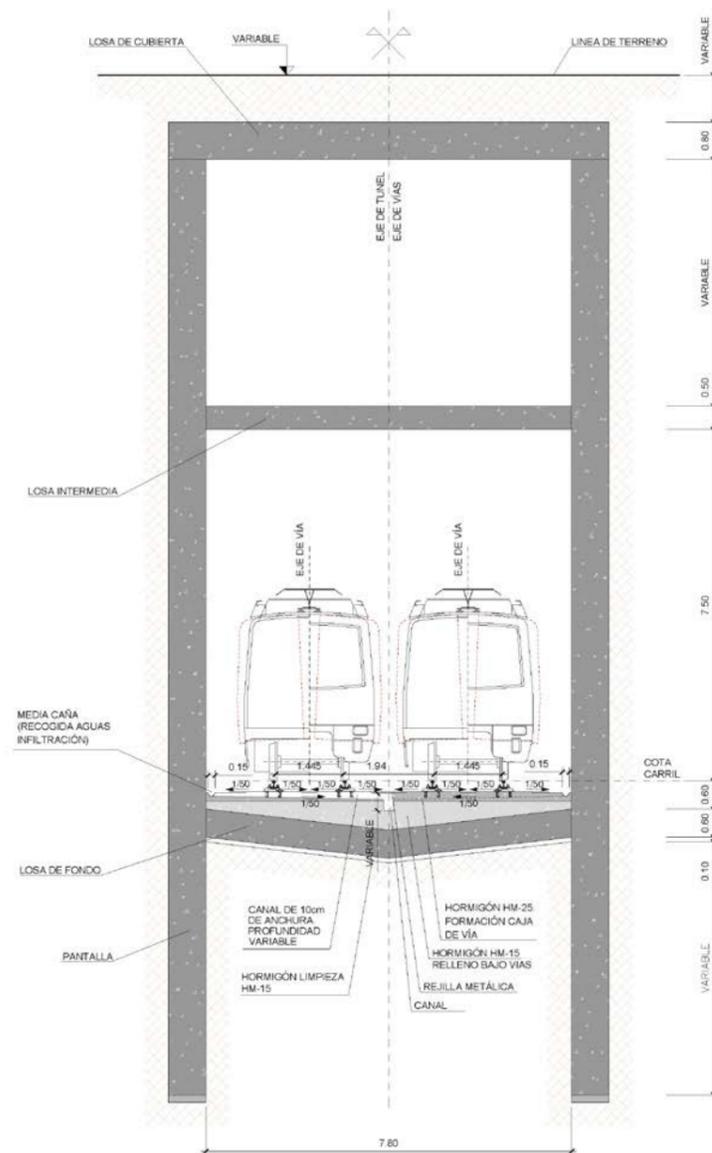


Figura nº 16. Sección tipo túnel entre pantallas

3.9.2. Procedimientos constructivos

La necesidad de atravesar importantes sectores bajo edificaciones para encajar el trazado, así como bajo importantes infraestructuras, hacen que el túnel de línea se deba ejecutar en mina, descartándose, salvo tramos limitados, la ejecución de pantallas. Por este motivo, se ha analizado la idoneidad de acometer el túnel de línea mediante el Método Belga o Tradicional de Madrid, y el empleo de tuneladoras escudadas tipo E.P.B.

No obstante, a lo largo de la actuación se emplearán diversos métodos constructivos en función de circunstancias o condicionantes específicos puntuales.

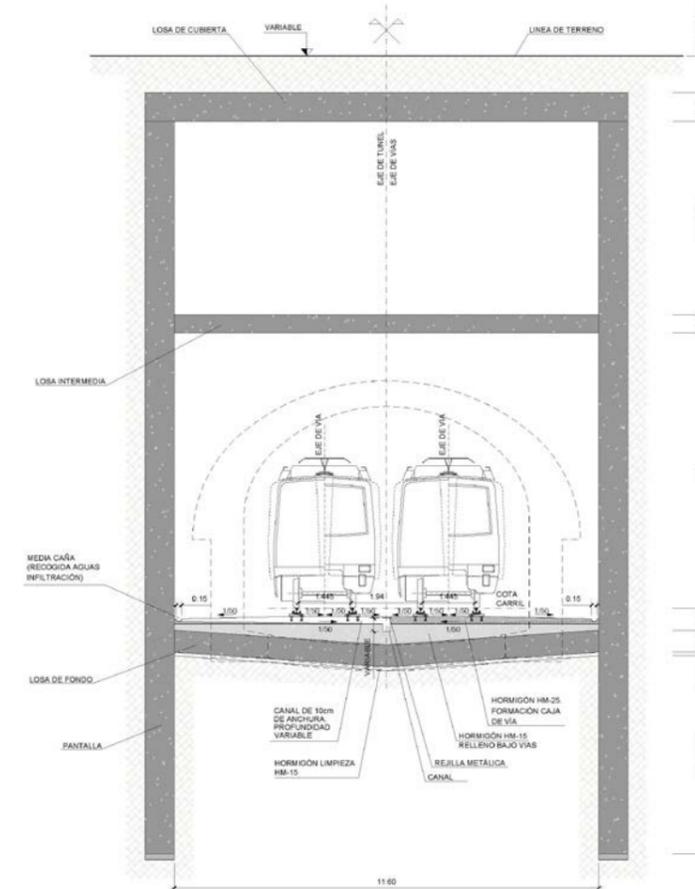


Figura nº 17. Sección tipo túnel entre pantallas, fondo de saco Conde de Casal.

3.9.2.1. Selección del sistema constructivo del túnel de línea

A efectos de facilitar la decisión de qué sistema constructivo adoptar para la ejecución del túnel de línea de la Prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid, se ha llevado a cabo una comparativa basada en el análisis de 19 variables, las cuales son comentadas en el Anejo nº 11 para cada sistema comparado.

Los procedimientos evaluados, como se ha indicado, han sido el de ejecución mediante Método Belga o Tradicional de Madrid, y el de ejecución mediante Tuneladora Escudada.

Además de comentar la incidencia de cada una de las 19 variables en cada uno de los métodos, se les ha asignado una puntuación numérica y una categoría (Verde, Ámbar, Rojo) en función de que presenten ventajas o riesgo asociado a cada variable.

El análisis comparativo no considera el coste de ejecución de cada uno de los sistemas. Generalmente, y en base a los precios de que se dispone, el ml de túnel ejecutado mediante tuneladora presenta un coste de entre el 15 y 25% superior al del Método Tradicional de Madrid. No obstante, esta variable es difícil de comparar, máxime si en el presente proyecto la totalidad de la prolongación se ejecuta con una única máquina.

Dado que los costes de ejecución por metro lineal de los sistemas analizados, a mayor longitud de tramo, tienden a igualarse, y el en caso de la tuneladora la cifra es fuertemente dependiente del porcentaje de amortización considerado del equipo, decisión que excede este documento, a efectos de este estudio se ha omitido esa variable de comparación.

En términos de puntuación total de las 19 variables, la tuneladora obtiene un total de 82 puntos frente a 71 de la opción de Método Belga. Por otro lado, a la tuneladora se le ha asignado el 'rojo' a 2 variables, frente a 3 del Método Belga. En términos de variables o factores en los que la tuneladora presenta claras ventajas, se ha asignado el 'verde' a 11 variables frente a 5 en el caso del Método Belga.

El Método Belga, siendo en general un sistema constructivo seguro que ha permitido ejecutar numerosos tramos con mínimas afecciones en superficie y estructuras adyacentes, no deja de ser un sistema tradicional de frente abierto que permite alcanzar modestos rendimientos a costa de la intervención de equipos muy especializados que, en este caso, deberían ser numerosos por la longitud de tramo de que se trata. Además, si se quiere competir en plazo sería difícil tener habilitados accesos en todas las estaciones para la apertura inmediata de frentes de ataque y muy posiblemente habría que habilitar pozos intermedios para incorporar más equipos.

Por otro lado, la tuneladora siempre presenta 2 inconvenientes muy claros; no es posible ponerla en operación en menos de 12 meses (optimizable si se trata de una máquina simplemente acondicionada), y su funcionamiento lleva asociada una logística importante que requiere de amplias zonas de instalaciones y acopio en las inmediaciones del pozo de ataque.

Solventado lo anterior, los rendimientos resultan excelentes y 10 veces superiores a los del método tradicional de Madrid. Por razón de su operación mediante escudo de frente cerrado, la seguridad de los trabajos es comparativamente muy superior.

No obstante, cobra aún más relevancia la capacidad de los equipos E.P.B. de perforar con mínimas afecciones a superficie. Si a las características ya conocidas de las tuneladoras de las anteriores Ampliaciones de Metro de Madrid, se añaden nuevas mejoras como la aplicación de inyecciones de coraza a lo largo del escudo, o la inyección con morteros bicomponente de

fraguado rápido y máxima penetración, las afecciones al entorno podrán estar por debajo de lo hasta ahora conocido.

Este aspecto quizá sea uno de los de más relevancia en una actuación que discurre por uno de los sectores más consolidados de la ciudad, cruzando bajo importantes infraestructuras y numerosos edificios.

No debe olvidarse que una buena parte de la capacidad de limitar asientos del método Belga es función de las ineludibles inyecciones de trasdós que deben realizarse para evitar el desconfinamiento tras el revestimiento, y que deben rellenar huecos existentes entre la entibación perdida. Esta operación debe realizarse a cierta distancia del frente, mientras que con las tuneladoras, hoy en día, a la cola del escudo (unos 10 m del frente) la operación quedaría concluida con seguridad.

Por tanto, si bien pueden existir sectores localizados donde el sistema Cut & Cover sea el más competitivo, o elementos como el fondo de saco que previsiblemente haya de afrontarse mediante Belga, se contará con más de 5 km de túnel en mina desde el inicio del tramo hasta la estación de Conde de Casal.

A lo largo de dicha longitud, se cruzarán numerosas arterias importantes de la ciudad, pero sobre todo se deben cruzar infraestructuras y existen numerosas zonas donde el paso bajo edificios es ineludible. Por estos motivos, el túnel debe afrontarse en mina. En ese sentido, los sistemas constructivos que se han demostrado más robustos por la seguridad que han presentado históricamente, han sido el Método Belga o Tradicional de Madrid; o el empleo de tuneladoras escudadas tipo E.P.B.

Una vez analizadas las características de ambos sistemas, y llevado a cabo el análisis comparativo de los mismos, se concluye que el sistema más adecuado sería el empleo de tuneladora, por los rendimientos que ofrece, su seguridad cara a los trabajadores y la capacidad de operar con mínimas afecciones en el entorno.

Las necesidades logísticas que lleva aparejadas, así como el plazo requerido para el comienzo de su funcionamiento en obra, en principio no deben ser obstáculo frente a las condiciones de rendimiento y amplia necesidad de medios humanos de alta especialización y número de frentes de trabajo, que supone el método Belga.

3.9.3. Revestimiento del túnel

Tal y como se ha expuesto con anterioridad, el método propuesto para la ejecución del túnel de línea será el de perforación mediante tuneladora escudada tipo E.P.B.

Por lo tanto, el tipo de sostenimiento – revestimiento para el túnel de línea deberá estar constituido por anillos de dovelas prefabricadas de hormigón armado.

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

Hay que indicar que las dimensiones propuestas de dovela son coherentes con los diseños habituales de Metro de Madrid, pero deberán confirmarse en el diseño de detalle.

Respecto a la elección de las características y tipología del anillo de dovelas, la elección viene condicionada fundamentalmente por los siguientes factores:

- Necesidad de trazar curvas en planta o alzado.
- Capacidad del erector de dovelas. Peso máximo que es capaz de colocar.
- Condiciones o exigencias de estanqueidad.

Cuando se desea tener la máxima libertad para poder inscribir los anillos de dovelas en curvas de radios diferentes, tanto en planta como en alzado, se deben utilizar los ANILLOS UNIVERSALES, que están constituidos por n dovelas; de las cuales (n-1) tienen el mismo desarrollo perimetral y la que resta, que es la que hace el papel de llave, un desarrollo mitad que las otras. Por esta razón la dovela de clave puede ocupar (2n-1) posiciones diferentes lo que da lugar a otras tantas geometrías distintas del anillo, que pueden ser utilizadas para inscribir los anillos en curvas de radios muy diferentes. Por todo ello, se considera que ésta es la opción más adecuada, comúnmente empleada en trazados de Metro de Madrid y en la M-30 de Madrid.

Adicionalmente, se ha de considerar un avance por anillo (longitud). De acuerdo con recientes experiencias, este valor puede ser, a efectos de este Estudio Informativo, de 1.600 milímetros. Éste es el avance, o longitud media, puesto que, para ejecutar el trazado correcto del túnel, tanto en planta como en alzado, como ya se ha apuntado, se establecerá una variación geométrica a este parámetro. Este parámetro se denomina conicidad.

Finalmente, el anillo estará compuesto por 6 + 1 dovelas, es decir, un juego de siete dovelas. Cuatro de ellas serán rectangulares iguales, otras dos serán trapezoidales de idéntico desarrollo

medio que las anteriores, y una dovela de clave más pequeña, con forma trapezoidal, que cierra el conjunto. Esta forma de la dovela clave, obliga a modificar la geometría de las dovelas contiguas quedando el anillo constituido de la siguiente forma:

- Una pieza llave de tamaño 1/2 de las dovelas del resto del anillo. Dovela K.
- Dos piezas contiguas de ajuste con una geometría particular para facilitar en el encaje de la pieza llave. Dovelas B y C.
- Tres piezas rectangulares iguales. Dovelas A1, A2, A3 y A4.

El tamaño de cada dovela es de 2/13 del anillo mientras que el de la dovela llave es de 1/11 del anillo. Esto permite adaptarse a las curvas del trazado mediante 2n-1 posiciones, siendo n el número de segmentos constituyentes del anillo. Esto es, mediante 13 posiciones.

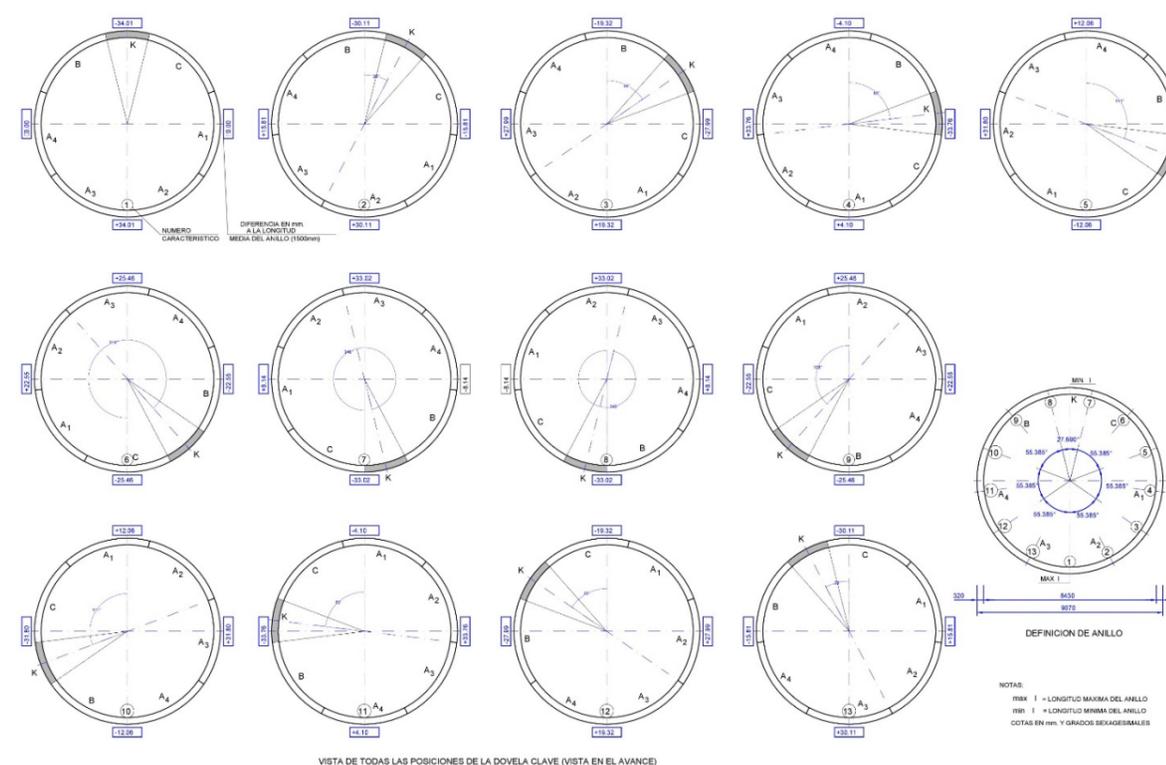


Figura nº 18. Posiciones del anillo universal de dovelas adoptado

3.9.3.1. Juntas de estanqueidad

Tal y como se define el revestimiento, éste se conforma por anillos sucesivos que han de conectarse entre sí que, a su vez, se conforman por un determinado número de dovelas. Por este

motivo, se genera un número importante de juntas, que se denominan radiales (en un mismo anillo) y circunferenciales (entre diferentes anillos).

Además de la definición de los elementos de unión entre dovelas y anillos, usualmente resueltos, como mínimo, mediante tonillos tirafondos, debe diseñarse un sistema que garantice la estanqueidad del revestimiento.

La solución usual para lo que se denomina 'junta de estanqueidad', es la definición de una acanaladura en la cual se aloja una banda elastomérica tipo EPDM, la cual se debe seleccionar de acuerdo a la presión hidrostática esperada y la presión entre elementos del anillo.

La eficacia de esta junta de estanqueidad es muy dependiente de las condiciones reales de ejecución o colocación del anillo de dovelas, lo que hace que, inevitablemente existan sectores de túnel, aunque sean limitado, donde los objetivos de estanqueidad no se logren.

Por este motivo, puede recurrirse a soluciones redundantes que, por lo general suponen la disposición adicional de un cordón sellante hidroexpansivo, bien alojado en acanaladura específica, bien dentro de la propia banda EPDM.

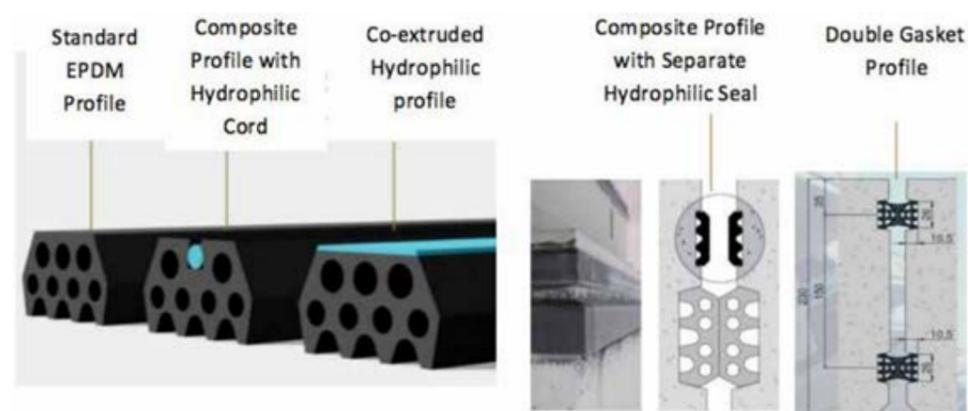


Figura nº 19. Posibles configuraciones 'redundantes' para la estanqueidad de las juntas entre dovelas

De cara a asegurar unas condiciones apropiadas de mantenimiento, con los menores costes a largo plazo, a la vez que asegurar la no afección al medio hidrogeológico del entorno, en el presente proyecto se optará por la solución de banda EPDM + Cordón hidroexpansivo.

3.9.4. Obras auxiliares

Se detallan en este apartado las medidas adoptadas para atender a las necesidades logísticas que se requieren por razón de perforación de los túneles mediante tuneladora.

El ataque del túnel de línea está previsto se efectúe desde la estación de Conde de Casal.

3.9.4.1. Zonas de instalaciones auxiliares

Como áreas para la implantación de instalaciones auxiliares (ZIAs) se han planteado 2 zonas en el entorno de Conde Casal y nudo de la M-30 con la Avenida del Mediterráneo. Estas zonas totalizan una superficie de 41.542 m² (16.316 + 25.226 m²).

La zona principal (ZIA1), se localiza entre la M-30 sentido Sur y la Calle Sirio. En esta zona se localizarían:

- Parque de dovelas
- Oficinas
- Silos y talleres
- Etc.

Está previsto que las necesidades de espacio se completen con el propio pozo de la estación, y por ello se prevé la ejecución de una rampa que permita el cruce de camiones y que en el interior del pozo se cuente con, entre otros elementos:

- Espacio para acopio de dovelas para 1 día de producción (unos 15 anillos)
- Foso de escombros para 1 día de producción

3.9.4.2. Pozos de introducción y extracción de tuneladora

Como se ha indicado, el ataque del túnel de línea se prevé acometerlo desde la estación de Conde de Casal donde, por tanto, se configuraría un pozo de ataque.

Con objeto de limitar a lo imprescindible la ocupación de la Avenida del Mediterráneo, se prevé que los trabajos desde superficie asociados a la tuneladora se restrinjan a la fase de ensamblaje de la máquina.

A estos efectos, en la parte trasera de la estación se ha previsto la abertura de un hueco de 40x15 m, a través del cual se efectuarán las citadas operaciones que consistirán:

- Montaje del escudo y empuje a posición de arranque: 4 semanas
- Montaje de remolques de Back-up en superficie durante el montaje del escudo
- Izado de remolques en el pozo: 1 a 2 semanas

- Conexiones y puesta a punto de EPB: 2 semanas

El plazo total de estas actividades se cifra en unas 9 a 11 semanas aproximadamente. Tras las mismas, se procederá a restituir todo el servicio en superficie.

Respecto al pozo de extracción de la tuneladora, en todas las alternativas se localizará a unos 120 m del actual fondo de saco de Plaza Elíptica, aproximadamente en la confluencia de la Calle Zújar con la vía lateral o de servicio del Paseo de Santa María de la Cabeza.

La ejecución de este pozo está prevista acometerse mediante un recinto de pantallas conformado por pilotes secantes. De cara a proteger la bóveda y el frente durante el cale de la máquina, se efectuará un tratamiento tipo 'corralito', generando un recinto estanco mediante pantallas de mortero cuya posible carga de agua podrá ser agotada mediante pozos de bombeo. A efectos de consolidación del terreno se ejecutará una malla de pilotes de mortero.

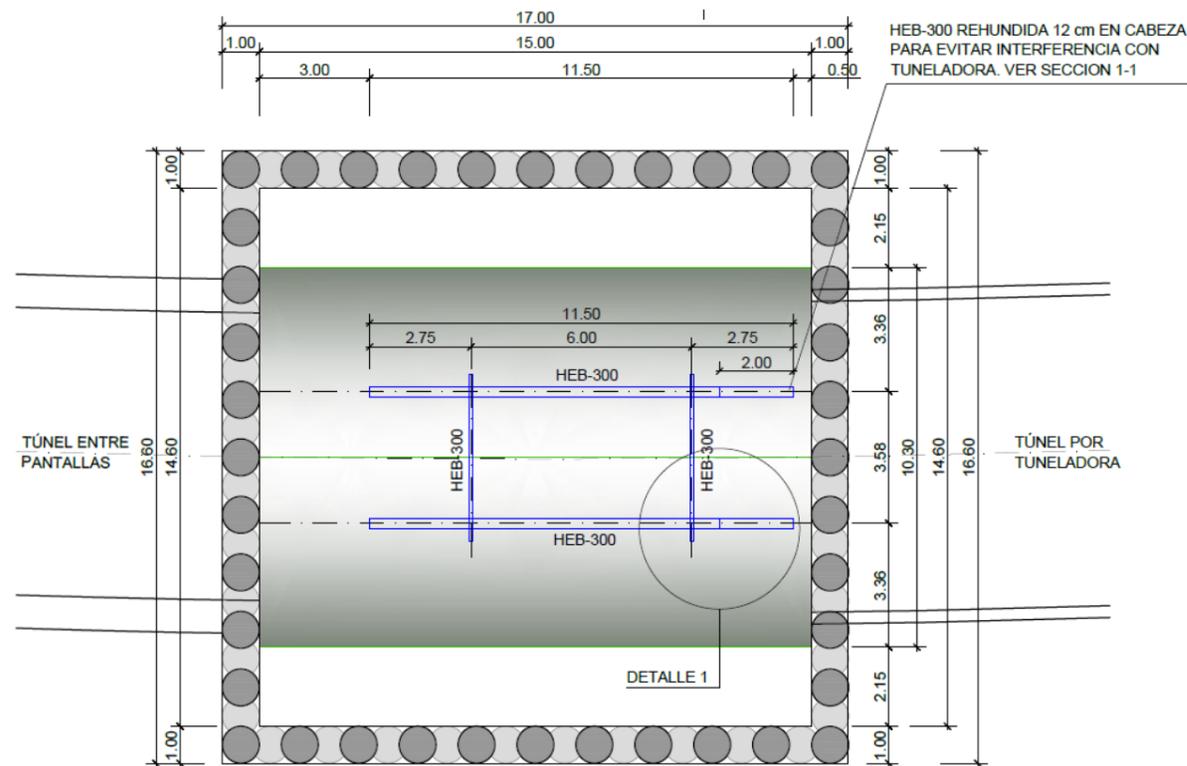


Figura nº 20. Geometría y solución estructural de los pozos de extracción de las alternativas.

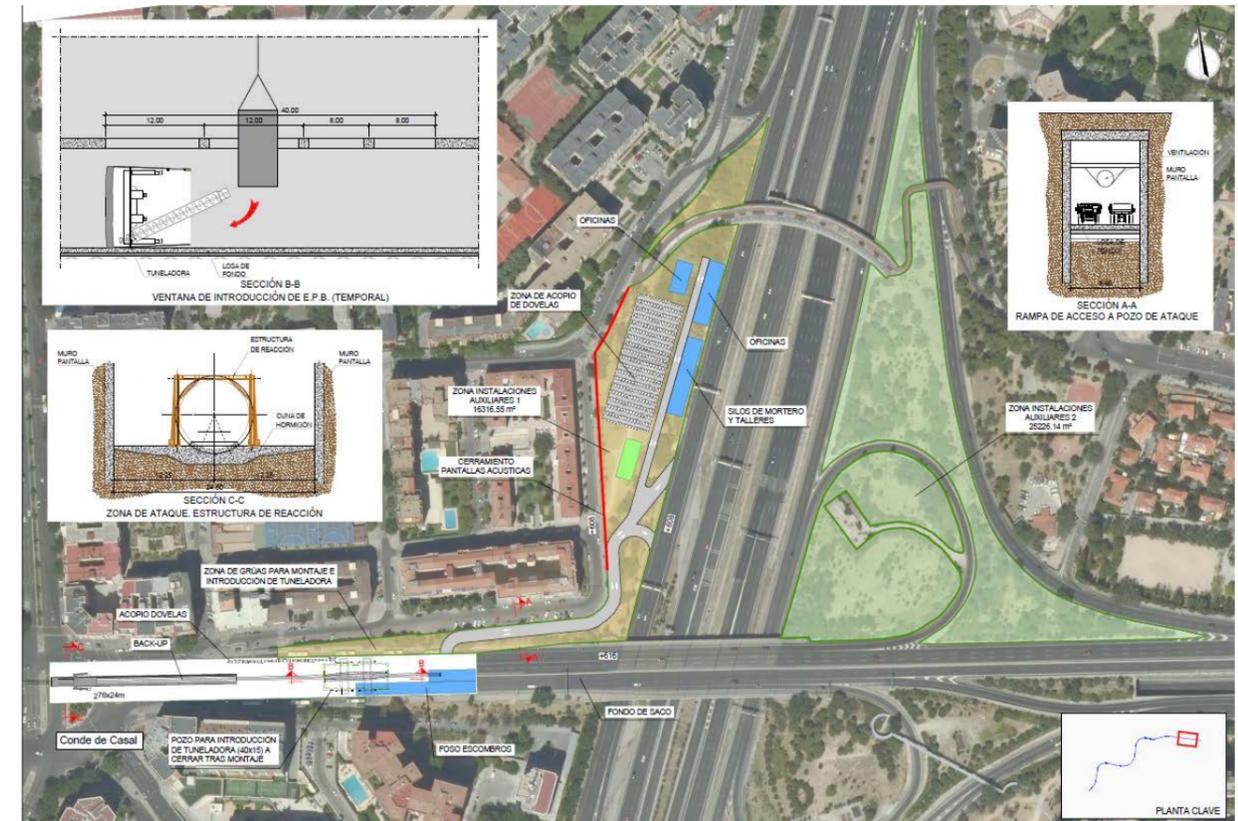


Figura nº 21. Detalle de las Zonas de Instalaciones Auxiliares. Localización y planteamiento de la obra.

3.9.5. Estudio de subsidencias y tratamientos del terreno

Las tres alternativas de trazado, aunque resultando profundas, discurren bajo amplios sectores de edificaciones o con potencial afección a infraestructuras existentes, de igual modo se afecta estructuras, elevadas o soterradas, con respecto a la rasante en función de la profundidad a la que se encontrará la tuneladora tras su aproximación a dichas estructuras. Entre estas últimas, cabe destacar las siguientes afecciones relevantes:

- Para las tres alternativas planteadas, el trazado pasa por la Avenida del Mediterráneo, donde se encuentra un aparcamiento subterráneo de aproximadamente 380 m de longitud y 5 plantas, el cual queda a una distancia sobre la clave del túnel de entre 7 y 11 metros.

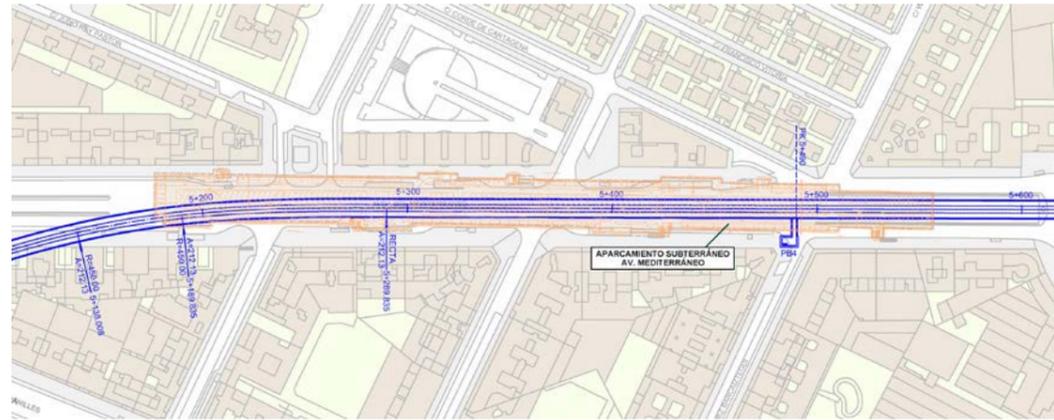


Figura nº 22. Planta del aparcamiento subterráneo situado en la Avenida del Mediterráneo

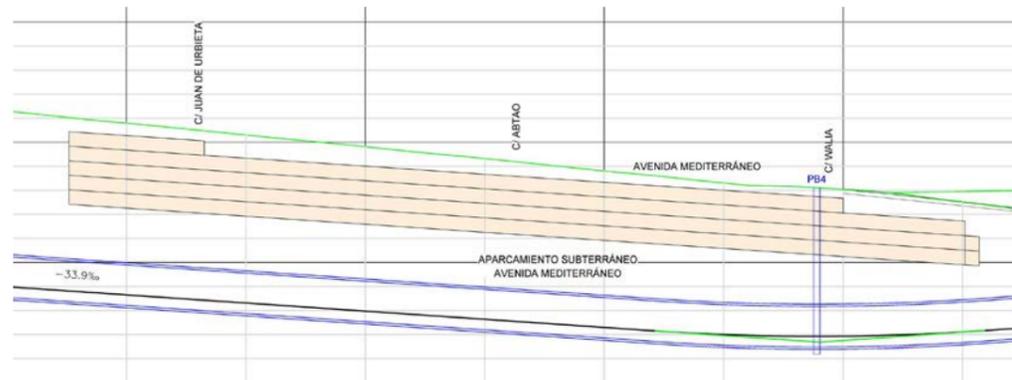


Figura nº 23. Alzado longitudinal del aparcamiento subterráneo situado en la Avenida del Mediterráneo

- En la actual estación de Atocha confluyen diferentes líneas ferroviarias: Metro (línea 1), cercanías Renfe (túneles de Recoletos, Sol y Embajadores) y Alta Velocidad (By-Pass y futura estación pasante de AVE), las cuales en función de cada alternativa podrán ser atravesadas en planta en diferentes puntos.

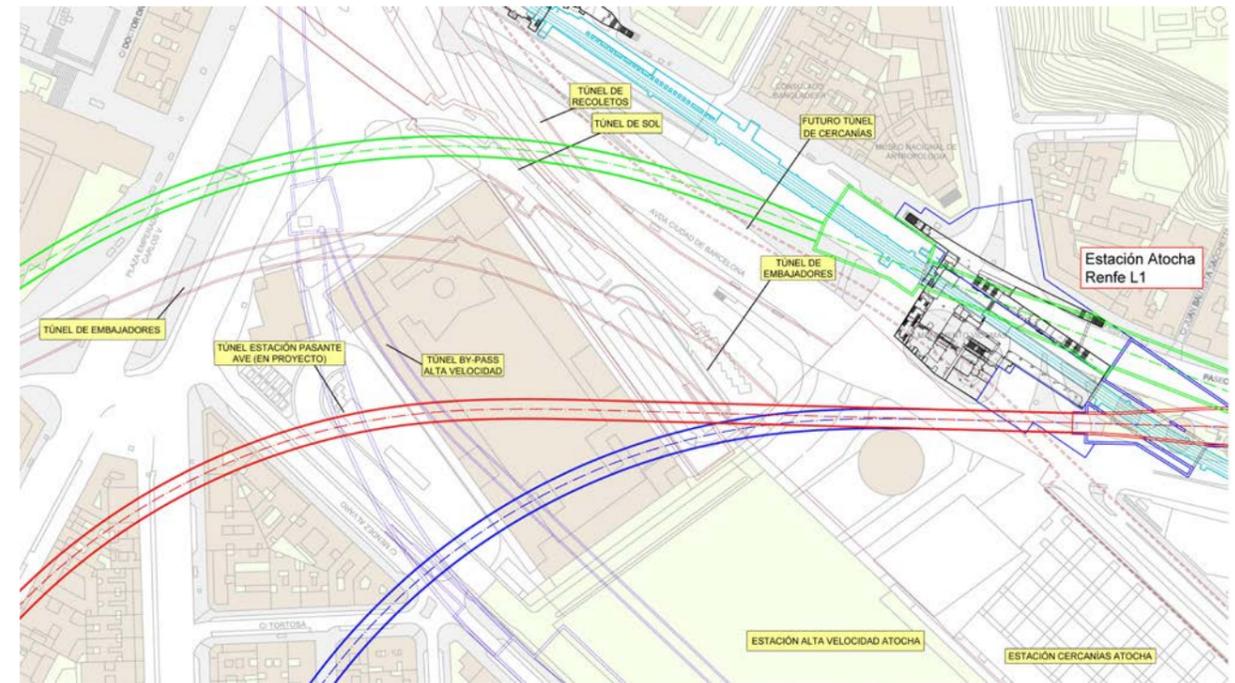


Figura nº 24. Planta Estación de Atocha con estructuras subterráneas

- Por último, cabe destacar el paso superior ubicado al final del trazado, el cual permite el paso de la carretera A-3 sobre la M-30.



Figura nº 25. Paso Superior Carretera A-3 sobre M-30

Las cimentaciones de este paso superior tal y como se muestra en los perfiles longitudinales de los planos de trazado correspondientes distarán de la clave del túnel entre cinco y diez metros para las tres alternativas.

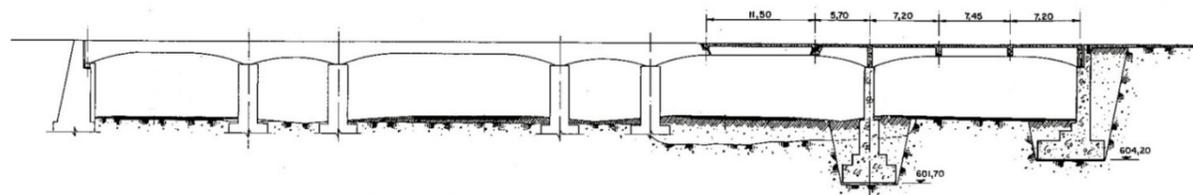


Figura nº 26. Cimentación del Paso Superior de la Carretera A-3 sobre M-30

Tras el análisis de las posibles afecciones, se han efectuado los pertinentes cálculos semiempíricos para la estimación de la subsidencia a nivel de superficie.

Tal y como se ha comentado y como se puede comprobar en los planos de perfiles longitudinales del trazado, en las tres alternativas planteadas el eje del túnel posee una gran profundidad, especialmente en el caso de la Alternativa 2, lo cual lleva a que los desplazamientos en superficie hayan sido muy limitados y casi despreciables.

Esto se traduce en que, en la Alternativa 1 y 3, los asentamientos máximos en superficie sean inferiores a los 5 mm, llegando en la Alternativa 2 a ser incluso inferiores a los 2 mm a lo largo de todo el trazado.

Esta circunstancia cambia de forma sustancial para el caso del paso superior ubicado en la Avenida del Mediterráneo por debajo del cual pasa la M-30 y sobre él la carretera A-3. En él se han calculado asentamientos del entorno de los 2 cm para las Alternativas 2 y 3 y de 3.5 cm para la Alternativa 1. El principal motivo para ello es la presencia de un importante espesor de material cuaternario. El material de relleno superficial se encuentra en el intervalo de los 13 a los 18 metros de espesor, siendo el espesor de los suelos pliocénicos sobre la clave del túnel de tan solo 2 a 5 metros.

3.9.5.1. Tratamientos del terreno

Una vez ya definidas las zonas de posible afección sobre las edificaciones y estructuras de mayor relevancia, deben definirse y cuantificarse los tratamientos que se llevarían a cabo en caso de ser considerados necesarios para mejora del terreno o protección de cimentaciones frente a posibles asentamientos.

A efectos de este Estudio Informativo, se han seleccionado una serie de tratamientos de protección o mejora del terreno frente a posibles subsidencias, con objeto de hacer una previsión de intervenciones de las potenciales afecciones detectadas a lo largo de los trazados de las diferentes alternativas. Los criterios de aplicación de estas medidas se han tratado sean lo más homogéneos posible a efectos de su aplicación en las alternativas.

Ha de tenerse presente que los trazados discurren muy profundos y en terrenos competentes, lo que anteriormente se ha traducido, como se ha expuesto, en reducidos movimientos en superficie a excepción del paso bajo la estructura exterior de la M-30 en la Avenida del Mediterráneo.

Sin embargo, ha de tenerse en cuenta, que existen estructuras a lo largo de los trazados, bajo las que se cruza con recubrimientos más reducidos, así como edificaciones de gran envergadura que en muchos casos cuentan 3 y más niveles de sótanos.

Como se ha indicado, a efectos de efectuar unas previsiones de posibles actuaciones, a delimitar con presión en fase de Proyecto de Construcción, se han considerado 3 tipos de tratamientos diferenciados en función de las condiciones relativas geométricas existentes entre el túnel de línea y las edificaciones o infraestructuras:

- **Inyecciones de compensación:** se considera la ejecución de inyecciones que permitan controlar los asentamientos producidos, las mismas se ejecutarían a través de perforaciones equipadas mediante tubo-manguito implantadas en toda la superficie de potencial afección. Tras una fase de pretratamiento, el sector quedaría preparado para la inyección del terreno posterior, ante el avance de la tuneladora, buscando compensar con las mismas los movimientos inducidos por la excavación. Cuando las edificaciones o infraestructuras se ubican directamente sobre la sombra de los trazados, este tipo de tratamiento resulta prácticamente el único viable.
- **Pantalla de micropilotes:** se trata de una medida de protección frente a asentamientos, la cual se interpone entre el túnel y las cimentaciones que podrían verse afectadas en la ejecución del túnel. En general se dispondrán cuando las cimentaciones se encuentren muy próximas a la planta del túnel, pero con la suficiente distancia entre pantalla y edificación así como entre la pantalla y el túnel, para ejercer una misión de interposición e interrupción de la cubeta de asentamientos inducida, pero sin riesgo de afectar en su ejecución a las viviendas o 'meterse' en sección del túnel.
- **Inyecciones de consolidación:** Se buscaría con ellas una mejora del terreno de la sección del túnel con anterioridad al paso de la tuneladora. Alternativamente pueden ejecutarse macizados con Jet Grouting en la bóveda de la sección, etc. A efectos de este Estudio Informativo, se han considerado este tipo de actuaciones cuando no existe suficiente

espacio disponible para la ejecución de pantalla de micropilotes, pero resulte posible la intervención desde superficie mediante perforaciones inclinadas. Igualmente, se ha considerado esta opción cuando se ha visto posible el acceso, por ejemplo, a niveles inferiores de parkings o sótanos desde los que efectuar el tratamiento.

3.9.5.1.1 Tratamientos del terreno para edificaciones

A continuación, se muestran los tratamientos propuestos para las diferentes edificaciones presentes en las tres alternativas de trazado. Se ha limitado la necesidad de tratar con respecto a las consideraciones anteriores según el espesor de cobertera disponible. Aquellos edificios que no dispongan de niveles de sótano serán considerados objeto de tratamiento si cuentan con menos de dos diámetros de material terciario, medidos desde la clave del túnel hasta el nivel de calle. En el caso de edificios que contaran con sótanos, el criterio ha sido el mismo, tomando como referencia los mismos. En todo momento se han seguido criterios conservadores dado que se perforará a través de materiales competentes mediante tuneladora escudada capaz de minimizar los asentos.

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN EDIFICACIONES / ALTERNATIVA 1									
ID	PK	DESCRIPCIÓN	Nº PLANTAS		H(m) CLAVE-CALLE	DIRECCIÓN	TRATAMIENTO		
			↑	↓			TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
1	02+387	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	9	0	15.70	DIVINO VALLÉS 25-27, JAIME ELCONQUISTADOR 28-30-32-34, EUGENIO SELLES 4-6	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2500	-
5	02+176	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	8	1	17.75	PS CHOPERA 13-15	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	430	-
10	02+304	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	9	1	17.47	FERNANDO POO 29-31, DIVINO VALLÉS 33-35, EUGENIO SELLES 12	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2300	-
11	02+626	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	9	1	14.11	EMBAJADORES 145	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	528	-
12	02+792	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	9	1	15.58	PS DELICIAS 88-90	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	1736	-
14	04+592	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	9	1	19.95	FUENTERRABÍA 3	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	17
15	04+608	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	9	1	19.64	FUENTERRABÍA 5	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	15

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN EDIFICACIONES / ALTERNATIVA 1									
ID	PK	DESCRIPCIÓN	Nº PLANTAS		H(m) CLAVE-CALLE	DIRECCIÓN	TRATAMIENTO		
			↑	↓			TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
16	04+700	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	9	1	20.22	FUENTERRABIA 4	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	36
17	04+741	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	9	1	20.79	FUENTERRABÍA 6	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	46
20	04+640	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	10	1	19.84	FUENTERRABÍA 9	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	16
25	02+239	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	14	1	17.58	FERNANDO POO 38-40-42	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	1320	-
27	02+839	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	10	2	15.70	PS DELICIAS 82	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	1140	-
28	04+848	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	10	2	22.87	MENÉNDEZ PELAYO 26	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	383	-
32	02+100	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	13	2	18.22	PS CHOPERA 1-3-5-7-9	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2280	-
34	02+864	BLOQUE DE VIVIENDA PARCIALMENTE SOBRE TÚNEL	7	3	15.77	CÁCERES 1	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	21.4
TOTAL								12617	151.4

Tabla 12. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 1

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN EDIFICACIONES / ALTERNATIVA 2									
ID	PK	DESCRIPCIÓN	Nº PLANTAS		H(m) CLAVE-CALLE	DIRECCIÓN	TRATAMIENTO		
			↑	↓			TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL								0	0

Tabla 13. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 2

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN EDIFICACIONES / ALTERNATIVA 3									
ID	PK	DESCRIPCIÓN	Nº PLANTAS		H(m)	DIRECCIÓN	TRATAMIENTO		
			↑	↓			CLAVE-CALLE	TIPO	ÁREA (m ²)
6	04+423	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	8	1	25.81	GUTENBERG 7-9	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	773	-
7	00+517	BLOQUE DE VIVIENDA PRÓXIMA	9	1	24.28	INMACULADA CONCEPCIÓN 45	PANTALLA DE MICROPILOTES	-	30
11	01+097	BLOQUE DE VIVIENDA PARCIALMENTE SOBRE TÚNEL	7	2	27.98	ORGAZ 1	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	752	-
12	01+085	BLOQUE DE VIVIENDA PARCIALMENTE SOBRE TÚNEL	7	2	28.50	ANTONIO LÓPEZ 39	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	55.4
21	01+523	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	5	3	29.91	MELILLA 35	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	921	-
23	01+487	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	10	3	29.80	PS YESERÍAS 15	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	518	-
24	02+008	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	10	4	33.36	GASÓMETRO 13	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	1658	-
25	02+070	BLOQUE DE VIVIENDA PARCIALMENTE SOBRE TÚNEL	10	4	33.41	PS ESPERANZA 2	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	49.4
26	01+878	BLOQUES DE VIVIENDAS SOBRE TÚNEL	10	4	34.62	LOS NOGALES 1-3	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2642	-
TOTAL								7246	134.8

Tabla 14. Tratamientos del terreno en edificaciones para la Alternativa 3

3.9.5.1.2 Tratamientos del terreno para estructuras

Tal y como se ha señalado anteriormente, existe una serie de estructuras: parkings, pasos elevados o inferiores, que se ubican sobre o en el entorno inmediato de los trazados de las alternativas.

De entre todas las estructuras detalladas anteriormente y atendiendo a la cobertera existente en los tramos en los que el túnel se superpone con dichas estructuras en planta, se describen a continuación los tratamientos que se han considerado necesarios al menos a nivel de esta fase de Estudio Informativo.

En todo momento se han seguido criterios conservadores dado que se perforará a través de materiales competentes mediante tuneladora escudada capaz de minimizar los asentamientos

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN ESTRUCTURAS / ALTERNATIVA 1									
ID	TIPO DE ESTRUCTURA	DENOMINACIÓN	PKi	PKf	COBERTERA CLAVE TÚNEL		TRATAMIENTO		
					MÍN	MÁX	TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
1	APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	ANTONIO LÓPEZ	01+152	01+208	11	13	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	65.40
6	APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	AGUILÓN	02+202	02+220	8	8	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	27.40
7	SOLAPAMIENTO LÍNEA METRO	LÍNEA 3	02+935	03+182	8	12	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	4418.00	-
9	CRUCE LÍNEA METRO	LÍNEA 3	03+364	03+372	17	17	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	164.4
10	CRUCE BY-PASS	AVE	03+848	03+855	3	3	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	1200.00	-
11	ESTACIÓN CERCANÍAS Renfe	ATOCHA	03+980	04+100	9	13	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	16.40
13	APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	AV. MEDITERRÁNEO	05+175	05+554	7	11	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	129.40
15	CRUCE LÍNEA METRO	LÍNEA 6	05+668	05+675	8	8	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	388.40
16	PASO SUPERIOR	M-30	06+042	06+152	5	10	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	16.40
17	TÚNEL VIARIO	A-3	06+288	06+350	7	13	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2068.00	-
TOTAL								7686	879.2

Tabla 15. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 1

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN ESTRUCTURAS / ALTERNATIVA 2									
ID	TIPO DE ESTRUCTURA	DENOMINACIÓN	PKi	PKf	COBERTERA CLAVE TÚNEL		TRATAMIENTO		
					MÍN	MÁX	TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
10	CRUCE BY-PASS	AVE	03+475	03+485	15	15	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	19.40

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN ESTRUCTURAS / ALTERNATIVA 2									
ID	TIPO DE ESTRUCTURA	DENOMINACIÓN	PKi	PKf	COBERTERA CLAVE TÚNEL		TRATAMIENTO		
					MÍN	MÁX	TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
13	APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	AV. MEDITERRÁNEO	04+840	05+220	7	11	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	389.40
15	CRUCE LÍNEA METRO	LÍNEA 6	05+332	05+340	8	8	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	17.40
	PASO SUPERIOR	M-30	05+705	05+815	5	10	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2068	-
	TÚNEL VIARIO	A-3	05+902	06+000	7	13	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	107.40
TOTAL								2068	533.6

Tabla 16. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 2

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN ESTRUCTURAS / ALTERNATIVA 3									
ID	TIPO DE ESTRUCTURA	DENOMINACIÓN	PKi	PKf	COBERTERA CLAVE TÚNEL		TRATAMIENTO		
					MÍN	MÁX	TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
20	CRUCE LÍNEA METRO	LÍNEA 6	05+392	05+400	8	8	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	17.40
21	PASO SUPERIOR	M-30	05+765	05+875	5	10	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	2068	-
22	TÚNEL VIARIO	A-3	06+012	06+074	6	12	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	71.40
TOTAL								5264	874.6

Tabla 17. Tratamientos del terreno en estructuras para la Alternativa 3

TRATAMIENTOS DEL TERRENO EN ESTRUCTURAS / ALTERNATIVA 3									
ID	TIPO DE ESTRUCTURA	DENOMINACIÓN	PKi	PKf	COBERTERA CLAVE TÚNEL		TRATAMIENTO		
					MÍN	MÁX	TIPO	ÁREA (m ²)	LONG. (m)
6	ESTACIÓN	ACACIAS LÍNEA 5	02+100	02+190	9	12	INYECCIONES DE COMPENSACIÓN	3196	-
							INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	109.4
8	ESTACIÓN Y CRUCE LÍNEA 3 METRO	EMBAJADORES	02+416	02+520	15	15	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	113.4
12	CRUCE ESTACIÓN PASANTE	AVE	03+385	03+400	4	4	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	24.40
13	CRUCE LÍNEA CERCANÍAS	TÚNEL SOL	03+498	03+522	11	12	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	33.40
14	CRUCE LÍNEA CERCANÍAS	TÚNEL RECOLETOS	03+556	03+566	10	10	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	19.40
16	ESTACIÓN CERCANÍAS Renfe	ATOCHA	03+690	03+782	10	12	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	101.40
18	APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO	AV. MEDITERRÁNEO	04+900	05+275	7	12	INYECCIONES DE CONSOLIDACIÓN	-	384.40

3.10. DISEÑO DE ESTACIONES

3.10.1. Conceptos generales

En el diseño de las estaciones se han tenido en cuenta criterios de funcionalidad, movilidad y accesibilidad, de seguridad y de mantenimiento, así como criterios estéticos y arquitectónicos.

En base a los mismos, y atendiendo a los condicionantes particulares de infraestructuras existentes en el entorno de cada estación, se ha diseñado una definición funcional y volumétrica de las estaciones, procurando favorecer al máximo la movilidad y accesibilidad del pasaje a los espacios públicos y minimizar al máximo los recorridos necesarios entre el exterior y los andenes, dando cumplimiento a la normativa de accesibilidad y en las normativas y recomendaciones de seguridad.

Todas las estaciones tienen acceso para personas con movilidad reducida, mediante ascensores. Además, todas ellas disponen como mínimo de un itinerario adaptado entre el exterior y el acceso a los trenes de acuerdo con la legislación vigente de accesibilidad para personas de movilidad reducida (PMR).

El dimensionamiento de las áreas de tránsito de viajeros ha tenido en cuenta el número previsible de viajeros que circularán por ellas, obtenidos a través de los estudios de demanda realizados y facilitados por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid (CRTM).

A partir de este primer diseño funcional de las estaciones se ha verificado la viabilidad ejecutiva de las mismas, incorporando al diseño tanto criterios estructurales como necesidades asociadas a los procedimientos constructivos. Se ha propuesto, siempre que ha sido posible, un procedimiento

constructivo de las estaciones del tipo Cut & Cover, consistente en ejecutar en primer lugar las pantallas laterales y la ejecución de la cubrición, para posteriormente excavar hasta los primeros niveles de apuntalamiento (o forjados), construir el nivel correspondiente y continuar excavando hasta el siguiente nivel, con el apuntalamiento debido al nivel superior ya construido. La ejecución de las estaciones de la Alternativa 2 cuyas profundidades superan los 40m se plantea mediante el método alemán, lo que además permite evitar importantes afecciones en superficie.

El diseño se completa con la identificación y dimensionado de los diversos espacios: accesos, vestíbulos, barrera tarifaria, andenes, salas técnicas, etc. atendiendo a los requerimientos necesarios para su operación en cuanto a ventilación, drenaje, energía y seguridad, definiendo las condiciones en relación a pozos de ventilación, subestaciones eléctricas y vías de evacuación.

Se ha procurado minimizar las afecciones a la explotación de las líneas ferroviarias con las que aparecen intercambios y/o interferencias.

Seguidamente se relacionan los requerimientos funcionales que se han considerado en el diseño de las estaciones:

– Andenes:

- Todas las estaciones se sitúan en recta y con pendiente nula.
- Se define la cota del andén respecto a la vía a 1.05m por encima de la cota de carril.
- La longitud de los andenes se establece en 115m.
- Se ha considerado el diseño de las estaciones de cabecera y de correspondencia con otras líneas con tipología de andén central de 9m de anchura. El resto de estaciones se han diseñado con andenes laterales de 4,5m de anchura.
- El acceso a los andenes centrales se plantea por punta para conseguir el máximo de espacio posible en andén sin obstáculos. La salida de emergencia se sitúa en el extremo opuesto de andén.
- En el caso de andenes laterales, los accesos se resuelven mediante cañones laterales.
- Se diferencian claramente dos zonas: una de espera y circulación de viajeros y otra de seguridad, constituida con material antideslizante y de distinto color que el resto de la plataforma para su perfecta diferenciación.

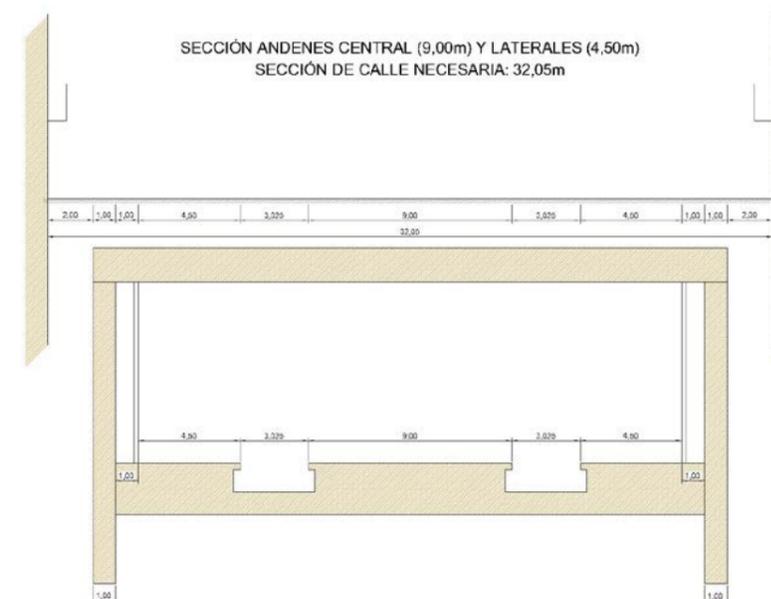
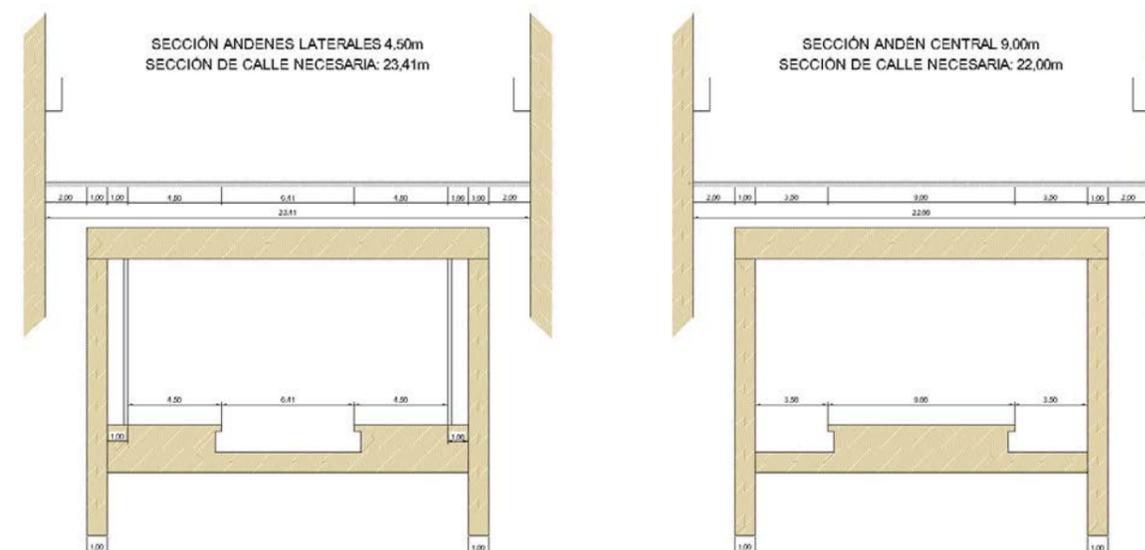


Figura nº 27. Esquema sección tipo de estación para las diversas configuraciones de andenes.

– Comunicación vestíbulo-andén

- La comunicación vertical entre los niveles de vestíbulo y andén se resuelve mediante escaleras mecánicas de bajada y subida y escalera fija, así como

ascensor para PMR's, buscando recorridos continuos, lo más directos y simples posible.

- o La anchura de las escaleras fijas que parten de andén y de las escaleras de evacuación de emergencia se han establecido de acuerdo al objetivo de evacuación de andenes en menos de 4 minutos.

– Vestíbulos

- o Los vestíbulos de las estaciones se han dimensionado atendiendo tanto a los flujos de viajeros previstos para cada uno de ellos, como a factores estéticos y funcionales, contando con la superficie necesaria para ubicar, además de los elementos de control de viajeros, las salas técnicas necesarias.
- o La cota de vestíbulo garantiza, siempre que es posible, un mínimo de tierras por encima del forjado de cubierta, de manera que se permita el paso de instalaciones y servicios públicos, así como plantaciones.
- o Las superficies libres que podrán ser destinadas a locales comerciales varían en casa estación.

– Accesos

- o Se ubican de forma que la entrada al vestíbulo sea lo más directa posible, evitándose todo camino redundante. Con carácter general, disponen de escaleras mecánicas de bajada y subida y de escalera fija, además de ascensor para PMR's.
- o Se prevé la ubicación de puertas cortavientos entre el acceso desde calle y la barrera tarifaria.
- o La ubicación de los accesos en la vía pública tiene en cuenta la urbanización de la superficie, proponiendo templete siempre que el espacio en superficie lo permita.

– Salas Técnicas

Se muestra a continuación una tabla resumen con la relación de salas técnicas y las necesidades a nivel de superficie y dimensiones. Los valores de superficie y dimensiones han sido extraídos del Proyecto Funcional de Estaciones, túnel y subestación Edición I, facilitados por Metro de Madrid.

Cuarto técnico		Dimensiones
Subestación de Tracción		500 m ²
Centro de Transformación	Cuarto AT	40 m ² (6 x 6 m)
	Cuarto BT	48 m ² (6 x 8 m)
Cuarto de PCI (protección contra incendios)		40 m ²
Cuarto para Seccionador de Línea Aérea		3 x 2,5 m
Cabinas de andén	De Cabecera	-
	Intermedia	-
Cuartos para conductores		10 m ²
Cuartos de comunicaciones y telefonía		2 cuartos de 40 m ²
Cuarto de enclavamiento		50 m ²
Sala de ventilación inmisión	Sala simple: 16 x 4,5 m + chimenea de 2,2 x 4,5 m	
	Sala doble: 16 x 7 m + chimenea de 2,8 x 7 m	
Pozos de compensación		Rejilla ~14 m ² (3 x 4,5 m)
Bombeo de fecales		12 m ²
Bombeo de pluviales		31,57 m ² (7,74 x 4,1 m)
Cuarto para equipo de escaleras mecánicas		Una escalera: 3 x 3 m Dos escaleras: 5 x 3 m
Cuarto auxiliar ascensor		6,44 m ² (2,15 x 3 m)
Puesto de Atención al Viajero (PAV)		2,60 x 2 m
Cuarto del Operador (CO)		12 m ²
Cuarto para el Control de Instalaciones (CCI)		25 m ²

Tabla 18. Salas técnicas, superficies y dimensiones

En todas las estaciones se han reservado espacios para ubicar las dependencias técnicas necesarias para la explotación. En cuanto a los requisitos de ubicación de salas técnicas, se destacan los siguientes:

- Se prioriza el aprovechamiento de espacios a nivel de andén que no generen incrementos de sección transversal, ubicando las dependencias que no puedan albergarse en este nivel en niveles superiores.

- Se ha previsto cuartos para conductores en la estación terminal.
- Subestaciones de tracción: se ha contemplado la instalación de dos nuevas subestaciones de tracción de corriente continua a 1500 V dc para poder alimentar el material rodante. Una de ellas deberá estar en la estación terminal y otra en una estación intermedia del tramo de prolongación. Dichas subestaciones de tracción estarán ubicadas en una planta intermedia por encima del andén, con acceso desde vías y ventilación directa desde calle. Se ha considerado una superficie mínima de 500 m² con dos accesos.

Las siguientes tablas presentan las estaciones proyectadas para cada una de las alternativas de trazado, indicando los intercambios que presentan con otras líneas de la Red de Metro de Madrid, su ubicación relativa a los ejes de trazado de túnel, la distancia entre las mismas, la profundidad que presentan, la configuración de andenes y el método ejecutivo propuesto:

ALTERNATIVA 1							
ESTACIÓN	INTER CAMBIO	PK _i	PK _f	INTER DISTANCIA (m)	PROF. (m)	ANDENES	MÉTODO EJEC.
<i>Pz. Elíptica</i>		<i>0-415</i>	<i>0-300</i>		<i>20,00</i>		
Madrid Río		1+850	1+965	2.150	25,00	Laterales	Pantallas
Palos de la Frontera	L3	3+213	3+328	1.248	35,00	Laterales	Pantallas
Atocha Renfe	L1	4+193	4+308	865	32,00	Central	Pantallas
Conde de Casal	L6	5+759	5+874	1.451	23,00	Central	Pantallas

Tabla 19. Características principales de las estaciones de la Alternativa 1

ALTERNATIVA 2							
ESTACIÓN	INTER CAMBIO	PK _i	PK _f	INTER DISTANCIA (m)	PROF. (m)	ANDENES	MÉTODO EJEC.
<i>Pz. Elíptica</i>		<i>0-415</i>	<i>0-300</i>		<i>20</i>		
Madrid Río		1+974	2+089	2.274	41	Central	Alemán+ pantallas

ALTERNATIVA 2							
ESTACIÓN	INTER CAMBIO	PK _i	PK _f	INTER DISTANCIA (m)	PROF. (m)	ANDENES	MÉTODO EJEC.
Palos de la Frontera	L3	2+650	2+765	561	49	Central	Alemán+ pantallas
Atocha Renfe	L1	3+856	3+971	1.091	42	Central	Alemán+ pantallas
Conde de Casal	L6	5+422	5+537	1.451	23	Central	Pantallas

Tabla 20. Características principales de las estaciones de la Alternativa 2

ALTERNATIVA 3							
ESTACIÓN	INTER CAMBIO	PK _i	PK _f	INTER DISTANCIA (m)	PROF. (m)	ANDENES	MÉTODO EJEC.
<i>Pz. Elíptica</i>		<i>0-415</i>	<i>0-300</i>		<i>20</i>		
Embajadores	L3, L5	2+299	2+414	2.599	36	Laterales	Pantallas
Atocha Renfe	L1	3+798	3+913	1.348	35	Central	Pantallas
Conde de Casal	L6	5+483	5+598	1.570	23	Central	Pantallas

Tabla 21. Características principales de las estaciones de la Alternativa 3

3.10.2. Madrid Río

3.10.2.1. Madrid Río Alternativa 1

La nueva estación de Madrid Río Alternativa 1 se sitúa en el Paseo de las Yaserías (+572.50), entre las calles Valdelaguna y el Paseo de Santa María de la Cabeza (+578.00). Para resolver el acceso al nuevo vestíbulo desde ambos niveles viarios, este se ha ubicado junto al viaducto del Paseo de Santa María de la Cabeza, con accesos desde ambos niveles.

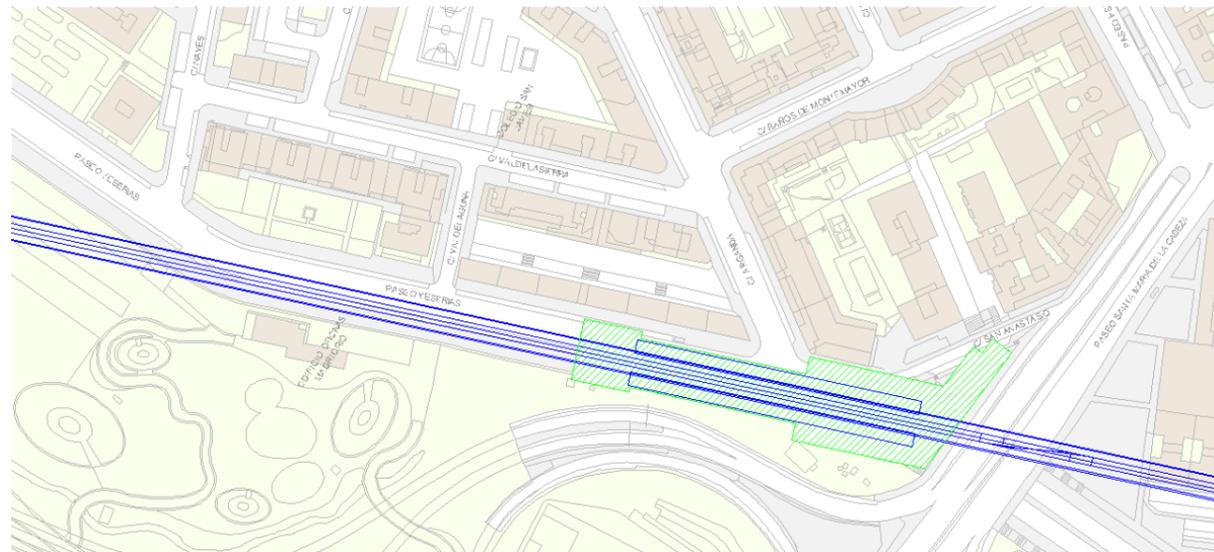


Figura nº 28. Planta de emplazamiento de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.

La profundidad de la estación es de unos 25m y presenta tres niveles principales: Vestíbulo (+565.10), preandén (+555.80) y andén (+549.45).

Esta estación no presenta intercambios, por lo que se diseña con andenes laterales.

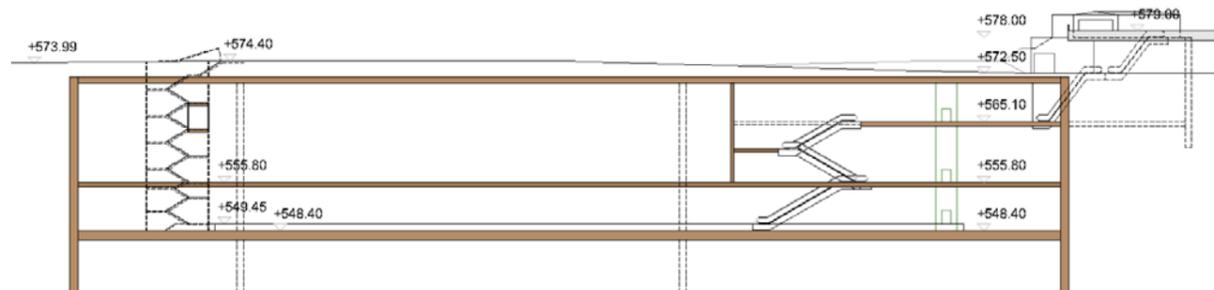


Figura nº 29. Sección longitudinal de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.

El recorrido para acceder a andenes se realiza mediante una escalera fija y dos escaleras mecánicas (una de bajada y otra de subida), así como un ascensor PMR, que comunican el vestíbulo con el nivel preandén. La cota del nivel preandén permite el paso de los trenes en el nivel inferior con gálibo suficiente.

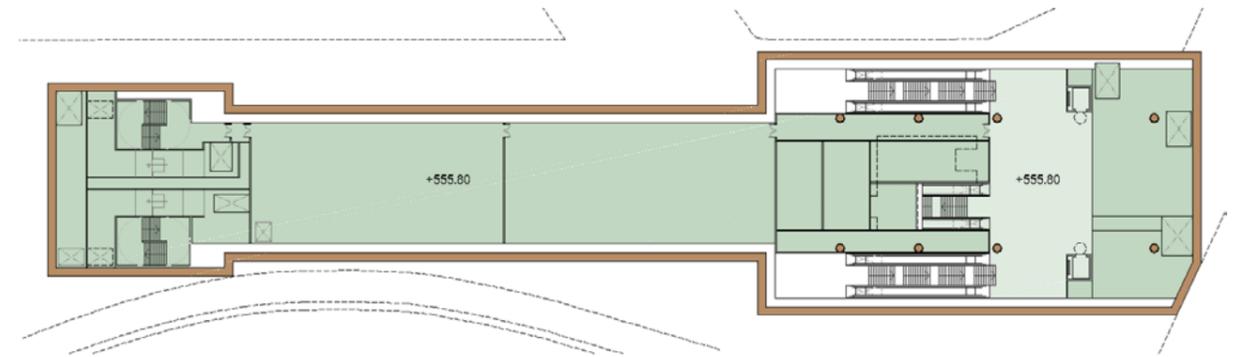


Figura nº 30. Planta preandén de la estación Madrid Río L11, Alternativa 1.

Esta estación albergará una subestación de tracción, cuya ubicación se propone en este nivel preandén, con acceso desde vías y ventilación directa desde calle.

El acceso desde preandén hasta los andenes laterales se realiza mediante dos recintos a lado y lado de los mismos, cada uno de los cuales aloja una escalera fija de acceso a andenes y dos escaleras mecánicas, así como el ascensor PMR.

En el otro extremo de andenes se proyectan sendas salidas de emergencia que, partiendo del andén, se unen en un nivel superior para continuar en un único núcleo de escaleras hasta calle.

3.10.2.2. Madrid Río Alternativa 2

De la misma forma que en el caso de la Alternativa 1, la nueva estación de Madrid Río Alternativa 2 se sitúa en el Paseo de las Yererías (+572.50), entre las calles Valdelaguna y el Paseo de Santa María de la Cabeza (+578.00, junto al viaducto del Paseo de Santa María de la Cabeza para resolver el acceso al nuevo vestíbulo desde ambos niveles viarios.

La profundidad de esta estación (41m) hace que su ejecución se plantee en mina, mediante el método alemán, lo que permite reducir las afecciones en superficie, en particular al túnel viario de Santa María de la Cabeza.

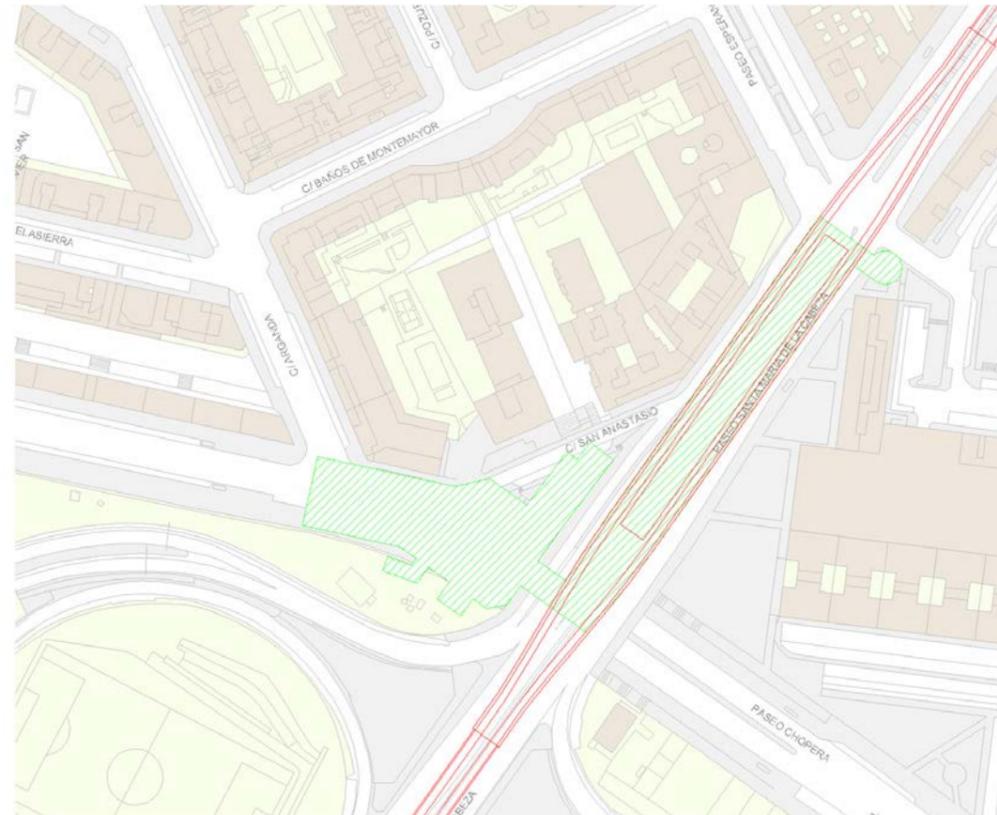


Figura nº 31. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2

Los niveles principales son: el vestíbulo, a la cota +565.10; un recinto al nivel +562, para albergar la subestación de tracción, con 8m libres de altura; preandén, a la cota +540.95; y andén, a la cota +534.40.

Esta estación no presenta intercambio con otras líneas, pero se diseña con andén central para optimizar las dimensiones de la caverna de estación, que en el caso de andenes laterales incrementaría sensiblemente su sección para inscribir en ella, con gálibo suficiente para el paso de personas, de las escaleras y ascensores de acceso a andén.

La conexión entre el nivel vestíbulo y la caverna de andenes de L11 se resuelve mediante un pozo vertical de sección circular de 24,6 m de diámetro interior que acoge una batería de ascensores de gran capacidad (AGC) que comunican nivel vestíbulo y preandén. A través de este pozo también tiene lugar la entrada del aire de inmisión y compensación.

Desde el nivel preandén, una galería horizontal permite conectar el pozo con el túnel de L11, de 7,50m de anchura y 4,50m de altura libre en clave. Esta galería acogerá el acceso peatonal y las secciones de ventilación, de manera que el aire de compensación llegue hasta túnel a través del

huevo bajo la losa peatonal y el de inmisión sobre la galería peatonal, conduciéndolo con conductos sobre andenes.

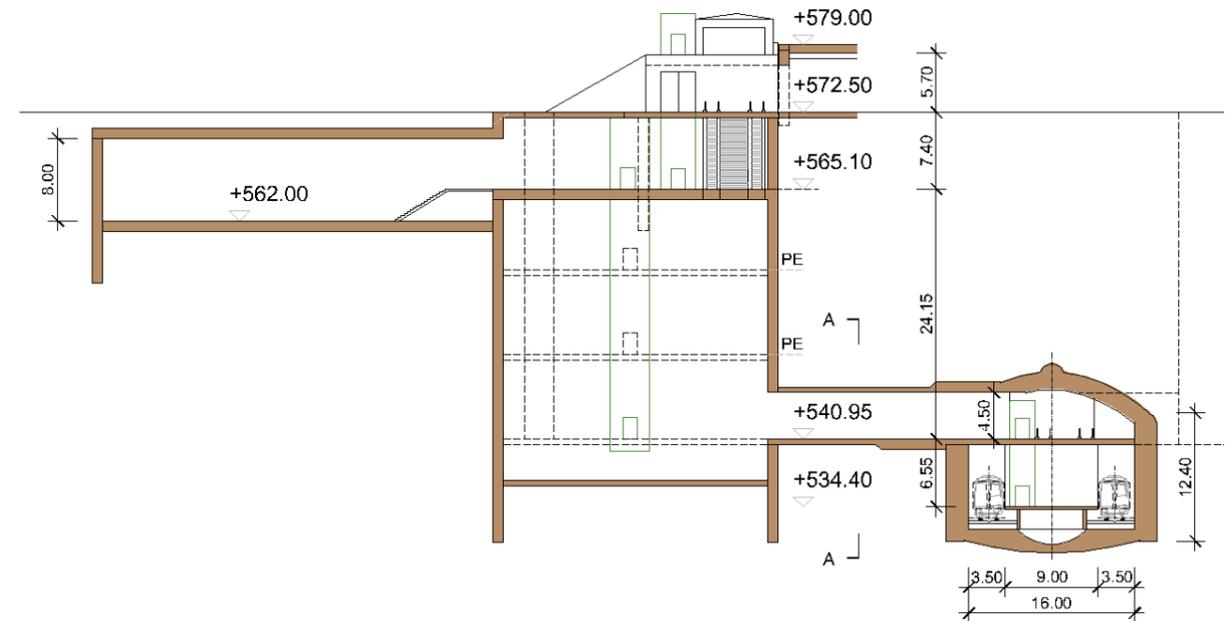


Figura nº 32. Sección transversal de la estación Madrid Río L11, Alternativa 2

La comunicación del nivel preandén con el andén se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican dependencias.

En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica un pozo que alberga la salida de emergencia y la ventilación de compensación de túnel en este extremo. La ejecución de este pozo se realizará mediante anillos sucesivos y se conectará con la caverna de la estación mediante una galería de 4.50m de anchura ejecutada por método belga y que entronca con la caverna en la parte alta de hastial.

3.10.3. Palos de la Frontera

3.10.3.1. Palos de la Frontera Alternativa 1

La nueva estación de Palos de la Frontera se sitúa en el Paseo de las Delicias, entre las calles Tarragona y Palos de la Frontera. Esta estación permite la conexión con la actual estación de

Palos de la Frontera de la L3 de Metro de Madrid, por medio del vestíbulo que se encuentra en la calle Palos de la Frontera, junto al cruce con Paseo de las Delicias.

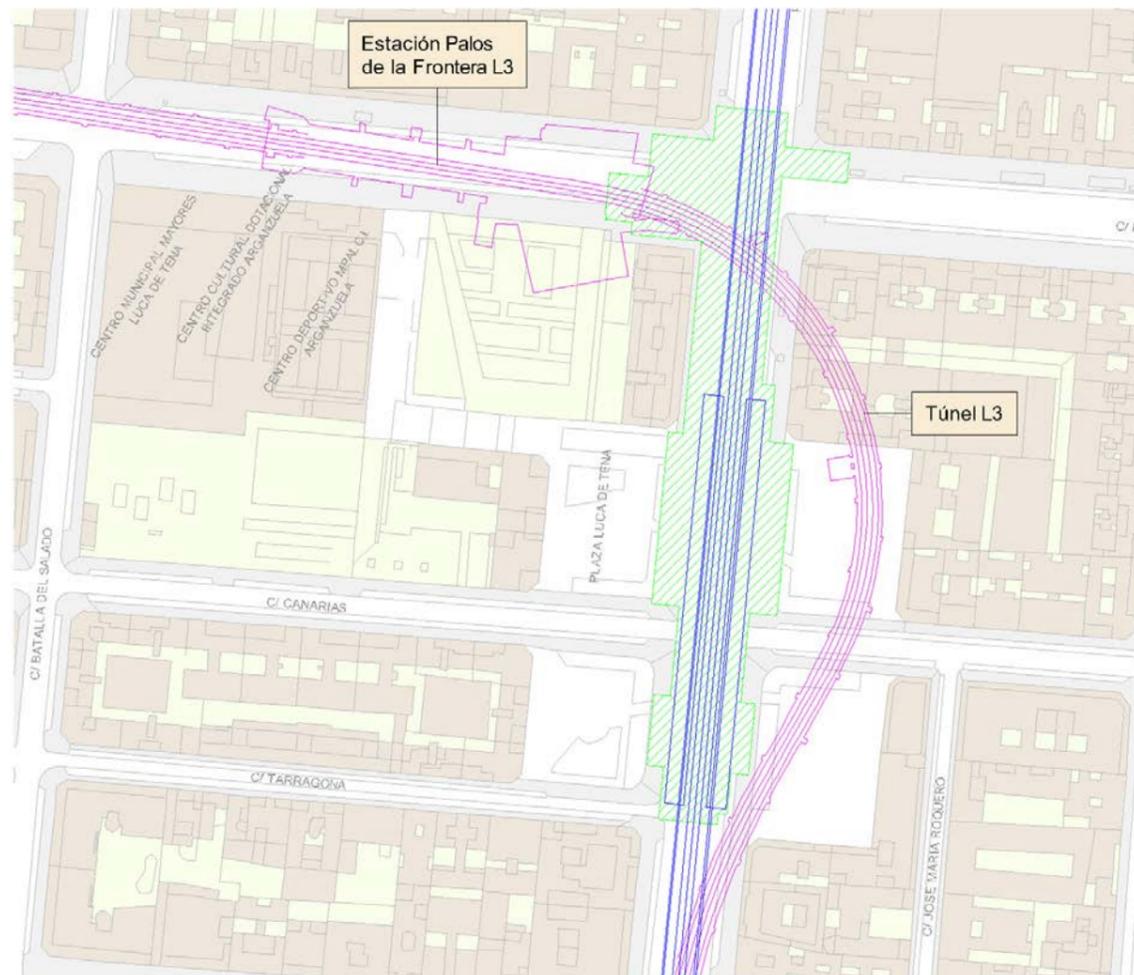


Figura nº 33. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.

La profundidad de la estación es de unos 35m y presenta tres niveles principales: vestíbulo (+602.73), preandén (+580.12) y andén (+573.05).

En esta estación se proyecta un nuevo vestíbulo conjunto para las líneas L11 y L3. El acceso al mismo se materializa mediante dos nuevos núcleos de escaleras fijas y mecánicas enfrentados entre sí, ubicados en la acera norte de la C/ Palos de la Frontera, a ambos lados del paseo de las Delicias, sustituyendo los actuales accesos a L3. Por limitaciones de espacio en las aceras, estos accesos solo dispondrán de escalera fija y una escalera mecánica de subida. Se propone la ubicación del ascensor para PMR's calle-vestíbulo en la esquina noroeste del cruce de ambas calles.

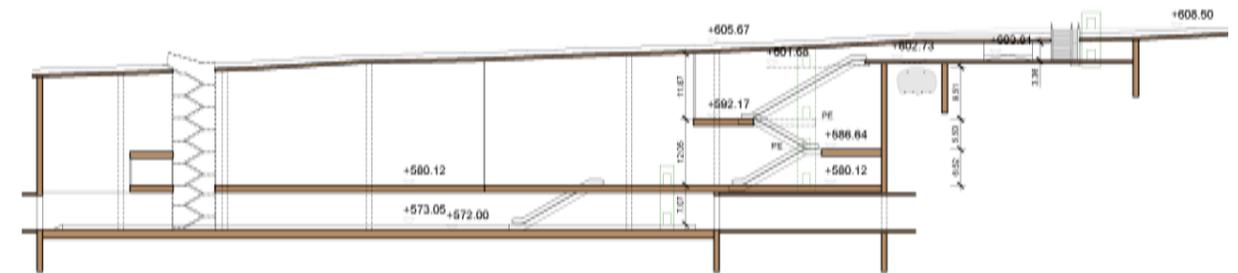


Figura nº 34. Sección longitudinal de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.

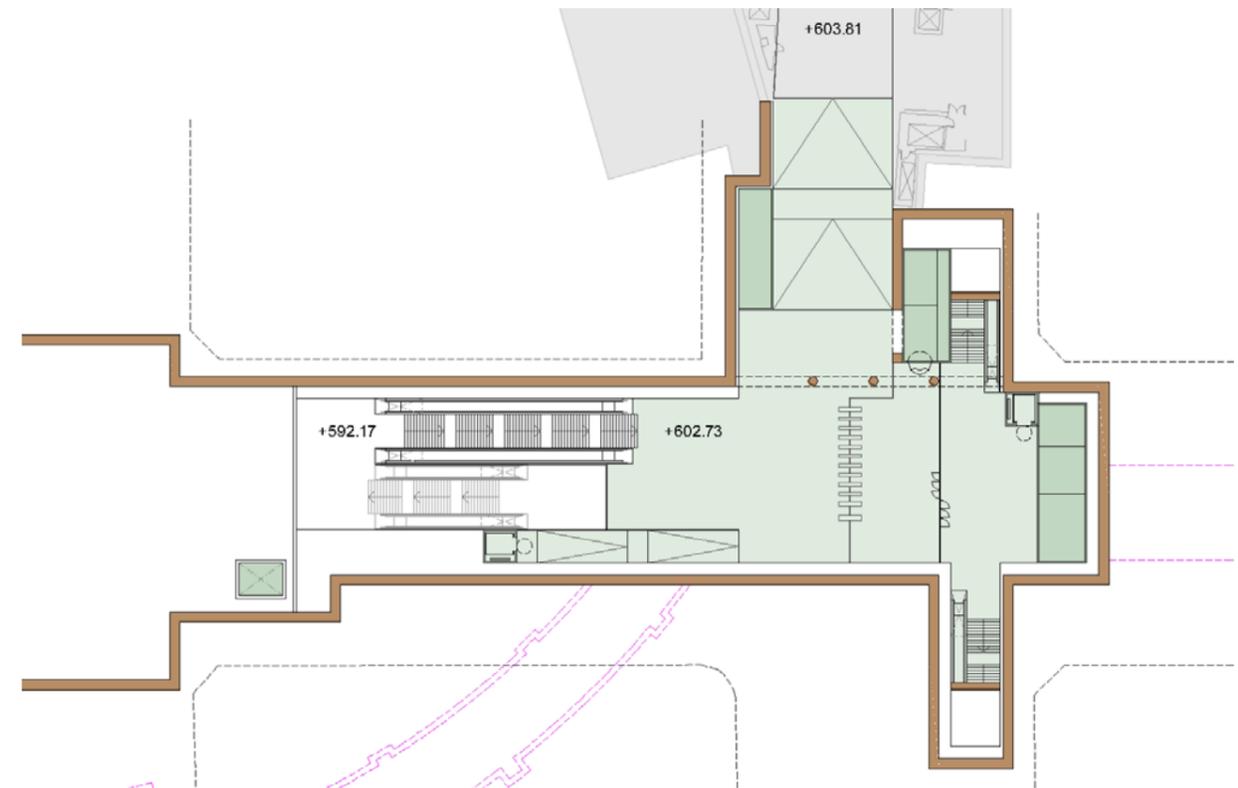


Figura nº 35. Planta vestíbulo de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.

Una vez en vestíbulo, pasadas las puertas cortavientos, se accede a una barrera tarifaria única, superada la cual el viajero puede dirigirse hacia los andenes de la L11 o hacia los de la L3.

La cota del nuevo vestíbulo (+602.73) permite el paso sobre el túnel existente de la L3, dotando a su vez al vestíbulo de una altura libre suficiente bajo la rasante del Paseo de las Delicias. Para conectar con el actual vestíbulo de L3 (+603.81) se proyectan dos rampas de pendiente 6%.

El recorrido para acceder a andenes se realiza mediante una escalera fija y dos escaleras mecánicas (una de bajada y otra de subida), así como un ascensor PMR, que comunican el vestíbulo con el nivel preandén. La cota del nivel preandén permite el paso de los trenes en el nivel inferior con gálibo suficiente.

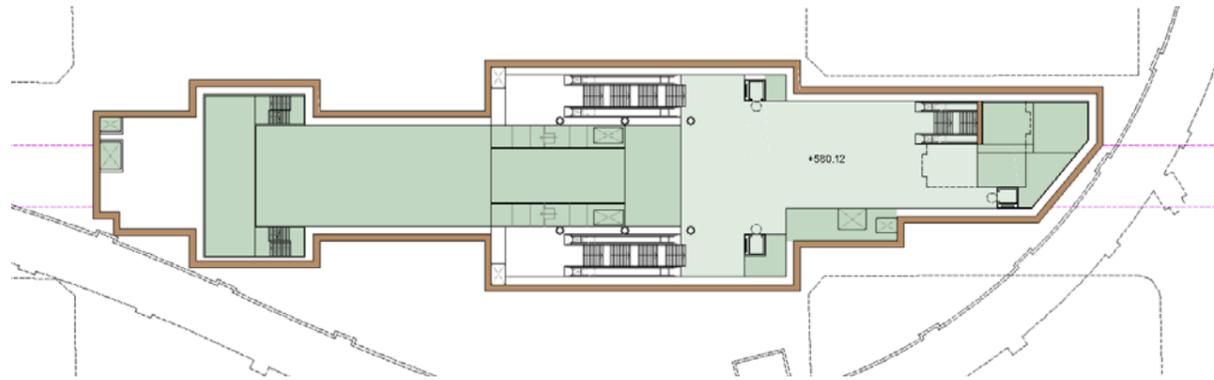


Figura nº 36. Planta preandén de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.

Esta estación presenta intercambio, por lo que se debería habilitar andén central. Esto supondría construir telescopios bajo el túnel de línea 3, antes y después de la estación. Dado que la demanda esperada en esta estación no es elevada, se decide diseñar la estación con andenes laterales.

El acceso desde preandén hasta los andenes laterales se realiza mediante dos recintos situados a lado y lado de los mismos, cada uno de los cuales aloja una escalera fija de acceso a andenes y dos escaleras mecánicas, así como el ascensor PMR.

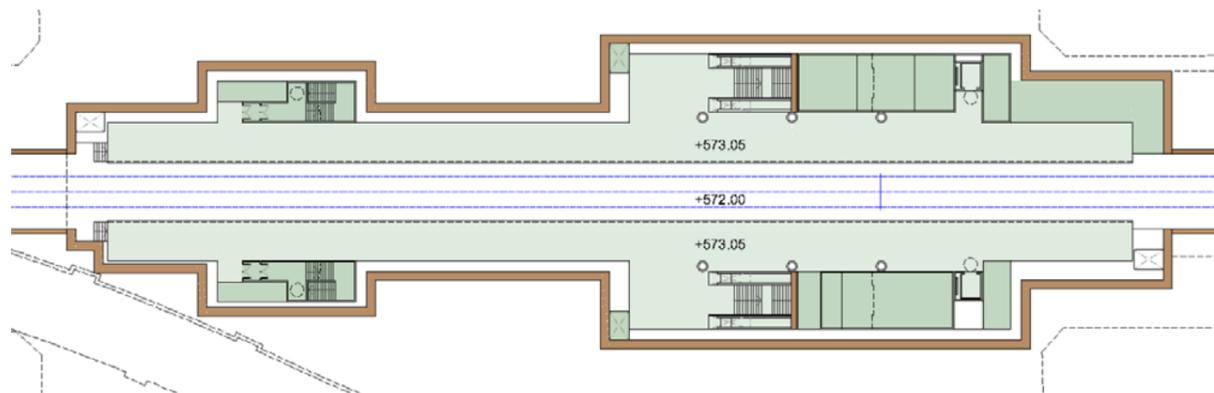


Figura nº 37. Planta andén de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 1.

En el otro extremo de andenes se proyectan sendas salidas de emergencia que, partiendo del andén, se unen en el nivel preandén para continuar en un único núcleo de escaleras hasta calle.

3.10.3.2. Palos de la Frontera Alternativa 2

La nueva estación de Palos de la Frontera de la Alternativa 2 se sitúa en el Paseo de Santa María de la Cabeza, entre las calles Ferrocarril y Palos de la Frontera, bajo el paso inferior viario. Esta infraestructura viaria, junto con el túnel existente de la L3 que discurre bajo la C/Palos de la Frontera, hacen que el espacio para ubicación del nuevo vestíbulo sea reducido y condicionan fuertemente su geometría y la posición de los accesos. Además este vestíbulo ha de presentar conexión con la actual estación de Palos de la Frontera de la L3 de Metro de Madrid.

La profundidad de esta estación (49m) hace que su ejecución se plantee en mina, mediante el método alemán, lo que permite reducir las afecciones en superficie, en particular al túnel viario.

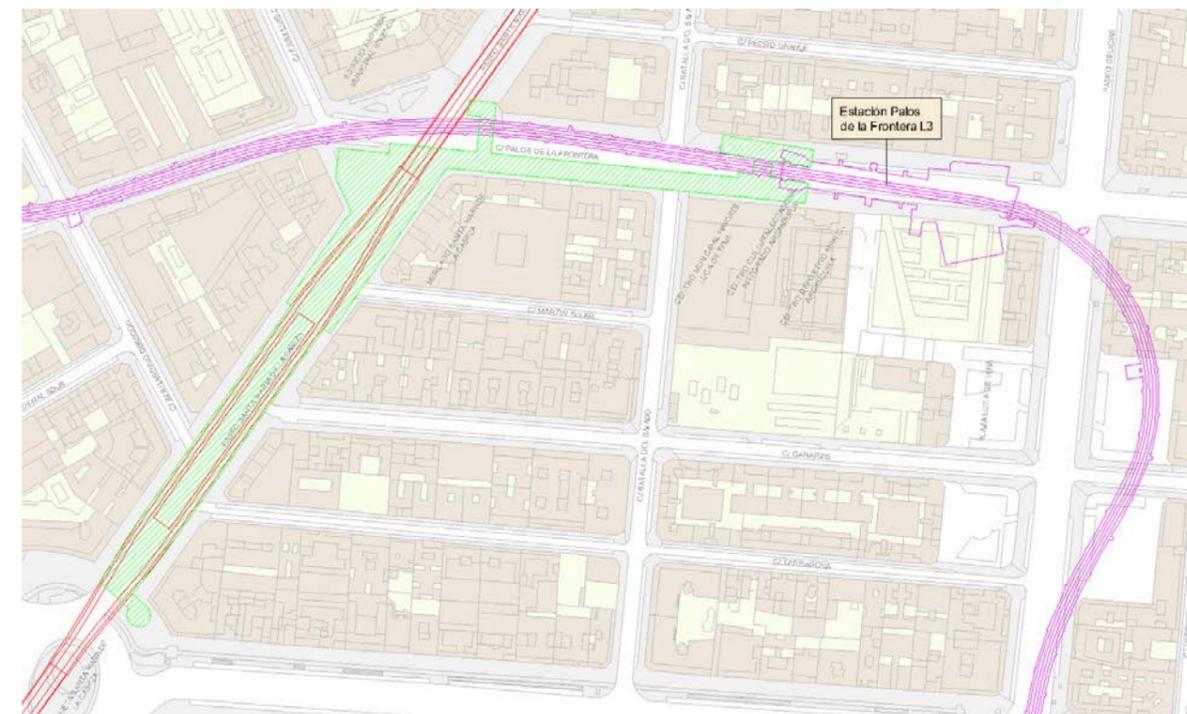


Figura nº 38. Planta de emplazamiento de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2

Los niveles principales son vestíbulo (+595.80), preandén (+559.95) y andén (+550.45).

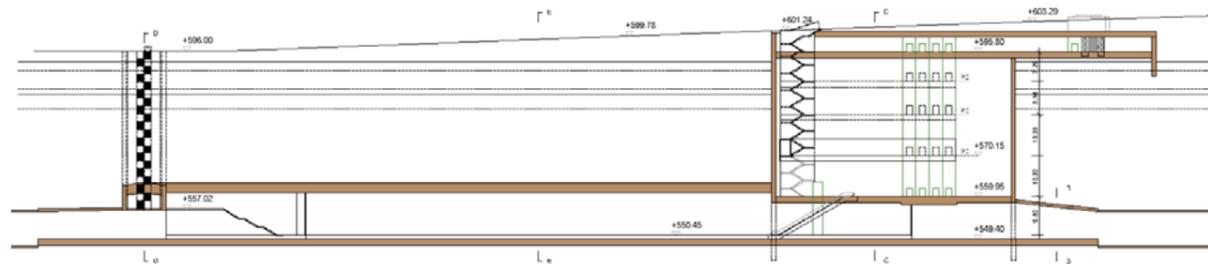


Figura nº 39. Sección longitudinal de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2

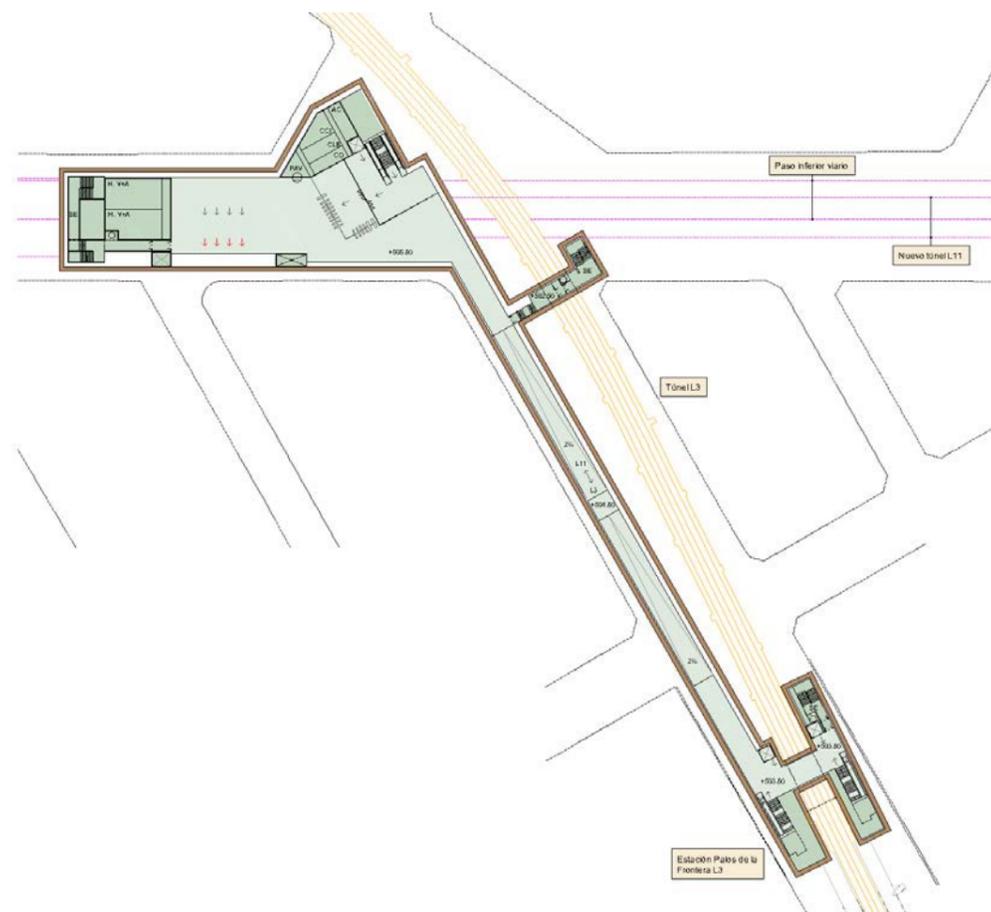


Figura nº 40. Planta vestíbulo de la estación Palos de la Frontera L11, Alternativa 2.

Se proyecta un nuevo vestíbulo independiente del de L3. El acceso al mismo tendrá lugar desde un nuevo acceso con templete ubicado en la esquina oeste del cruce del Paseo de Santa María de la cabeza con la C/ Palos de la Frontera. Este acceso dispone de escalera fija, escalera mecánica de subida y de bajada y ascensor para PMR's.

Una vez en vestíbulo, pasadas las puertas cortavientos y la barrera tarifaria, el viajero puede dirigirse hacia los andenes de la L11 o hacia los de la L3. Ambos itinerarios están adaptados.

La conexión con la actual estación de Palos de la Frontera de la L3 de Metro de Madrid se realiza al nivel andenes de la misma (+600.07), por el extremo opuesto a la ubicación del vestíbulo existente de L3. Dada la distancia entre ambas estaciones, la conexión da lugar a un pasillo de algo más de 140m de longitud. Esto crea la necesidad de ubicar una salida de emergencia al inicio del pasillo, lado L11. La trapa de dicha salida de emergencia se ubica en calle al otro lado del túnel de la L3, por lo que se proyecta un paso en galería bajo dicho túnel.

Dada la presencia del propio túnel de la L3, la comunicación del pasillo de conexión de L11 con el andén sentido Villaverde Alto de la L3 se debe resolver en un nivel bajo vías, por lo que aparece una segunda galería bajo este túnel. El pasillo de conexión L11-L3 permite bajar de la cota de vestíbulo de L11 (+595.80) a la cota de esta galería (+593.80) mediante rampas del 2%.

El acceso hacia los andenes de L11 se resuelve mediante un pozo vertical ejecutado a cielo abierto entre pantallas, que permitirá acometer la ejecución de la caverna de andenes mediante el método alemán. La ejecución de este pozo obliga a demoler y reponer el paso inferior viario en este tramo.

El recorrido para acceder a andenes se realiza mediante una batería de ascensores de gran capacidad que comunican el vestíbulo con el nivel preandén. La cota del nivel preandén permite el paso de los trenes en el nivel inferior con gálibo suficiente.

Esta estación presenta intercambio, por lo que se habilita andén central. La comunicación del nivel preandén con el andén se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican dependencias.

En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica un pozo que alberga la salida de emergencia y la ventilación de compensación de túnel en este extremo. La ejecución de este pozo se realizará mediante anillos y se conectará con la caverna de la estación mediante una galería de 4.50m de anchura ejecutada por método belga y que entronca con la caverna en la parte alta de hastial.

3.10.4. Embajadores

La nueva estación de Embajadores se sitúa en el Paseo de las Acacias, entre la C/Laurel y la Glorieta de Embajadores. Esta estación permite un intercambio doble:

- por una parte, con la actual estación de Embajadores de la L3 de Metro de Madrid, a través de la cual también se accede a Cercanías
- por otra, con la estación Acacias de la L5.

La presencia de estas estaciones y de los correspondientes túneles ferroviarios condiciona fuertemente la ubicación y geometría de esta estación. Un primer ejemplo de ello es que esta estación, que presenta intercambio, debería tener andén central. Pero los escasos 150 m entre la actual estación de Embajadores y el túnel de L5 obligarían a la ejecución de telescopios bajo los túneles y estaciones de ambas líneas, por lo que se decide diseñar la estación con andenes laterales.

La poca maniobra que permite el encaje en planta de la nueva estación hace inevitable que esta interfiera directamente con parte del túnel de conexión de la L5 y la L3. La ejecución de la nueva estación de Embajadores implicará la demolición de este túnel, que será reconstruido posteriormente, quedando albergado dentro de la estructura de la propia estación.

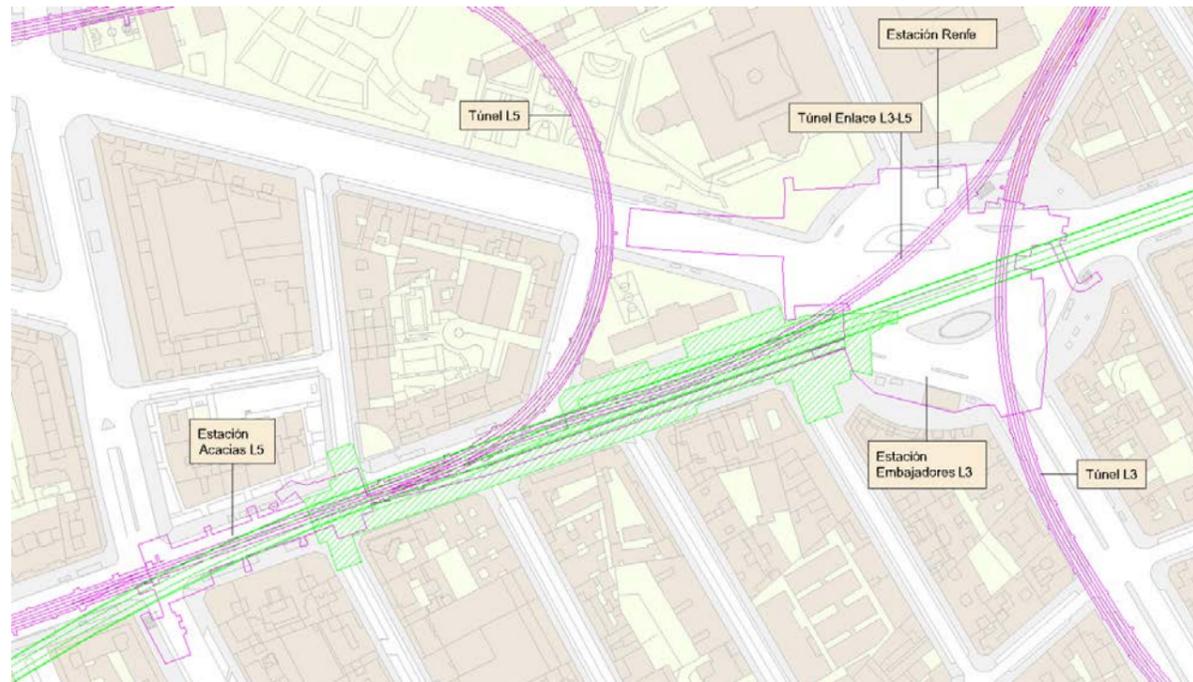


Figura nº 41. Planta de emplazamiento de la estación Embajadores L11, Alternativa 3.

La profundidad de la estación es de 36m y presenta estos niveles principales: vestíbulo y correspondencia con L3, a la cota +604.70; correspondencia L11-L5, a la cota +596.81; preandén, a la cota +584.33; y andén, a la cota +574.40

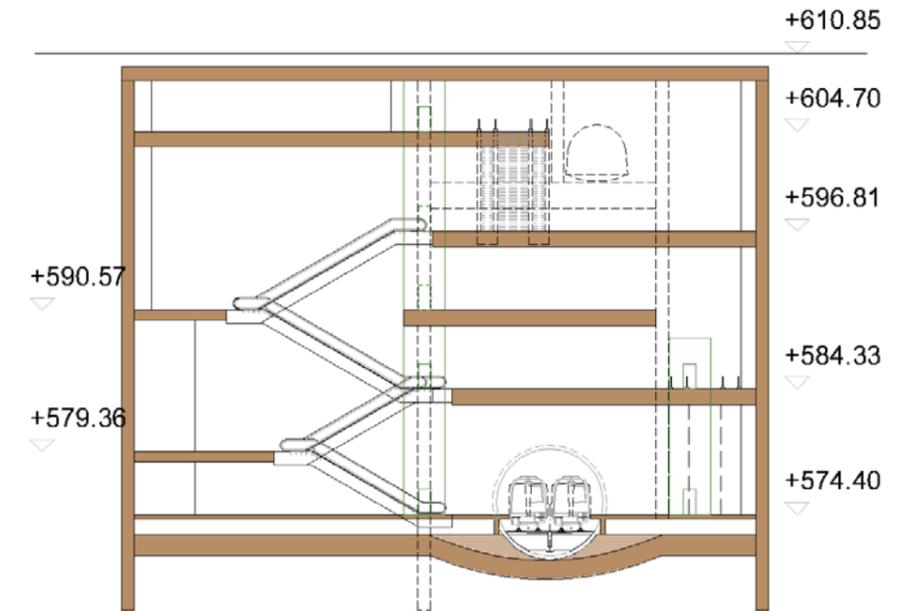


Figura nº 42. Sección transversal de la estación Embajadores L11.

El acceso al vestíbulo se realiza a través del templete y el ascensor de la Glorieta de Embajadores. Una vez en vestíbulo, el usuario puede acceder a L3 o a L11 atravesando las correspondientes barreras tarifarias.

El nivel inmediatamente inferior permite la conexión L11-L5 mediante un largo pasillo de conexión que acaba en una plataforma sobre el túnel de la L5, desde la cual se proyectan dos recintos perpendiculares a la caja de la estación, que permiten acceder a ambos andenes de L5 mediante escaleras fijas, mecánicas y ascensor PMR. El pasillo actual de conexión entre ambas líneas, se demolerá durante las obras y quedará sustituido por este otro.

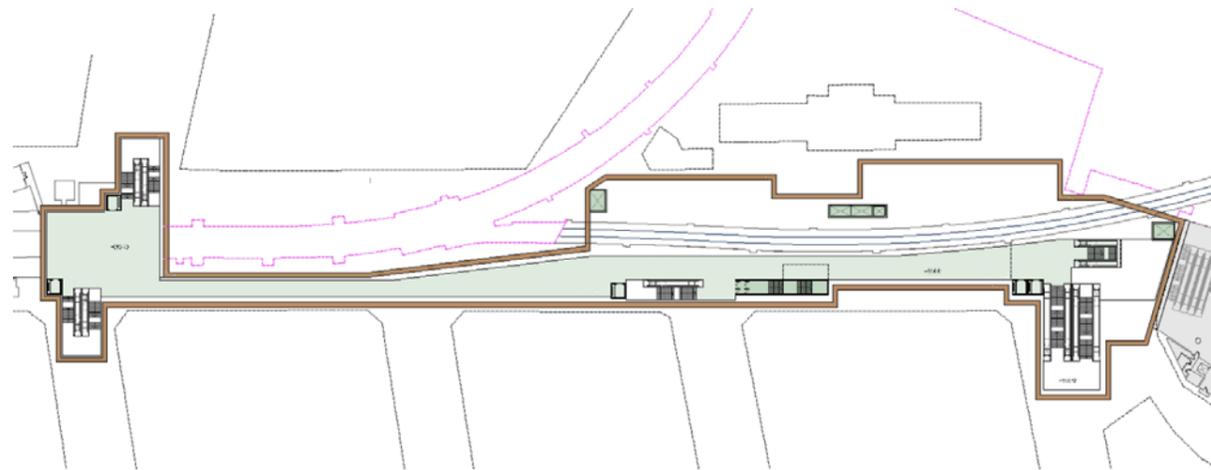


Figura nº 43. Nivel conexión L11-L5.

El recorrido para acceder a los andenes de L11 se realiza mediante un recinto ejecutado entre pantallas, perpendicular a la caja de la estación y ubicado en la esquina de la C/Martín de Vargas con la Glorieta de Embajadores. A través de una escalera fija y dos escaleras mecánicas, se puede acceder desde el nivel vestíbulo hasta los andenes lado sur (sentido Plaza Elíptica) directamente; la conexión con el andén lado norte (sentido Atocha Renfe) se realiza desde el nivel preandén, cuya cota permite el paso de los trenes en el nivel inferior con gálibo suficiente. Un cañón lateral acoge las escaleras (una fija y dos mecánicas) de acceso a dicho andén.

Los usuarios con movilidad reducida, una vez en vestíbulo, podrán tomar un ascensor que les bajará directamente al andén lado sur o bien al nivel preandén, donde, cruzando sobre vías, podrán tomar un nuevo ascensor para bajar al andén lado norte. Junto al primer ascensor, se encuentra otro que conecta el nivel vestíbulo con el nivel de conexión con la L5 y el andén lado sur de L11.

Para acortar el recorrido de conexión L11-L5, desde el pasillo de conexión entre ambas líneas y coincidiendo en planta con el extremo de andenes de L11 más cercano a la L5, se proyecta un nuevo acceso dotado de escaleras fijas, escalera mecánica de subida y ascensor PMR. Este acceso permite conectar directamente con el andén lado sur, así como con el nivel preandén, donde se prevé un forjado para cruzar sobre vías y desde allí poder acceder al andén lado norte.

Junto a este acceso del nivel conexión L5-L11, se proyecta también una salida de emergencia.

Esta estación albergará una subestación de tracción, cuya ubicación se propone en el nivel preandén, con acceso desde vías y ventilación directa desde calle.

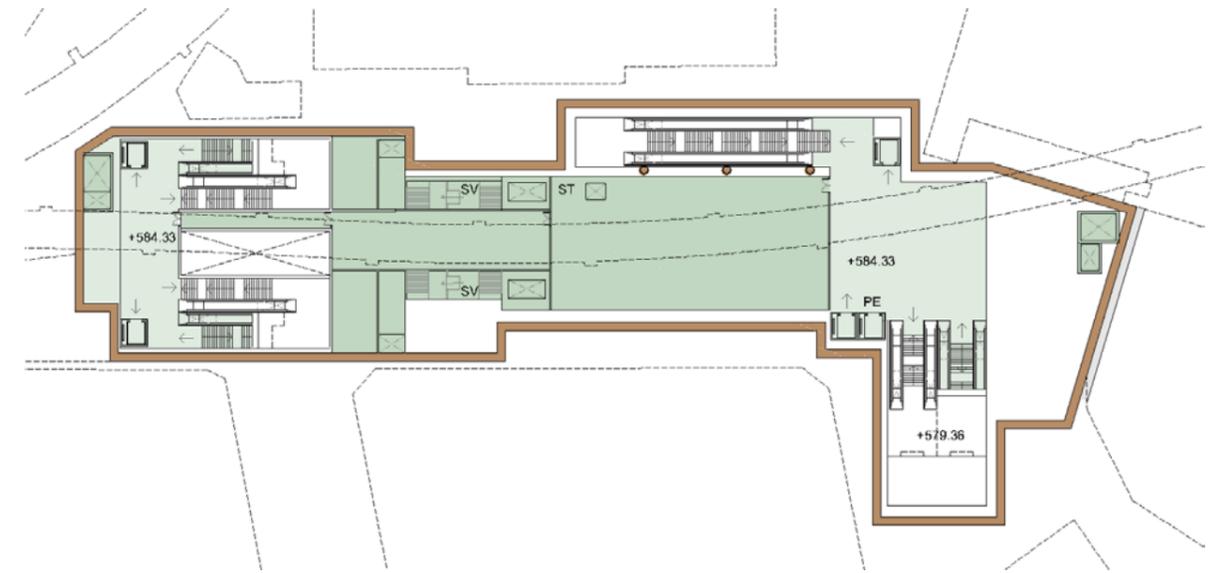


Figura nº 44. Nivel preandén estación Embajadores L11

3.10.5. Atocha Renfe

Uno de los requisitos del Pliego de Prescripciones Técnicas que rige la redacción del presente Estudio Informativo es proyectar una nueva estación en Atocha Renfe. Esta estación ha de permitir el intercambio con la L1 de Metro y con los servicios de cercanías, AVE, larga y media distancia de Renfe.

Así la nueva estación de Atocha Renfe L11 se diseña junto a la estación de la L1 de Metro de Madrid, ubicada bajo la Avda. Ciudad de Barcelona y el Pº Infanta Isabel, al lado de la Estación de Atocha de ferrocarril, con la cual está interconectada. Presenta dos niveles, el nivel vestíbulo (+624.50) y el nivel andenes (+620.00), ambos con conexión con la estación de cercanías por el lado del andén sentido Estación del Arte.

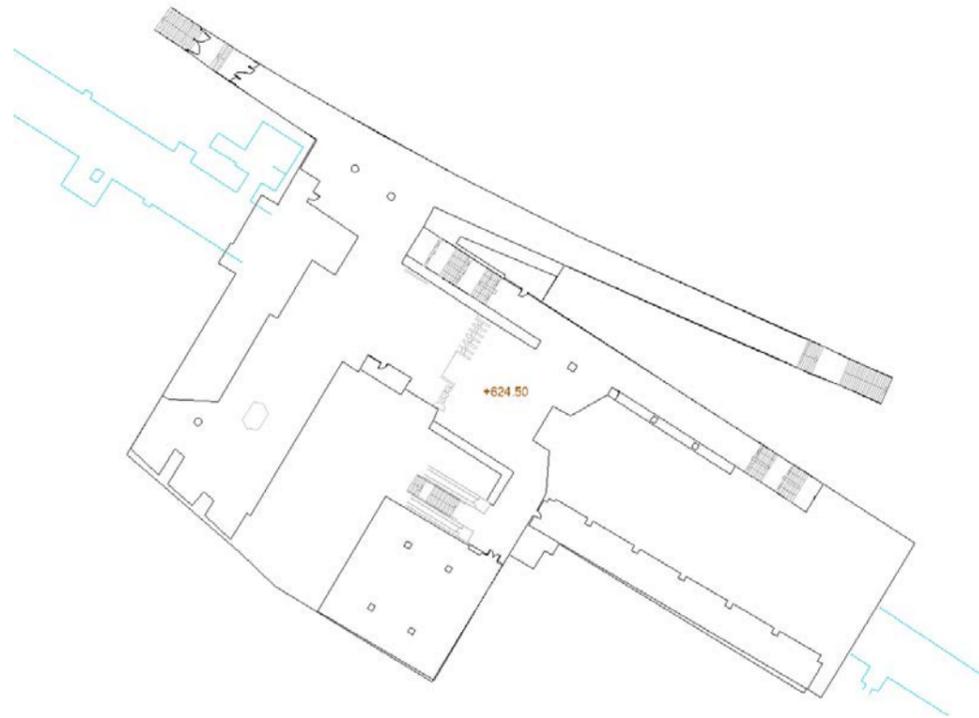


Figura nº 45. Estación Atocha Renfe L1, nivel vestíbulo

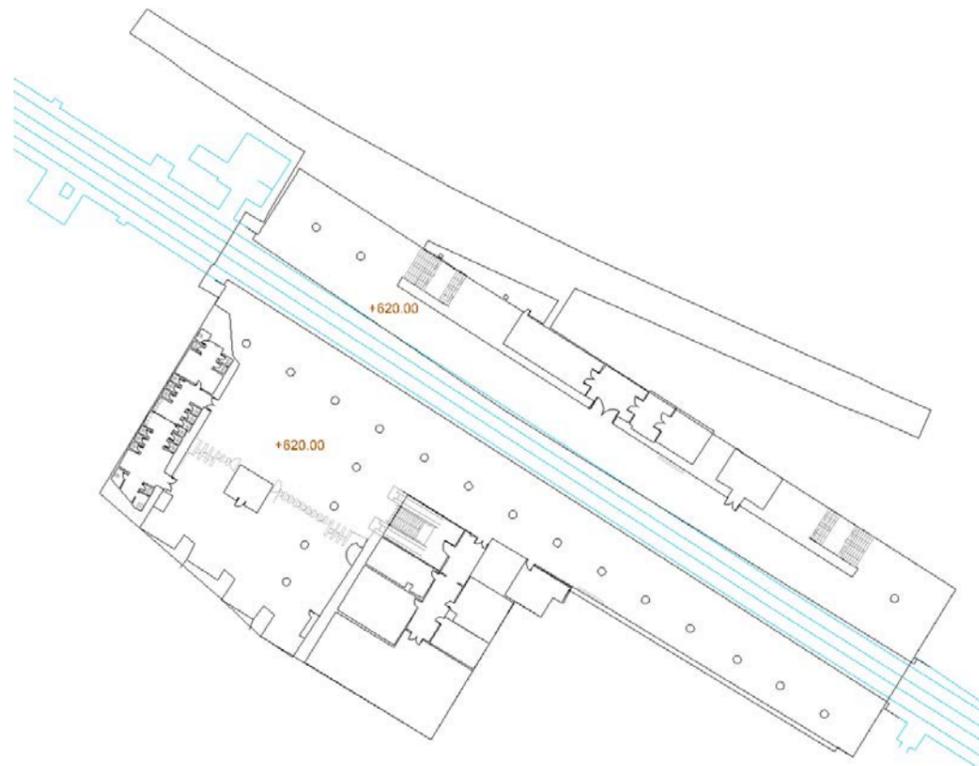


Figura nº 46. Estación Atocha Renfe L1, nivel andenes

Las tres alternativas de la nueva estación de Atocha Renfe L1 presentan en común la posición del vestíbulo, diferenciándose entre ellas por la ubicación de andenes y la profundidad a la que se encuentran los mismos (32, 42 y 35m respectivamente), lo que conduce a soluciones diferentes para comunicar este vestíbulo común con los andenes.

La Alternativa 1 y la Alternativa 2 de esta estación comparten la posición en planta de los andenes, más alejada de la estación de la L1 que en el caso de la Alternativa 3.

Pese a compartir posición de vestíbulo y andenes, la Alternativa 2 se diferencia claramente de la Alternativa 1 por la gran profundidad a la que estos últimos se encuentran.

Así se expone, en primer lugar, la propuesta común de vestíbulo y comunicación con andenes L1 de las tres alternativas, para seguidamente explicar, para cada alternativa, cómo se ha diseñado la comunicación entre este vestíbulo y los andenes.

El vestíbulo de la nueva estación de L1 se proyecta junto al actual vestíbulo de L1, en la confluencia de la C/Alfonso XII con el paseo Infanta Isabel, ampliando y remodelando los dos niveles actuales de esta estación por el lado del andén sentido Menéndez Pelayo

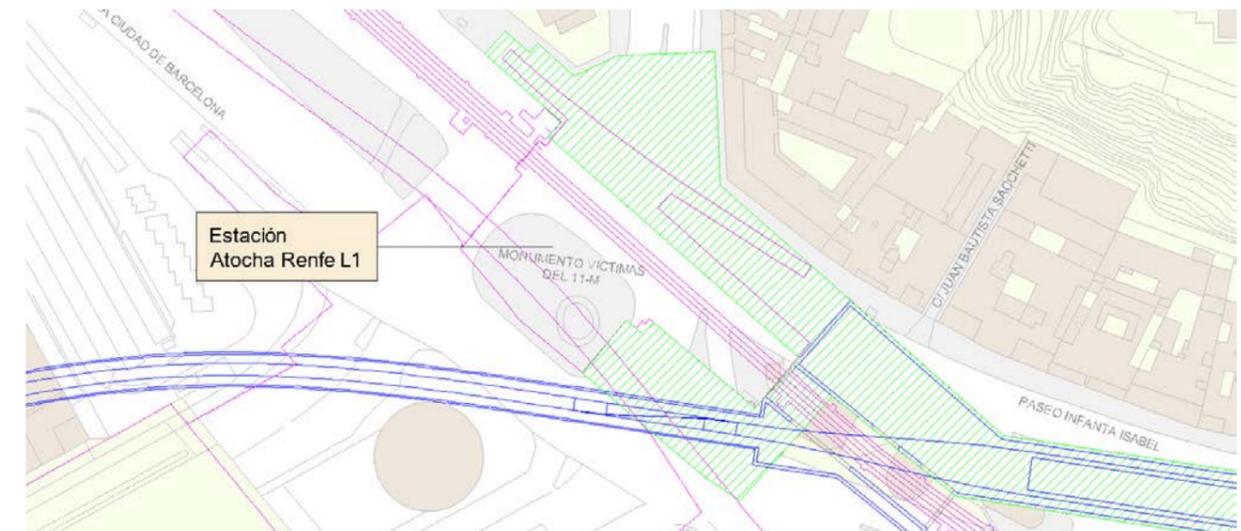


Figura nº 47. Superposición de la nueva estación y la estación existente.

Los accesos al nuevo vestíbulo se proyectan en las esquinas opuestas del encuentro de ambas calles, anulando los accesos actuales de Alfonso XII y Pº Santa Isabel, así como el largo pasillo que los conecta.

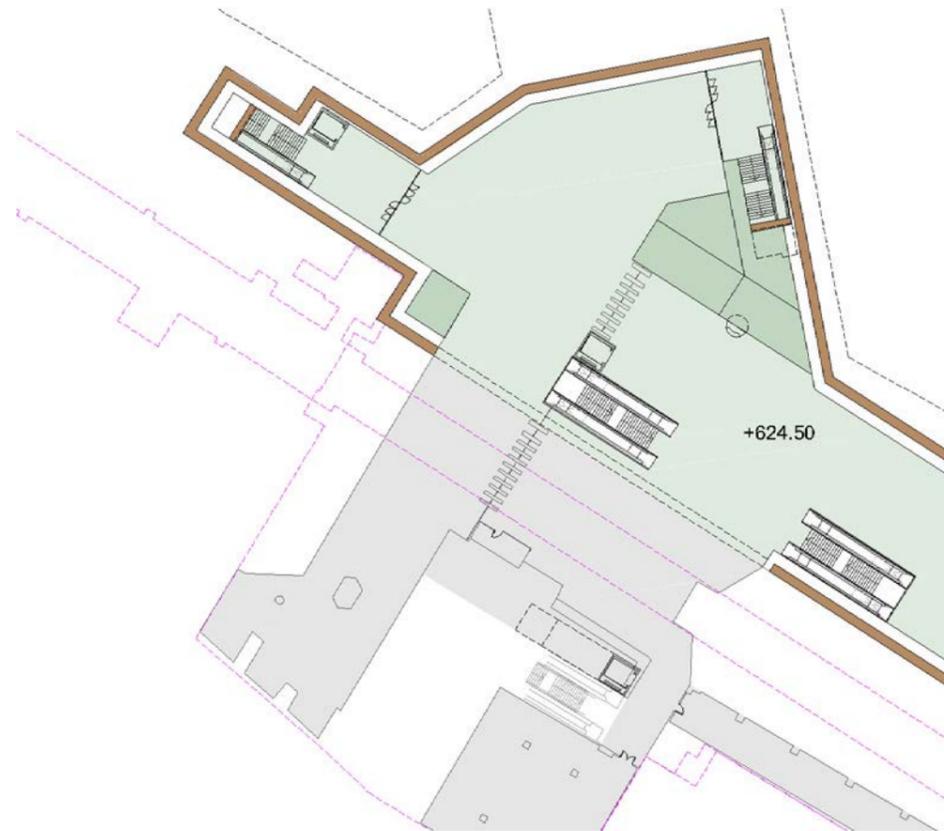


Figura nº 48. Nivel vestíbulo de la Estación de Atocha Renfe L11-L1

Una vez en vestíbulo, a la cota +624.50, pasadas las puertas cortavientos, el viajero puede ir hacia la estación de Renfe o bien atravesar la barrera tarifaria única de Metro y dirigirse hacia los andenes de la L11 o hacia los de la L1.

La bajada al andén sentido Menéndez Pelayo se resuelve, replicando el esquema actual, mediante dos escaleras fijas, a las que se les añade una escalera mecánica de subida y otra de bajada. El usuario PMR se encuentra el ascensor junto a la misma barrera tarifaria.

Las obras de ampliación del nivel vestíbulo, así como las de remodelación del acceso al andén sentido Valdecarros, implican el cierre al servicio de este andén durante las obras.

Para acceder al andén sentido Pinar de Chamartín se respeta el acceso actual.

Por el lado Renfe de la estación, con vistas a evitar que el transbordo L11-cercanías tenga que realizarse a lo largo del andén de la L1, se habilita un nuevo acceso, dotado de barrera tarifaria de metro, que comunica directamente el nivel andén L1 con Renfe. Desde este nivel, las diversas

alternativas proponen una conexión bajo el túnel de la L1, a ejecutar en mina, para acceder hacia el andén de L11.

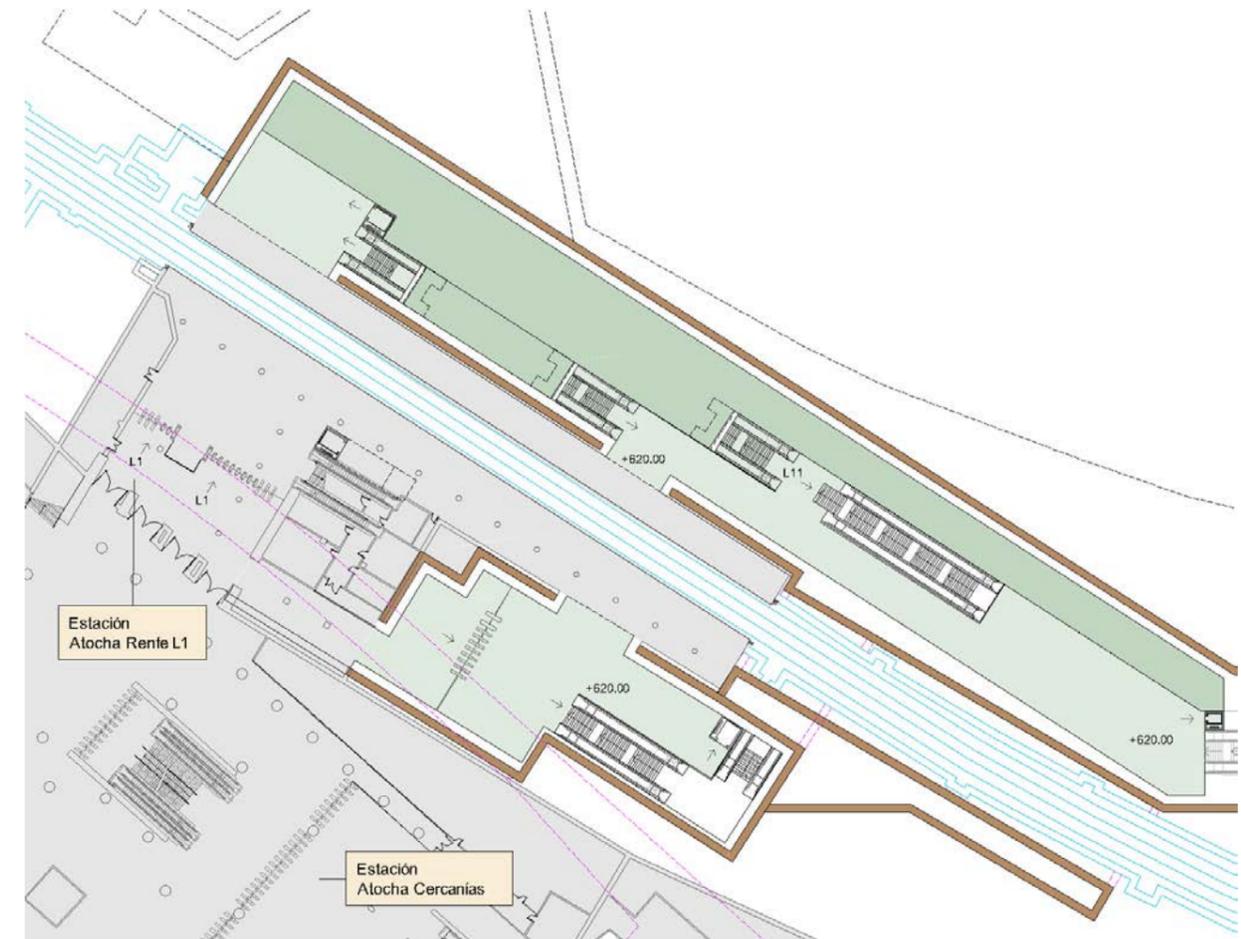


Figura nº 49. Nuevo vestíbulo de conexión Renfe - L11 (+620)

Atocha Renfe L11 es estación de intercambio, por lo que se diseña con andén central.

3.10.5.1. Atocha Renfe Alternativa 1

En esta alternativa, la caja de la estación se alarga bajo el Paseo Infanta Isabel para acoger una alineación de escaleras (una fija y dos mecánicas) que comunican vestíbulo (+624.50) con los diversos niveles: el nivel andén L1 (+620.00), el nivel de la galería bajo túnel L1, de conexión con

Renfe (+609.00) y el nivel preandén (+603.25). En la intersección de este recinto con el del recinto de andenes se ubica el ascensor PMR, que comunica todos estos niveles.

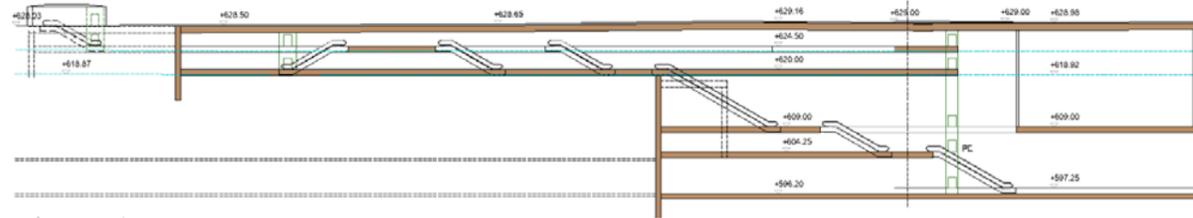


Figura nº 50. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 1.

La comunicación del nivel preandén con el andén se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican dependencias. En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica la salida de emergencia.

3.10.5.2. Atocha Renfe Alternativa 2

En esta alternativa, el andén se encuentra a 42m de profundidad, lo que tiene dos consecuencias directas:

- Se opta por un método constructivo en mina. La ejecución de la caverna de la estación mediante el método alemán minimiza también las afecciones en superficie.
- Para estas profundidades, la comunicación vertical entre vestíbulo y preandén se resuelve mediante una batería de ascensores de gran capacidad (AGC). Estos ascensores presentan parada en el nivel vestíbulo (+624.50), andenes L1 (+620.00), el nivel de la galería bajo túnel L1, de conexión con Renfe (+609.00) y el nivel preandén (+595.05)

El pozo que alberga los AGC se diseña también con espacio suficiente para acoger el recorrido de escaleras de emergencia y los pozos de ventilación (inmisión y compensación).

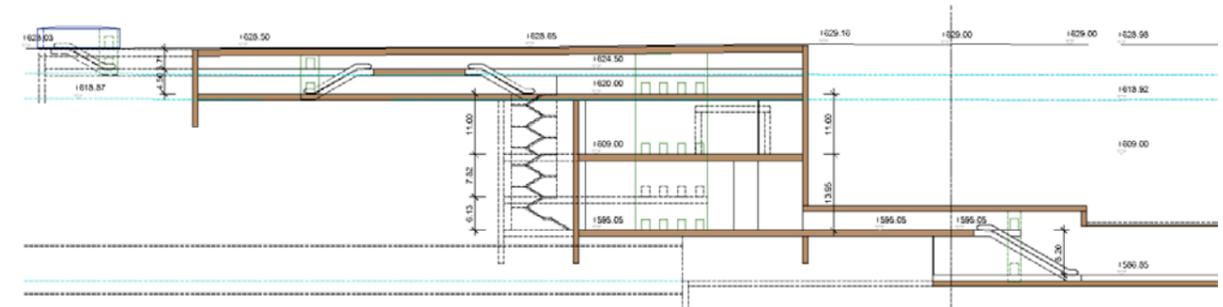


Figura nº 51. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 2.

La comunicación del nivel preandén con el andén se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican dependencias.

En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica un pozo que alberga la salida de emergencia y la ventilación de compensación de túnel en este extremo. La ejecución de este pozo se realizará mediante anillos y se conectará con la caverna de la estación mediante una galería de 4.50m de anchura ejecutada por método belga y que entronca con la caverna en la parte alta de hastial.

3.10.5.3. Atocha Renfe Alternativa 3

En esta alternativa, el andén se encuentra más cerca de la estación de L1, por lo que el desarrollo de las escaleras de comunicación entre el nivel andenes L1 (+620.00) y el nivel preandén (+604.93) se realiza mediante un núcleo vertical de escaleras, que permite también la comunicación con el nivel de la galería bajo túnel L1, de conexión con Renfe. En la intersección de este recinto con el del recinto de andenes se ubica el ascensor PMR, que comunica todos estos niveles.

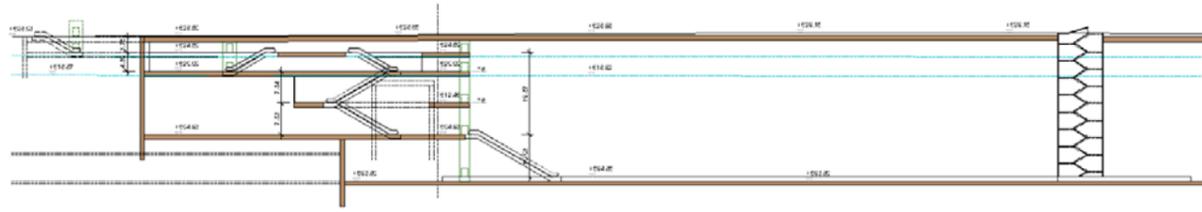


Figura nº 52. Sección longitudinal Atocha Renfe L11, Alternativa 3.

La comunicación del nivel preandén con el andén se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican dependencias. En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica la salida de emergencia.

3.10.6. Conde de Casal

3.10.6.1. Consideraciones previas al diseño

Es requisito del Pliego de Prescripciones Técnicas diseñar una nueva estación en Conde de Casal, donde se proyectará una nueva estación intercambiador, que permita el transbordo con la L6 de Metro y el alojamiento de una nueva terminal de autobuses interurbanos.

Así pues, el diseño de esta estación parte de dos condiciones:

- El intercambio con la actual estación Conde de Casal de L6, situada bajo la calle del Doctor Esquerdo, inmediatamente al norte de la plaza del Conde de Casal.
- Adaptar e integrar dicho diseño en la propuesta recibida de intercambiador de Conde de Casal del Consorcio Regional de Transporte de Madrid (CRTM).

En un primer análisis de esta propuesta del Intercambiador se detecta:

- la posibilidad de mejorar el intercambio de Metro L6-L11, ya que la propuesta resuelve este intercambio mediante pasillos largos, sin actuar en el vestíbulo actual de L6, y contemplando la conexión L6-L11 en zona pública, antes de barreras tarifarias.
- la necesidad de incorporar la tipología de andén central y la sección que acabe resultando necesaria para albergar el número de vías y los aparatos que configuran el esquema de vías proporcionado por Metro de Madrid.

Las tres alternativas de trazado son comunes en este tramo, por lo que el diseño de la estación de Conde de Casal es común a todas ellas.

Otro aspecto clave en el diseño de esta estación es que deberá aprovechar las pantallas del pozo de introducción de la tuneladora. Este pozo será el de explotación de la tuneladora, por lo que la ejecución de la estación se verá condicionada por la excavación del túnel.

Los criterios iniciales de diseño y las necesidades de explotación de la nueva línea establecían para esta estación terminal intercambiadora una configuración de andén central y andenes laterales, bretelles por delante y detrás y una zona de estacionamiento de 4 vías paralelas. Para evitar que la zona de estacionamiento se sitúe bajo la M-30, el emplazamiento de la estación de Conde de Casal se desplaza excesivamente en sentido Atocha. Para evitar esto, se opta por un esquema con las vías de estacionamiento ubicadas en la zona de estación, entre ambas bretelles. Esto conlleva que la estación sea exclusivamente de andén central.

3.10.6.2. Diseño de la estación

El vestíbulo de la nueva estación de la L11 se encaja en el cruce de la Avda. Mediterráneo con la C/del Doctor Esquerdo, al norte de la Plaza Conde de Casal, entre la actual estación de la L6, con la que conecta por su extremo sur, y el paso inferior viario de Conde de Casal.

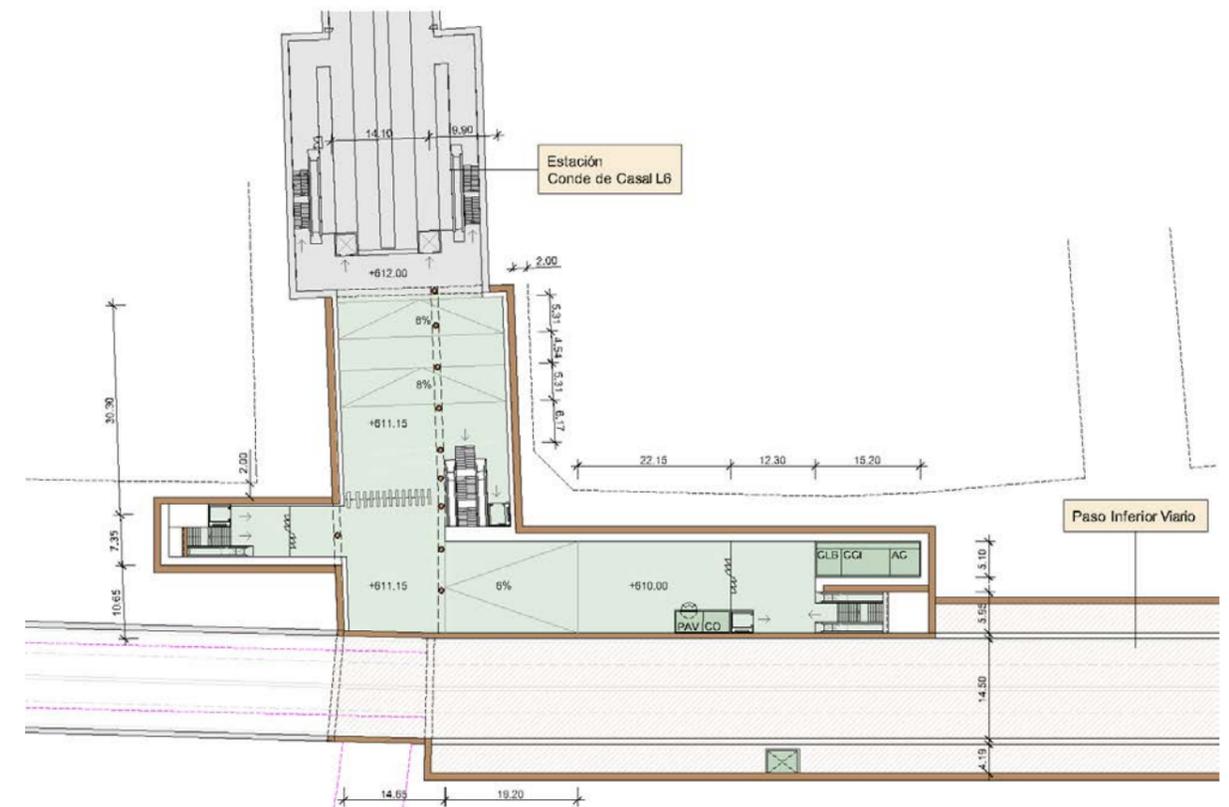


Figura nº 53. Vestíbulo de la Estación de Conde de Casal L11

Se accede al nuevo vestíbulo desde dos accesos:

- un nuevo acceso, propuesto en una isleta central en la Avda. Mediterráneo contemplada en el proyecto del nuevo intercambiador de Conde de Casal,
- y otro acceso enfrentado a éste, en la Plaza Conde de Casal semiesquina con C/ Doctor Esquerdo, sustituyendo al actual.

Este vestíbulo se proyecta a diferentes cotas, para resolver así diferentes casuísticas:

- desde el nuevo acceso de la zona del nuevo intercambiador de autobuses se accede a la cota +610.00, buscando dotar al nuevo vestíbulo de una altura libre apropiada a una estación nueva
- desde el acceso de la Pza. Conde de Casal se accede a una cota superior a la anterior, la cota +611.15, pues bajo esta franja de vestíbulo discurre el túnel de la L6, muy superficial. Dicha cota no puede ser inferior, pues es la que resulta de rebajar la bóveda del túnel en esta zona respetando el gálibo mínimo para el paso de trenes.

Ambos niveles se conectan mediante una rampa al 6%.

La barrera tarifaria se diseña en perpendicular a los accesos, a la cota +611.15. Una vez superada, el viajero puede dirigirse bien hacia L6, conectando con el actual paso sobre vías a la cota +611.40, o bien hacia L11, girando a la derecha tras superar la barrera tarifaria. A partir de aquí, mediante escalera fija, dos escaleras mecánicas (subida y bajada) y un ascensor para PMR's, se accede al nivel preandén (+601.34).

La comunicación del nivel preandén con el andén (+592.50) se realiza en punta, mediante escalera fija y dos escaleras mecánicas. La posición del ascensor PMR's se retrasa para permitir el acceso a los extremos de andén, donde se ubican, además de las dependencias comunes al resto de estaciones, la sala de conductores, por tratarse de una estación terminal.

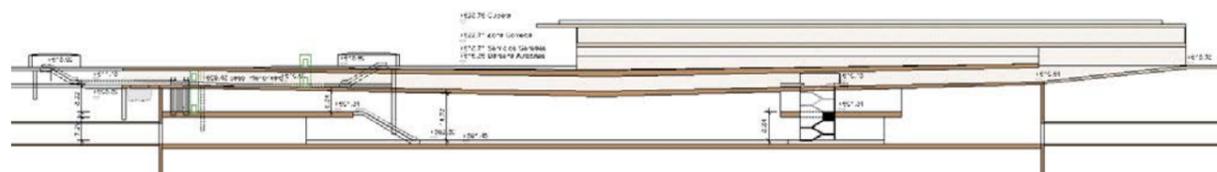


Figura nº 54. Sección longitudinal de Conde de Casal, L11.

En el extremo de andén opuesto al de acceso al mismo, se ubica la salida de emergencia.

Esta estación albergará una subestación de tracción, cuya ubicación se propone en este nivel preandén, con acceso desde vías y ventilación directa desde calle.

3.10.7. Materiales

En el *Anejo nº13: Diseño de estaciones*, se relaciona la propuesta de acabados considerados en el presente Estudio Informativo. Durante la redacción del proyecto constructivo se consensuará con Metro de Madrid la definición de los materiales de acabado para las nuevas estaciones.

3.11. ESTRUCTURAS

3.11.1. Consideraciones generales

Las estructuras analizadas en el presente proyecto para realizar un primer encaje geométrico y diseño previo son las siguientes:

- Estación de Madrid Río. Aparece en las alternativas 1 y 2 con distintas soluciones.
- Estación de Palos de la Frontera. Aparece en las alternativas 1 y 2 con distintas soluciones.
- Estación de Atocha. Aparece en las tres alternativas, pero con distintas soluciones para cada una.
- Estación Conde de Casal. La solución es la misma para las tres alternativas.
- Estación Embajadores. Únicamente aparece en la alternativa 3.
- Pozos de ventilación.
- Pozos de bombeo.
- Salidas de emergencia.
- Pozos de ataque, extracción y mantenimiento de la tuneladora.

Normativa

- “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)”.
- “Instrucción de Acero Estructural (EAE)”.
- “Código Técnico de la Edificación (CTE)”.
- “Norma de Construcción Sismorresistente; parte general y edificación (NCSE-02)”.
- “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de ferrocarril (IAPF-07)”.

- “Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)”.
- “Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos para carreteras (RPM-95)”
- “Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras (RPX-95)”
- “Norma de Construcción Sismorresistente: Puentes (NCSP:07)”.
- “Guía de cimentaciones en obras de carretera”.
- “Obras de paso de nueva construcción”.

Con relación a las cargas:

Acciones a considerar

- Peso propio: volumen de hormigón con un peso específico de $2,5 \text{ t/m}^3$, volumen de acero con un peso específico de $7,85 \text{ t/m}^3$.
- Cargas muertas: peso de tierras y capas de firme sobre dintel de marco. Se considera un volumen de tierras con un peso específico de $2,0 \text{ t/m}^3$ y capas de firme con un peso específico de $2,4 \text{ t/m}^3$.
- Sobrecargas:
 - Uniforme: sobrecarga uniforme de 400 kg/m^2 según IAP
 - Tren de cargas de la I.A.P.: Tren de cargas con tres ejes y un peso total de 60 toneladas definido en la I.A.P
 - Camión sobre dintel de marco en fase de construcción: con dos ejes y peso total de 30 ton.
 - Uniforme de valor 2.000 kg/m^2 definida en la Ordenanza Municipal contra Incendios del Ayuntamiento de Madrid.
- Empujes del terreno.
 - Empuje al reposo sobre los hastiales del marco considerando que actúa sobre el relleno una sobrecarga de 2.000 kg/m^2 (O.M.C.I. Ayto. Madrid).
 - Empuje activo sobre los hastiales del marco considerando que actúa sobre el relleno una sobrecarga de 2.000 kg/m^2 (O.M.C.I. Ayto. Madrid).

Hipótesis de carga

Para obtener la envolvente de esfuerzos (momentos flectores, cortantes y axiles) en los elementos de la obra (dintel, hastiales y solera) se realizan combinaciones de empuje en reposo y activo con las distintas posiciones del carro de la I.A.P. También se han considerado en la obtención de la envolvente dos hipótesis constructivas en las que se combina el peso del camión de 30 toneladas

con el empuje al reposo y con el empuje activo y las combinaciones de carga dispuestas en la EHE-08.

3.11.2. Estaciones

La prolongación de la línea 11 contempla en su recorrido un número de estaciones que varía entre 3 y 4 según la alternativa. Todas estas estaciones son de nueva ejecución, si bien en algunos casos, al tratarse de estaciones de intercambio con estaciones existentes de otras líneas de Metro, se contempla la ampliación, remodelación y adaptación de dichas estaciones existentes, para poder garantizar tanto el servicio a la línea 11 como permitir su intercambio con dichas líneas existentes.

La alternativa 1 contempla las estaciones de Madrid Río (sin intercambio), Palos de la Frontera (intercambio con la existente estación de línea 3), Atocha-Renfe (intercambio con la existente estación de línea 1 de Metro y con conexión a Renfe), y Conde de Casal (intercambio con la existente estación de línea 6).

La alternativa 2 prevé las mismas estaciones que la alternativa 1, pero con geometrías distintas y mayor profundidad, a excepción de la estación de Conde de Casal, que se mantiene igual en las tres alternativas.

La alternativa 3 contempla las estaciones de Embajadores (intercambio con las estaciones de Metro de línea 5 Acacias y línea 3 Embajadores), Atocha-Renfe (intercambio con la estación existente de línea 1 de Metro y con conexión a Renfe), que en esta alternativa presenta variaciones geométricas respecto a las alternativas anteriores y una profundidad algo superior a la alternativa 1, y por último Conde de Casal, idéntica a las demás alternativas.

El procedimiento constructivo del túnel prevé la ejecución del mismo mediante excavación con tuneladora, excepto en los recintos de estaciones, donde se procederá al empuje de la misma sobre la losa de fondo. Es por tanto necesario que los recintos de estaciones estén ejecutados antes de la llegada de la tuneladora.

Según la proximidad al pozo de ataque de la tuneladora, se diferencian dos grupos de estaciones, tanto en la alternativa 1 como en la 3, que presentan distintos procedimientos constructivos.

Las estaciones de Madrid Río y Palos de la Frontera, de la alternativa 1, así como la estación de Embajadores, de la alternativa 3, se ejecutarán siguiendo criterios de trabajos subterráneos, encuadrados dentro de la metodología de trabajo Cut & Cover. Este proceso consiste en la ejecución del recinto apantallado, y posterior cubrición en superficie, ejecutando la cubierta sobre el

terreno, con el objetivo de liberar la zona urbana lo antes posible. El vaciado de las tierras se realizará cuando sea posible mediante rampas de acceso de camiones, y en su defecto mediante huecos específicos que se dejarán en las pantallas y la cubierta. A continuación, el resto de forjados se construirán con el mismo método, apoyados en las pantallas y, en algunos casos, en pilares, formando un sistema monolítico hiperestático. De este modo, los forjados funcionarán como puntales, garantizando la estabilidad de las pantallas, y solamente se colocarán puntales adicionales en las zonas donde no haya forjados o donde la separación entre ellos lo requiera por cálculo.

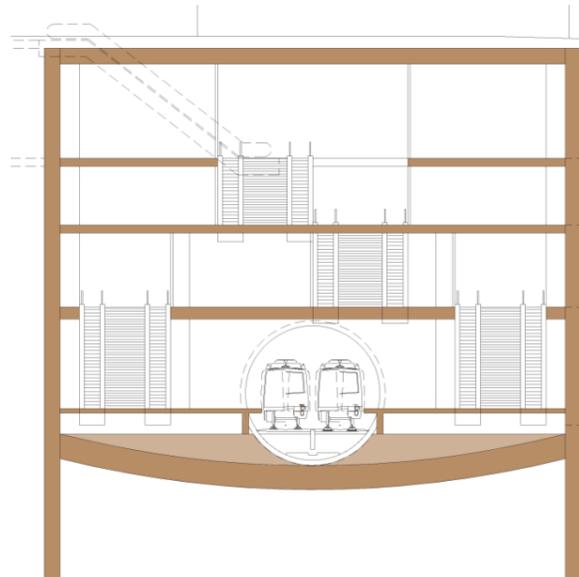


Figura nº 55. Esquema estación ejecutada entre pantallas con apuntalamiento mediante forjados

La estación de Atocha en las alternativas 1 y 3, y la estación de Conde de Casal, idéntica en todas las alternativas, se ejecutarán a cielo abierto. El vaciado entre pantallas se realizará mediante rampas de acceso de camiones, y en su defecto mediante huecos específicos que se dejarán en las pantallas y la cubierta. Durante la excavación se colocarán aquellos puntales necesarios para garantizar la estabilidad de las pantallas. Posteriormente, se ejecutarán los forjados mediante encofrados y cimbrados, dichos forjados se apoyarán en las pantallas y, en determinados casos, en pilares, formando un sistema monolítico hiperestático.

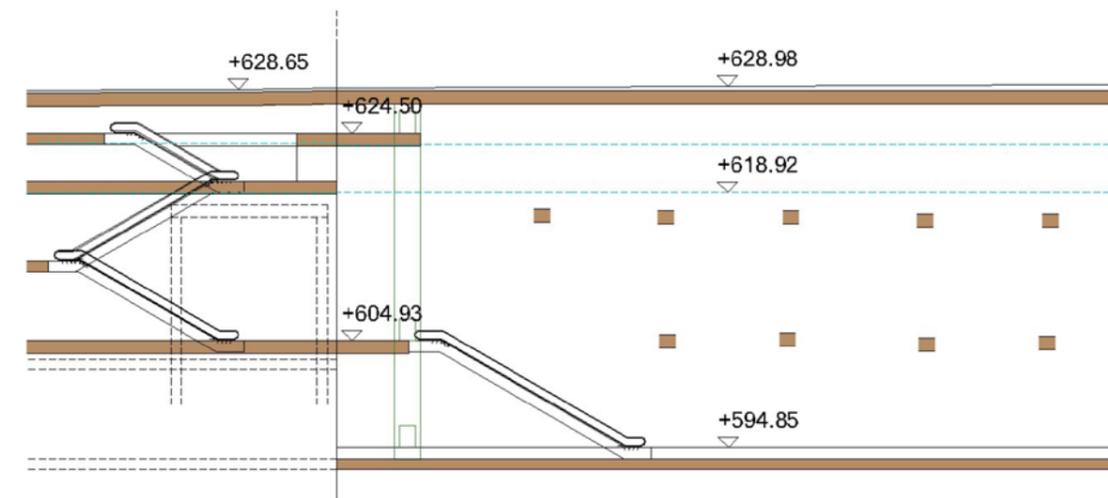


Figura nº 56. Esquema estación ejecutada con puntales

En todos los casos anteriormente descritos, una vez realizado todo el vaciado, se construirá la losa de fondo, como se explica más adelante, y finalmente se ejecutarán los andenes.

En las estaciones de Madrid Río, Palos de la Frontera y Atocha de la alternativa 2 las profundidades son bastante mayores. Por este motivo, las naves de estación se excavan en caverna, mediante Método Alemán, evitando así afectaciones de gran calado, tanto en superficie como a infraestructuras críticas existentes, como el viario soterrado de Santa María de la Cabeza o la estación de L1 en Atocha. Las zonas más superficiales de la estación, principalmente vestíbulos, se construyen con procedimientos similares a los empleados en las otras dos alternativas. Sin embargo, la conexión entre los vestíbulos superiores y las zonas de andenes se realizará mediante pozos verticales de grandes dimensiones. En la estación de Madrid Río este pozo será circular y se construirá mediante anillos por bataches, mientras que en Palos de la Frontera y Atocha serán pozos rectangulares ejecutados mediante pantallas hidrofresa.

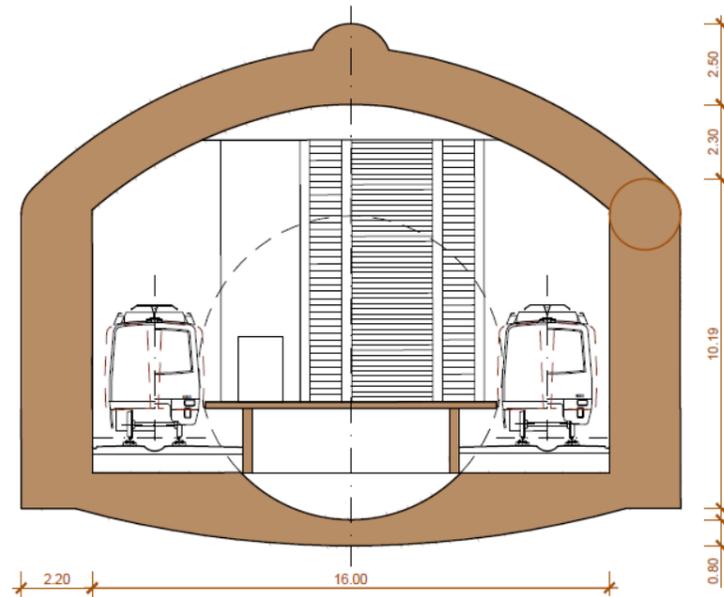


Figura nº 57. Esquema estación nivel andén en alternativa 2.

En las estaciones, para permitir la traslación de la tuneladora sin excavación, se requiere una estructura de empuje, así como adaptar la losa de fondo o contrabóveda para recoger la tuneladora al llegar. Esta contrabóveda será de hormigón armado y se ejecutará contra el terreno.

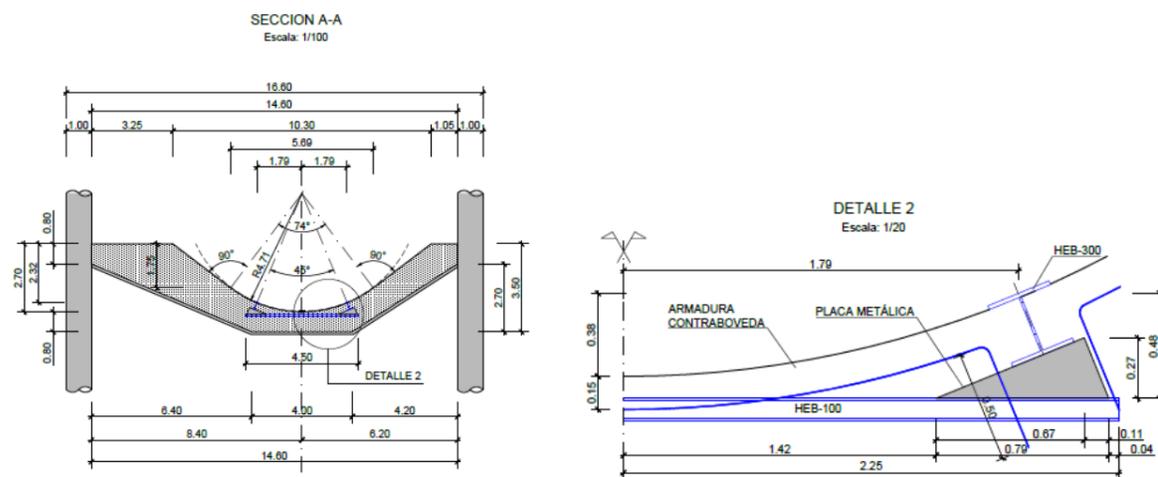


Figura nº 58. Contrabóveda y estructura de asiento de tuneladora.

Todas aquellas pantallas que deben ser atravesadas por la tuneladora estarán armadas mediante fibras de vidrio, para permitir el corte de las mismas.

En algunas zonas en las que el túnel de línea 11 cruza otras líneas existentes, generalmente en ámbito de estación, se protegerán los túneles existentes mediante pantallas laterales y recalces. En la estación de Conde de Casal se afectará parte de la bóveda actual del túnel para realizar un rebaje de la cota de vestíbulo. En Palos de la Frontera y en Atocha-Renfe se protegerán los respectivos túneles existentes de L3 y L1 aunque no se producirán modificaciones sobre éstos. Finalmente, en Embajadores, la construcción de la nueva estación contempla la demolición y posterior reposición de un túnel ferroviario de conexión entre las líneas 3 y 5 de Metro.

Tanto en la estación de Conde de Casal, común en todas las alternativas, como en la estación de Palos de la Frontera de la alternativa 2, se prevé la demolición durante la ejecución de las obras de túneles viarios existentes, por lo que deberá llevarse a cabo la reposición de éstos.

3.11.3. Pozos

3.11.3.1. Pozos de ventilación

Se ha ubicado un pozo de ventilación por cada interestación. Su configuración consiste en un pozo vertical que conecta la superficie con el nivel de vías. A ese nivel, una galería horizontal comunica el pozo con el túnel. El pozo vertical, tiene unas dimensiones interiores de 8 x 5 metros libres entre paramentos interiores, lo cual permite ubicar, si procede, la rejilla de superficie en su vertical. La galería de conexión pozo-túnel tendrá una longitud mínima de 16 m y una anchura mínima de 7.5 m, con espacio suficiente para ubicar los equipos.

Algunos de los pozos de ventilación se ubican de forma estratégica para su combinación con pozos de bombeo del túnel y/o con pozos de mantenimiento de la tuneladora durante la construcción, con el objeto de optimizar el número de infraestructuras y por tanto el coste y las afecciones.

Los pozos verticales se ejecutarán mediante pantallas de hormigón, y en los casos donde la profundidad es mayor de 35-36m con anillos sucesivos.

La situación de los pozos en cada alternativa es la siguiente:

POZOS DE VENTILACION									
Alt.	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
POZO	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.
PV-1	0+703	31	PANTALLAS	0+683	41	ANILLOS	1+069	30	PANTALLAS
PV-2	2+597	25	PANTALLAS	2+359	50	ANILLOS	3+039	47	ANILLOS
PV-3	3+634	42	ANILLOS	3+347	56	ANILLOS	4+714	38	PANTALLAS
PV-4	5+002	36	PANTALLAS	4+665	36	PANTALLAS	6+074	40	ANILLOS
PV-5	6+350	40	ANILLOS	6+013	40	ANILLOS	1+069	30	PANTALLAS

Tabla 22. Ubicación de pozos de ventilación por alternativa

3.11.3.2. Salidas de emergencia

Además de las salidas de emergencia en estaciones, se han de ubicar salidas de emergencia en aquellos tramos de túnel que superen los mil metros entre dos estaciones. El criterio fundamental de diseño es garantizar que no se superen en ningún caso los 500m de recorrido de evacuación desde cualquier punto del túnel hasta la llegada a una salida de emergencia o a un andén de estación. Se han diseñado para cumplir todas las especificaciones técnicas establecidas por la normativa de Metro de Madrid para salidas de emergencia en túnel.

Su configuración consiste en un pozo vertical que conecta la superficie con el nivel de vías. A ese nivel, una galería horizontal comunica el pozo con el túnel. El pozo vertical tiene unas dimensiones mínimas de 8 x 6 metros libres entre paramentos interiores. La galería de conexión pozo-túnel tendrá una longitud suficiente para ubicar en ella el vestíbulo de aislamiento.

Estos pozos se ejecutan mediante pantallas de hormigón y en los casos donde la profundidad es mayor de 35-36m con anillos sucesivos.

En los casos en los que la salida de emergencia se hace coincidir con un recinto de mantenimiento de la tuneladora, se ha diseñado un recinto ejecutado mediante pantalla de pilotes de 1 metro, de dimensiones interiores de 15x 15 metros (sección más reducida del hueco), para poder extraer la cabeza de la tuneladora, siendo el eje de ese hueco el del trazado.

La situación de las salidas de emergencia en cada alternativa es la siguiente:

SALIDAS DE EMERGENCIA									
Alt.	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
POZO	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.
SE-1	0+126	15	PANTALLAS	0+124	15	PANTALLAS	0+522	26	PANTALLAS
SE-2	1+124	31	PANTALLAS	1+032	39	ANILLOS	1+468	32	PANTALLAS
SE-3	2+431	23	PANTALLAS	3+144	50	ANILLOS	2+937	43	ANILLOS
SE-4	4+771	31	PANTALLAS	4+434	32	PANTALLAS	4+483	31	PANTALLAS
SE-5	6+350	40	ANILLOS	6+013	40	ANILLOS	6+074	40	ANILLOS

Tabla 23. Ubicación de salidas de emergencia en túnel por alternativa

3.11.3.3. Pozos de bombeo

A efectos de garantizar la correcta evacuación del agua en el túnel, ya sea procedente de la escorrentía a través de pozos o por infiltración, se requieren pozos de bombeo que recojan el agua por gravedad. Para el diseño de los mismos se han seguido las directrices de la "Instrucción Técnica Instalación Pozos de Bombas pluviales en estación tipo Metro de Madrid".

Dichos pozos se ejecutan mediante pantallas de hormigón, y en los casos donde la profundidad es mayor de 35-36m con anillos sucesivos.

La situación de los pozos en cada alternativa es la siguiente:

POZOS DE BOMBEO									
Alt.	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
POZO	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.
PB-1	1+313	35	PANTALLAS	1+800	56	ANILLOS	1+277	41	ANILLOS

POZOS DE BOMBEO									
Alt.	Alternativa 1			Alternativa 2			Alternativa 3		
POZO	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.	P.K.	Prof. sin empot. (m)	Procedim. Construct.
PB-2	2+597	PV2(25)	PANTALLAS	2+359	PV2(50)	ANILLOS	3+039	PV2(47)	ANILLOS
PB-3	3+634	PV3(42)	ANILLOS	3+347	PV3(56)	ANILLOS	5+214	35	PANTALLAS
PB-4	5+490	35	PANTALLAS	5+150	35	PANTALLAS	6+074	40	ANILLOS
PB-5	6+350	40	ANILLOS	6+013	40	ANILLOS			

Tabla 24. Ubicación de pozos de bombeo por alternativa

3.11.3.4. Pozos de ataque, extracción y mantenimiento

El empleo de una tuneladora E.P.B. requiere la construcción de un pozo de introducción o ataque y un pozo de extracción, así como las instalaciones auxiliares necesarias (acopios de dovelas, equipos para fabricación de mortero, talleres, etc.).

Examinando la disponibilidad de espacio a lo largo del trazado y teniendo en cuenta el tiempo de ocupación necesario para la ejecución del túnel, se ha situado el pozo de ataque en el interior de la caja de estación de Conde Casal para todas las alternativas, dejando una ventana de 40x15 metros en la losa de cubierta durante la fase de ensamblaje de la tuneladora.

Una vez perforado el túnel con la tuneladora se necesita un pozo de extracción por donde se realice el proceso de desmontaje de la cabeza de la máquina. Este pozo se ha ubicado en un recinto entre pantallas cercano a la estación de Plaza Elíptica que en el caso de las alternativas 1 y 2 se ubica coincidente con una salida de emergencia mientras que en la alternativa 3 se realiza un pozo auxiliar que se cerrará con posterioridad. Se ha considerado un recinto ejecutado mediante pantalla de pilotes de 1 metro, de dimensiones interiores de 15x 15 metros (sección más reducida del hueco), para poder extraer la cabeza de la tuneladora, siendo el eje de ese hueco el del trazado.

Debido a la utilización de tuneladora para la construcción del túnel se requiere que cada aproximadamente 1.5-2 Km de excavación de túnel se revise y realice mantenimiento de la misma. En general el mantenimiento se realizará en las estaciones, que estarán ejecutadas con anterioridad al paso de la tuneladora.

No obstante, existen algunos tramos en particular donde debido a la distancia entre estaciones se requiere la localización de pozos de mantenimiento intermedios, los cuales se han hecho coincidir con la ubicación de pozos de ventilación o salidas de emergencia.

En los pozos de ataque, extracción y mantenimiento, así como en cada una de las estaciones donde se realiza traslación de la tuneladora sin excavación, se requiere una estructura de empuje, así como adaptar la contrabóveda para recoger la tuneladora al llegar.

Los pozos de mantenimiento y extracción de tuneladora se realizarán mediante pilotes secantes dejando sin armar las zonas de pilotes que deban ser atravesadas por la tuneladora.

3.12. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Se ha estimado de forma preliminar el volumen de excedente de excavación a vertederos mediante unos cálculos sencillos de la superficie y profundidad de las estaciones y pozos y la longitud y sección de túnel para cada una de las alternativas.

Alternativa	Volumen de tierra a vertedero (m ³)
Alternativa 1	1.102.912,80
Alternativa 2	890.461,43
Alternativa 3	1.017.244,02

Tabla 25. Volúmenes de tierras por alternativa

En base a los datos estimados la alternativa 2 es la que genera un menor volumen de excedentes de excavación puesto que presenta una menor longitud. Por su parte la alternativa 1 y 3 presentan un volumen similar, si bien esta última alternativa se configura con una estación menos.

Los residuos de las excavaciones y los excedentes procedentes de los movimientos de tierras, se consideran Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y deben ser tratados correctamente. El Plan de Gestión para los Residuos de la Comunidad Autónoma de Madrid recoge la existencia de lugares adecuados de depósito de estos residuos (RCD).

La siguiente tabla recoge la relación de explotaciones que tienen aprobado el vertido de tierras excedentes de excavación no contaminadas por la Comunidad de Madrid a fecha de enero de 2019:

Nº REG	NOMBRE	TITULAR	TÉRMINO MUNICIPAL	COORDENADAS DE REFERENCIA (ED50)
A009	LA DEHESILLA	GRAVERAS PERALES, S.L.	ALDEA DEL FRESNO	X: 396347 Y: 4461213
A010	ROMÁN	SODIRA IBERIA, S.L.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	X: 454190 Y: 4458025
A057	LAS MANTECAS	CAMPING LAGOS COTO CISNEROS, S.A.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	X: 456893 Y: 4460829
A059	EL HOYÓN	CANTERA EL HOYÓN, S.A.	ARGANDA DEL REY	X: 465832 Y: 4457846
A060	LA ESPERILLA	SODIRA IBERIA, S.A.	ARGANDA DEL REY	X: 457246 Y: 4460812
A100	SALMEDINA	D. CLAUDIO KIRKPATRICK HERNÁNDEZ-ROS	RIVAS-VACIAMADRID	X: 451734 Y: 4461514
A111	SOTO PAJARES	CEMEX ESPAÑA OPERACIONES, S.L.U.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	X: 454716 Y: 4459170
A184	ARIDOS ROMAN 2ª FASE	SODIRA IBERIA, S.L.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	X: 455233 Y: 4457839
A190	NAVAZALES	DAVID FERNÁNDEZ GRANDE MADRID, S.L.	BUSTARVIEJO	X: 442893 Y: 4521976
A192	DEHESA DOS	CONSTRUCTORA ROSAFÉ, S.L.	CHAPINERIA	X: 395894 Y: 4471855
A246	OLIVIA	SODIRA IBERIA, S.L.	VALDILECHA	X: 475111 Y: 4463405
A262	EL MONTE	SODIRA IBERIA, S.L.	VALDILECHA	X: 476118 Y: 4462685
A276	LA INSUPERABLE	HANSON HISPANIA, S.A.	VALDILECHA	X: 474635 Y: 4462975
A315	EL SOTILLO	EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.	CIEMPOZUELOS	X: 450192 Y: 4443179
A330	ÁRIDOS NAVARRO, AMPLIACIÓN III	NAVARRO HERMANOS C.B.	NAVALCARNERO	X: 419339 Y: 4453509
A332	EL BOMBO Y LA ALAMEDA	EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.	CIEMPOZUELOS	X: 450861 Y: 4444168
A334	AMPLIACIÓN A ARICUSA	ARIDENCA, S.L.	CIEMPOZUELOS	X: 452358 Y: 4448772
A405	SANTA JULIANA	ÁRIDOS TECNOLÓGICOS ARGANDA VALMA INVERSIONES, S.A.	ARGANDA DEL REY	X: 457253 Y: 4459834
A417	RINCÓN DEL COLLADO	EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.	CIEMPOZUELOS	X: 451442 Y: 4445589
A461	IV AMPLIACIÓN A VALDOCARROS	TRANSPORTES DE AGLOMERADOS Y MATERIALES, S.A.	ARGANDA DEL REY	X: 460829 Y: 4464448
2756-003	MORATA II-FRACCIÓN 2ª	CALIZAS CAMPO REAL, S.A.	ARGANDA DEL REY Y CAMPO REAL	X: 467618 Y: 4459577
2807-001	PRERESA GETAFE	HOLCIM (ESPAÑA), S.A.	GETAFE	X: 450448 Y: 4462048
2809-001	MORATA VALDERRIVAS	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	MORATA DE TAJUÑA	X: 460564 Y: 4454934
2815-001	SAN JOSÉ	YESOS HERMANOS CASTAÑO, S.L.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	X: 448866 Y: 4452853
2988-011	SOLEDAD II	YESOS IBÉRICOS, S.A.	CIEMPOZUELOS	X: 445003 Y: 4443296
3080-014	CALCASA FRACCIÓN 1-4	CAL DE CASTILLA, S.A.	PERALES DE TAJUÑA Y TIELMES	X: 471831 Y: 4455930
3421-001	EL CARTERO	SODIRA IBERIA, S.L.	COLMENAR VIEJO	X: 437517 Y: 4501464

Tabla 26. Tabla de explotaciones de residuos

Se realiza un primer contacto con algunas de las explotaciones con plan de restauración aprobado para estimar si es posible cubrir con explotaciones de la Comunidad la necesidad de vertidos de tierras excedentes o si por el contrario es necesario buscar otros puntos de vertido en comunidades aledañas. En la siguiente tabla se muestran los volúmenes admisibles en algunas de las explotaciones de la tabla anterior. A día de hoy con las explotaciones que se ha contactado tendríamos un volumen admisible de tierras en vertederos tres veces mayor que el volumen que se va a generar. Por tanto, la comunidad de Madrid tiene aprobadas suficientes explotaciones para cubrir la demanda de volúmenes que esta obra provocara.

Nº REG	NOMBRE	TITULAR	TÉRMINO MUNICIPAL	CAPACIDAD m ³	COMENTARIOS
A010	ROMÁN	SODIRA IBERIA, S.L.	SAN MARTÍN DE LA VEGA	100.000	
A184	ARIDOS ROMAN 2ª FASE		SAN MARTÍN DE LA VEGA		
A060	LA ESPERILLA		ARGANDA DEL REY		
A246	OLIVIA		VALDILECHA	CERRADA	
A262	EL MONTE		VALDILECHA	CERRADA	
3421-001	EL CARTERO		COLMENAR VIEJO	300.000	
-	EL PUENTE			ARANJUEZ	900.000
A057	LAS MANTECAS	CAMPING LAGOS COTO CISNEROS, S.A.	SAN MARTÍN DE LA VEGA		
A059	EL HOYÓN	CANTERA EL HOYÓN, S.A.	ARGANDA DEL REY	ACEPTAN TIERRAS	A LA ESPERA DE CONFIRMAR CAPACIDAD
A100	SALMEDINA	D. CLAUDIO KIRKPATRICK HERNÁNDEZ-ROS	RIVAS-VACIAMADRID	30.000-50.000	VENCIMIENTO AÑO>2040
A111	SOTO PAJARES	CEMEX ESPAÑA OPERACIONES, S.L.U.	SAN MARTÍN DE LA VEGA		
A190	NAVAZALES	DAVID FERNÁNDEZ GRANDE MADRID, S.L.	BUSTARVIEJO	35.000	SOLO ADMITEN TIERRAS NO ROCA. DISPONEN DE OTRO CERCANO DE 50000 m3 APROX
A461	IV AMPLIACIÓN A VALDOCARROS	TRANSPORTES DE AGLOMERADOS Y MATERIALES, S.A.	Arganda del Rey	40.000-50.000	
2756-003	MORATA II-FRACCIÓN 2ª	CALIZOS CAMPO REAL, S.A.	Arganda del Rey y Campo Real	600.000	TIENEN DOS ZONAS DE APROX. 300000 M3 CADA UNO Y SON AMPLIABLES.
A315	EL SOTILLO	EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS, S.A.	CIEMPOZUELOS		
A332	EL BOMBO Y LA ALAMEDA				
A417	RINCÓN DEL COLLADO				
A192	DEHESA DOS	CONSTRUCTORA ROSAFÉ	CHAPINERIA	ACEPTAN TIERRAS	A LA ESPERA DE CONFIRMAR CAPACIDAD
A276	LA INSUPERABLE	HANSON HISPANIA	VALDILECHA	0	EN EXPLOTACION SOLO VENTA
A405	SANTA JULIANA	ARIDOS TÉCNOLÓGICOS ARGANDA VALMA INVERSIONES, S.A.	ARGANDA DEL REY	0	EMPRESA EN LIQUIDACIÓN
3080-014	CALCASA FRACCIÓN 1-4	CAL DE CASTILLA, S.A.	PERALES DE TAJUÑA Y TIELMES	0	NO ADMITE TIERRAS
2809-001	MORATA VALDERRIVAS	CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS, S.A.	MORATA DE TAJUÑA	1.000.000	

Tabla 27. Tabla de capacidades en explotaciones de residuos contactadas

Un aspecto a tener en consideración en un proyecto de la naturaleza del evaluado en el presente documento es la posible existencia de tierras contaminadas. Para ello se han tratado de identificar, en el ámbito de proyecto, los usos del territorio (actuales y pasados) que pueden suponer una alteración de la calidad del suelo en una magnitud tal que puedan considerarse usos contaminantes del suelo. Así se han identificado una serie de usos potencialmente generadores de tierras contaminadas (gasolineras y estaciones de servicio). Para cada una de ellas se ha estimado un potencial contaminador (teniendo en cuenta el nivel freático de dichas zonas) de 25 m entorno a ellas y hasta 6 metros de profundidad. No obstante, durante la ejecución de los sondeos geotécnicos del proyecto en estas zonas potencialmente contaminadas se han tomado algunas muestras de cara a determinar la existencia de elementos contaminantes, a fin de que se sean tenidos en cuenta en la redacción del proyecto de construcción. Al menos una de las muestras tomadas no cumple los valores umbrales incluidos en el Real Decreto 9/2005 para las sustancias C10C40.

Se ha estimado un volumen de tierra potencialmente contaminada obtenida para cada alternativa. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Alternativa	Superficie de tierra potencialmente contaminada (m ²)	Volumen estimado de tierra potencialmente contaminada (m ³)
Alternativa 1	6.812,66	40.875,98
Alternativa 2	8.284,65	49.707,88
Alternativa 3	7.863,80	47.182,83

Tabla 28. Volumen de tierra potencialmente contaminado

Estas tierras deberán ser enviadas en caso de confirmarse la contaminación a un gestor de residuos para su tratamiento y descontaminación.

3.13. DRENAJE Y AGOTAMIENTO

Tanto las salidas de emergencia como los pozos de ventilación y los pozos de bombeo son estructuras de hormigón con acceso desde el exterior. En consecuencia, pueden recibir tanto el agua de lluvia como el agua de infiltración a través de sus paredes de hormigón.

Los pozos de bombeo y las salidas de emergencia, pese a tener acceso al exterior, están aisladas mediante trampillas confinadas, con mecanismo hidráulico de apertura, que solo se abren en caso de emergencia o para dar acceso a personal cualificado. Además, presentan a su alrededor canaletas de drenaje que recogen las aguas de lluvia que pudieran llegar a dicho punto. Por ello, en el presente estudio, a efectos de drenaje, se consideran como elementos estancos.

Sin embargo, los pozos de ventilación tienen una rejilla que permite la entrada de aire desde el exterior al túnel. En consecuencia, esta estructura tiene que estar diseñada para recoger el agua de lluvia que se infiltra por ella.

La captación de las filtraciones procedentes del terreno que se producen a lo largo del túnel, en general se deben a filtraciones que se manifiestan a través de rezumes sobre el propio paramento del túnel (dovelas o hastiales) en función del método de ejecución empleado.

Los caudales de infiltración se han estimado atendiendo a criterios relativos a las características geotécnicas y del nivel freático de los terrenos atravesados por la traza, así como del método constructivo utilizado. A continuación, se enumeran los caudales de infiltración considerados.

- Pozos de bombeo, salidas de emergencia y ventilación será de 1 l/(km·s).
- Tramo ejecutado con tuneladora: 1 l/(km·s).
- Tramo ejecutado entre pantallas o con método tradicional y estaciones: 1.5 l/(km·s).

Estos caudales de infiltración, para las características geométricas y geológicas del túnel analizado, son acordes con los obtenidos mediante la Fórmula de Goodman (1995). La siguiente tabla justifica esta afirmación, presentando los caudales de infiltración, asociados a la máxima carga de agua y las distintas alternativas, estimados a partir de esta metodología.

ALTERNATIVA	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3
k (m/s)	1.00E-08	1.00E-08	1.00E-08
Carga de Agua (m)	34.8	50.8	42.2
Radio de Excavación (m)	4.7	4.7	4.7
Caudal de Infiltración (Goodman, 1995) (l/km·s)	0.8	1.0	0.9

Tabla 29. Caudal de Infiltración según Goodman (1995) para las distintas alternativas

En el anejo núm. 4 se puede consultar en detalle el dimensionamiento del caudal de infiltración asociado a los pozos de las distintas alternativas, y los caudales de infiltración asociados a cada tramo de túnel, con sus puntos de evacuación. Del cálculo realizado, los caudales resultantes a evacuar por los distintos pozos de bombeo, dispuestos a lo largo de la traza del túnel, son, para cada una de las alternativas, los siguientes:

ALTERNATIVA 1				
Punto de Evacuación	Caudal de Infiltración Total (l/s)		Caudal de lluvia (l/s)	Caudal a bombear (l/s)
	Túnel	Pozos		
PB-1 (1+313)	3.10	0.21	8.00	11.31
PB-2 (2+597)	1.09	0.04	8.00	9.14
PB-3 (3+634)	1.31	0.08	8.00	9.39
PB-4 (5+490)	1.05	0.08	8.00	9.13
PB-5 (6+350)	0.71	0.04	8.00	8.76

Tabla 30. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 1

ALTERNATIVA 2				
Punto de Evacuación	Caudal de Infiltración Total (l/s)		Caudal de lluvia (l/s)	Caudal a bombear (l/s)
	Túnel	Pozos		
PB-1 (1+800)	2.87	0.22	8.00	11.09
PB-2 (2+359)	1.05	0.11	8.00	9.16
PB-3 (3+347)	1.26	0.11	8.00	9.37
PB-4 (5+150)	1.05	0.11	8.00	9.16
PB-5 (6+013)	0.71	0.06	8.00	8.77

Tabla 31. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 2

ALTERNATIVA 3				
Punto de Evacuación	Caudal de Infiltración Total (l/s)		Caudal de lluvia (l/s)	Caudal a bombear (l/s)
	Túnel	Pozos		
PB-1 (1+277)	3.55	0.24	8.00	11.79
PB-2 (3+039)	1.71	0.09	8.00	9.81
PB-3 (5+214)	0.96	0.09	8.00	9.06
PB-4 (6+074)	0.19	0.05	8.00	8.24

Tabla 32. Caudales de Bombeo asociados a la Alternativa 3

En cualquier caso, a efectos de minimizar, si no eliminar completamente, los caudales infiltrados a la infraestructura, se primará en los procesos constructivos el lograr una sección completamente estanca, lo que en concreto supondrá:

- Tratamiento de todas las juntas constructivas en los sectores ejecutados con método Belga.
- En sectores entre pantallas se resolverán las estructuras mediante soluciones de pilotes secantes o pantallas continuas con junta moldeada en aquellas zonas de clara presencia de agua.
- Control estricto de rellenos de trasdós de los anillos de dovelas en los sectores ejecutados con tuneladora. Adicionalmente, como medida redundante a la disposición de las bandas elastoméricas de estanqueidad (EPDM) en juntas de dovelas, se dotará a las mismas de un cordón hidrofílico expansivo ante la circulación de aguas freáticas.



Figura nº 59. Detalle Cordón Hidrofílico Expansivo

- En el caso de pozos ejecutados mediante anillos sucesivos se dispondrá entre juntas un cordón sellante hidroexpansivo.

3.14. SUPERESTRUCTURA DE VIA

La superestructura de vía ha sido proyectada conforme a las especificaciones de Metro de Madrid.

En todo el tramo objeto de estudio se ha proyectado doble vía en placa con ancho 1.445mm y un entreeje de 3.385 mm, salvo en las estaciones con andén central donde el entreeje es variable.

3.14.1. Vía en placa

Para las tres alternativas se ha proyectado sistema de vía en placa con fijación directa adherizada, tipo DFF-ADH o similar.

Este sistema de vía en placa está formado por tres elementos diferenciados:

- Prelosa de hormigón en masa
- Losa de vía de hormigón en el que irán ancladas las placas
- Placas DFF-ADH o similar

El sistema de fijación directa adherizada se caracteriza por ser un sistema de fijación de una sola pieza (sistema vulcanizado), consistente en un marco metálico que hará la función de placa base unida a otra placa superior mediante caucho natural vulcanizado.

La parte inferior del caucho está especialmente diseñada para permitir el movimiento de la placa superior que contiene el carril. El marco exterior sujeta totalmente el conjunto de la fijación.

El sistema de fijación directa adherizada estará compuesta por dos placas de fundición nodular de grado EN-GJS-400-15 según norma UNE EN 1563.

El sistema de fijación del carril será del tipo indirecto, siendo la placa inferior será la que se fijará a la infraestructura (losa de hormigón). El sistema de fijación del carril irá equipado con clips.

El sistema de anclaje estará compuesto por dos tirafondos que quedarán embebidos en la losa de hormigón. El sistema de anclaje deberá ser aislante eléctricamente.

Las especificaciones técnicas de todos los elementos que conforman la superestructura de vía serán desarrolladas en el Proyecto de Construcción.

En el fondo de saco de la Estación de Plaza Elíptica se sustituirá la actual superestructura de vía (vía sobre balasto con traviesas de madera) por vía en placa con fijación directa como en el resto del tramo objeto de estudio.

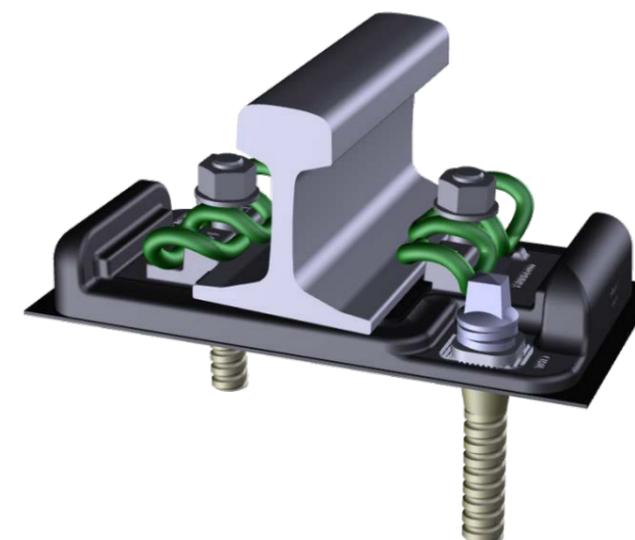


Figura nº 60. Ejemplo de sistema de fijación directa

3.14.2. Drenaje longitudinal

Los flujos de agua procedentes del terreno que se infiltran a lo largo del túnel llegan hasta la parte baja de ambos hastiales o laterales del túnel y en dicha zona se realiza la captación de los mismos mediante una canaleta longitudinal formada por un rebaje en el hormigón con sección de “media caña” o sección semicircular de diámetro 150 mm.

Estos caudales son conducidos a lo largo del túnel en tramos cortos, ya que cada 10 metros se dispone una canaleta transversal de 100 mm que comunica estas conducciones laterales con una canaleta principal de recogida que se sitúa en la parte central de la sección del túnel.

La canaleta central, de sección rectangular tiene unas dimensiones de 230 mm de anchura y una profundidad que suele ser variable, pudiendo alcanzar una media de 1.0 metros de profundidad.

Es registrable a lo largo de toda su longitud ya que va cubierta por una rejilla metálica fabricada en “tramex” que se apoya sobre perfilera metálica lateral de 250 mm de anchura y longitudes de 1.0 metros, pudiendo levantarse de manera independiente cada una de ellas para registro y limpieza de la canaleta central.

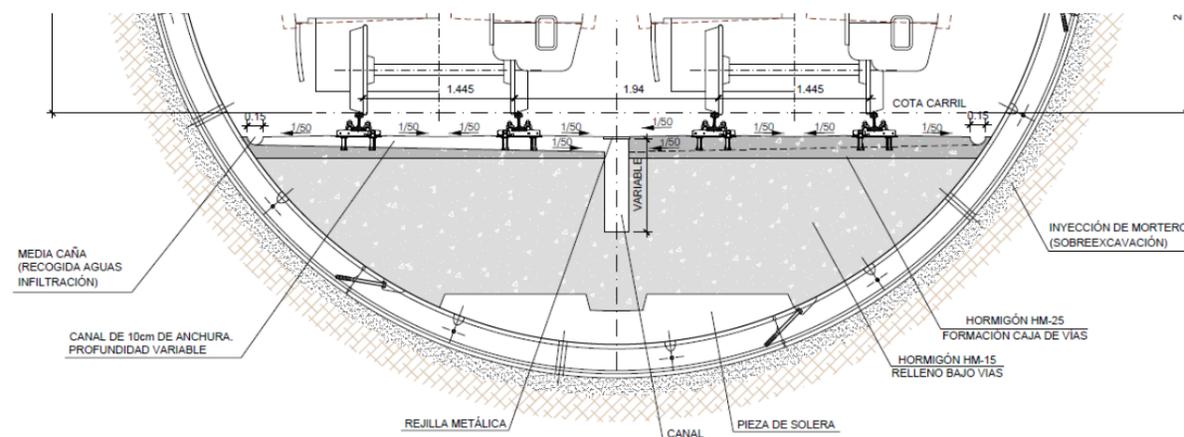


Figura nº 61. Detalle del Drenaje en Túnel de Metro

Esta canaleta discurre longitudinalmente por el túnel hasta alcanzar los puntos bajos del trazado, en los que se ubica una arqueta central, desde la que se efectúa la comunicación con la balsa o depósito de decantación que se sitúa en las galerías de los pozos de bombeo.

En estos puntos se realiza el vertido de los caudales de infiltración del túnel a las cámaras de recogida y decantación desde las cuales serán bombeadas a la red de alcantarillado municipal.

El drenaje de los pozos de ventilación interestación se realiza mediante un canal de desagüe que con inclinación se une a las canaletas perimetrales que van en longitudinal y por tanto se introduce este drenaje junto con el del túnel hasta el pozo de bombeo. Se debe prever la instalación de columna seca para lo cual se requiere en el exterior una arqueta de 60x60x70 cm para uso de bomberos y dotar al pozo de acceso para ellos.

En las estaciones, las aguas que se filtran se recogen a través de una canaleta perimetral que se ejecuta en los diferentes forjados, en la zona de conexión de cada nivel con las pantallas verticales. Se dejarán bajantes de 160 mm de diámetro por lo que habrá que prever los pasatubos correspondientes.

Estas canaletas se ubican en la denominada “cámara bufa” que es el hueco o sección existente entre el propio paramento de las pantallas estructurales y los paneles decorativos o de fábrica que constituyen el límite perimetral de la estación delimitando los pasillos o estancias en los que se realiza la circulación de los viajeros habitualmente. Estas cámaras serán accesibles para mantenimiento y limpieza.

Las canaletas de recogida perimetral van conectándose con los niveles inferiores a través de bajantes que permiten el paso mediante pasatubos habilitados en los bordes de las losas para tal fin.

Finalmente se produce la recogida de aguas en el nivel inferior de la estación y todos los caudales son recogidos en una arqueta. Desde dicha arqueta se realiza una conducción hasta el pozo de bombeo desde el cual se realizará el bombeo de los caudales a la red de saneamiento municipal.

Las aguas de limpieza de andenes o baldeos de estación se suelen verter a la plataforma de vías.

En la plataforma se produce el traslado de dichas aguas hacia la canaleta central que es una prolongación del sistema de drenaje del túnel y en consecuencia se conectan ambos sistemas pudiendo transferirse dichas aguas hasta el túnel o si la estación es un punto bajo se transferirán hacia la arqueta de recogida de la estación.

En el Documento nº2 Planos se incluye la sección tipo con la superestructura de vía proyectada. Las formas y pendientes del acabado superficial de la losa de hormigón se indican en dichas secciones tipo.

3.14.3. Material de vía

3.14.3.1. Carril 54 E1

Se ha proyectado carril tipo UIC 54 E1 cuyas características están referidas a la Norma Europea UNE EN 13674. Parte 1. Carriles Vignole de masa mayor o igual a 46 kg/m.

3.14.3.2. Aparatos de vía

Para las tres alternativas proyectadas se han previsto los siguientes aparatos de vía:

- 1 Diagonal con tangente 0,125 y longitud 45,17 m para entrevía 3.385 mm, asentada sobre vía en placa a la salida de la Estación Madrid Río para las Alternativas 1 y 2, y a la entrada de la Estación Embajadores para la Alternativa 3.
- 1 Diagonal con tangente 0,125 y longitud 45,17 m para entrevía 3.385 mm, asentada sobre vía en placa a la entrada de la Estación Atocha-Renfe para las tres alternativas.
- 2 Dobles Diagonales (Bretelles) con tangente 0,125 y longitud 45,17 m para una entrevía de 3.385 mm en ambos extremos de la Estación Conde de Casal para las tres alternativas.
- 2 Desvíos Simples con tangente 0,125 y longitud 25,39 m, asentados sobre vía en placa en la estación de Conde de Casal para acceder a las dos vías mango proyectadas en esta estación para las tres alternativas.

- 1 Diagonal con tangente 0,125 y longitud 45,17 m, para entrevía 3.385 mm, asentada sobre vía en placa a la salida de la Estación de Plaza Elíptica para las tres alternativas, como consecuencia del cambio de la superestructura de vía existente en el fondo de saco de esta estación.

Por lo tanto todas las alternativas tendrán los siguientes aparatos de vía:

- 2 Desvíos Simples
- 3 Diagonales
- 2 Dobles Diagonales

Todos los aparatos de vía se han ubicado sobre alineaciones rectas con pendiente constante. Su posición se indica en el Plano 4. Esquema de Vías del Documento N°2 Planos.

3.14.3.3.Otros elementos

Toperas

Se han proyectado toperas de hormigón al final de las dos vías mango de la Estación Conde de Casal y al final de las dos vías generales en el fondo de saco, para las tres alternativas.

Las especificaciones técnicas de estos elementos serán desarrolladas en el Proyecto de Construcción.

Manta antivibratoria

Como medida de mitigación de vibraciones, en las zonas en las que el estudio de vibraciones realizado indique la superación de los umbrales límite que marca la legislación vigente, se llevarán a cabo actuaciones sobre la superestructura de vía. En este Estudio Informativo, esas medidas se materializan mediante la colocación de una manta antivibratoria bajo la losa de hormigón, sin perjuicio de que en fases posteriores de diseño la solución de mitigación seleccionada pueda ser de otra índole.

La utilización de una manta resiliente para mitigar las posibles vibraciones producidas por el material rodante permite reducir a valores aceptables y dentro de los valores normativos las vibraciones y el ruido estructural que pudieran producir molestias en los edificios colindantes y sus ocupantes.

A falta de definir con mayor detalle las propiedades de la manta resiliente (a concretar para la alternativa seleccionada en la fase de Proyecto de Construcción), el material de la misma podría

ser de poliuretano o lana de roca, por ejemplo, y en función del material se determinará el espesor de la misma.

Para facilitar la colocación de la misma se recomienda colocar la manta sobre la capa de hormigón de limpieza (y laterales). La manta irá acompañada de geotextil en toda su superficie a modo de protección.

3.15. INSTALACIONES FERROVIARIAS

3.15.1. Subestaciones de tracción

Se han contemplado la instalación de dos nuevas subestaciones de tracción de corriente continua a 1500 V dc para poder alimentar el material rodante. La ubicación de cada una de estas subestaciones es la siguiente:

Madrid Rio / Embajadores

Conde de Casal

Se valorará la necesidad de actuar en la Subestación existente de Plaza Elíptica.

Las subestaciones de tracción estarán ubicadas en una planta intermedia por encima del andén. Se ha considerado una superficie mínima de 500 m² con dos entradas/salidas. El equipamiento a instalar irá en función de las necesidades de cada subestación. De cara al presente estudio se ha considerado la configuración de la subestación tipo de Metro de Madrid. Será necesario equipar el recinto con un sistema de renovación de aire que permita una correcta ventilación de transformadores, celdas de corriente continua y del recinto en sí.

3.15.2. Señalización

El sistema de señalización es un sistema ATP distancia objetivo. Si bien no es objeto de este proyecto la definición en detalle del subsistema de señalización se estima que será necesario reservar una sala para la instalación del enclavamiento en dos estaciones. Se propone en este estudio previo que los enclavamientos se instalen en las estaciones de Palos de la Frontera y Conde de Casal (para las alternativas 1 y 2) o en las estaciones de Embajadores y Conde de Casal (para la alternativa 3). Esta sala deberá tener unas dimensiones de unos 50 m² para la instalación de todos los equipos de señalización necesarios

3.16. INSTALACIONES NO FERROVIARIAS

3.16.1. Distribución de energía

3.16.1.1. Distribución de energía en la estación

Será necesaria la instalación de sistemas para la distribución de energía de la estación, tanto a nivel de Alta Tensión como a nivel de Baja Tensión, ofreciendo un suministro de energía eléctrica con garantías y fiabilidad.

Las actuaciones más representativas son las siguientes:

- **Centro de transformación de estación.** Instalaciones que transforman la energía eléctrica de la red de AT en 15 kV a BT a las tensiones industriales de utilización (I+N/230 y III/400 V), para la alimentación de los distintos servicios de la estación y túnel. Se encuentra dividido en dos zonas diferenciadas: la zona de Alta Tensión y la de Baja Tensión.
- **Cuadro General de Baja Tensión (CGBT).** Instalación que incorpora los circuitos de alimentación de los distintos servicios propios de la estación.
- **Telemando de los centros de transformación.** Todos los elementos instalados en los centros de transformación, en zonas de Alta y Baja Tensión, estarán motorizados, permitiendo ser telemandados a través del Puesto de Mando.
- **Circuitos de fuerza para la alimentación de máquinas** (escaleras, ascensores, ventiladores, etc.) y cuartos técnicos (comunicaciones, PCI, etc.).
- **Acometida en BT de la Estación.** Se trata de una acometida exterior proveniente de una Compañía Suministradora de Electricidad. Esta acometida actualmente alimenta directamente a 1/7 del alumbrado de la estación y se conmutará automáticamente en el CGBT para atender los sistemas que necesiten asegurar su funcionamiento. Se recogen las instalaciones de enlace incluyendo el cuadro general de protección, la línea general de alimentación, el módulo de contadores y la derivación individual y el cuadro de socorro de la estación.
- **Alumbrado de Emergencia:** Este alumbrado debe permitir la circulación de personas en caso de corte total de suministro de energía, así como la identificación y localización de las vías de salida, con un nivel luminoso superior a 1 lux y una autonomía mínima de una hora. En puntos de operación y servicios contra incendios así como cuadros de maniobra, control, seguridad y comunicaciones, el nivel luminoso mínimo será de 5 lux. La relación entre la iluminancia máxima y la mínima en todo el espacio considerado será menor de 40.

- **Las instalaciones de alumbrado y tomas de corriente de uso general,** tanto de estaciones como de túneles, cuadros secundarios.

Las instalaciones de Distribución de Energía son las encargadas de satisfacer las necesidades de alimentación eléctrica en Baja Tensión de los distintos elementos constituyentes de las instalaciones fijas integradas en las estaciones y túneles de la red metropolitana de Metro de Madrid. Para ello dichas instalaciones se segmentan en tres grandes áreas:

- Suministro y transformación de Alta Tensión a Baja Tensión.
- Distribución y recepción de suministro eléctrico en Baja Tensión a los diferentes receptores.
- Iluminación en la totalidad de la estación y el túnel.

El centro de transformación de la estación (CT) se encuentra situado a nivel de andén, la ubicación del mismo puede consultarse en el plano correspondiente. Se encuentra dividido en dos zonas diferenciadas: la zona de Alta Tensión y la de Baja Tensión. Las superficies serán de 40 m² para la zona de Alta y de 48 m² para la zona de Baja.

3.16.1.2. Instalaciones de alumbrado y fuerza

Las instalaciones de alumbrado corresponden a la iluminación de andenes, vestíbulos, accesos, cañones de paso, cuartos técnicos y pórticos; y una red de puntos de fuerza (tomas de corriente) repartidos por toda la estación.

El diseño de las instalaciones de alumbrado deberá seguir el diseño elegido en las anteriores estaciones de Metro de Madrid y en particular de las estaciones en las que ha sido implantada la tecnología de iluminación mediante LED. A su vez, la Dirección de Obra deberá validar el estudio de iluminación de cada uno de los tres alumbrados, realizado por la contrata, antes de la ejecución de su instalación.

En la actualidad se dispone en cada estación de tres clases de alumbrado totalmente independientes: alumbrado normal, alumbrado de socorro y alumbrado de emergencia. La instalación de alumbrado en estación se complementa con una instalación de fuerza.

- **Alumbrado normal:** alimentado desde el cuadro general de B.T., deberá constituir, como máximo, el 85% del alumbrado general (6/7 de las luminarias instaladas).
- **Alumbrado de socorro:** complementario al anterior y alimentado desde una segunda fuente independiente (acometida de socorro), provendrá del exterior, mediante acometida de

Compañía en B.T. Cubrirá, al menos el 15 % del alumbrado general (1/7 de las luminarias instaladas).

- **Alumbrado de emergencia:** este alumbrado tendrá por finalidad asegurar, en caso de fallo del alumbrado general (normal – socorro), permitir la evacuación del público al exterior, desde andenes, cañones, vestíbulos, etc., a través de las vías de evacuación de la estación hasta las salidas. Además del uso relativo a la evacuación deberá cubrir además, los restantes usos que se determinan en el R.E.B.T.
- **Instalación de fuerza:** Forma parte también de estas instalaciones una red de fuerza de potencia reducida, entre las que destaca la red de tomas de corriente trifásicas y monofásicas, que se distribuye convenientemente en el ámbito de la estación para ser utilizada en trabajos de mantenimiento y limpieza.

Deberá realizarse el estudio de iluminación de la estación con cada una de las clases de alumbrado para que sea aprobado por la Dirección Técnica antes de su instalación.

La iluminación del túnel tiene como finalidad permitir una evacuación segura en caso de accidente o desalojo de algún tren, así como, facilitar las operaciones de mantenimiento.

La instalación de alumbrado y fuerza en el túnel comprenden:

- Alumbrado normal: alimentado desde el CGBT.
- Alumbrado de socorro: alimentado desde una segunda fuente independiente (acometida de socorro), que provendrá del exterior alimentado por una cometida en baja tensión.
- Alumbrado de emergencia: con alimentación permanente a través de un S.A.I y estará apagado en condiciones normales.
- Alumbrado de balizamiento: con alimentación permanente a través de S.A.I y estará encendido permanentemente.
- Instalación de fuerza: se instalará línea independiente de fuerza para la conexión de herramientas de pequeña potencia o focos luminosos para trabajos diversos.

Se definen las instalaciones de alumbrado y fuerza que será necesario realizar en las salidas de emergencia, para conseguir que el alumbrado de la misma alcance unos adecuados niveles lumínicos y asegure su funcionamiento ante una emergencia, incluso en condiciones degradadas (considerando que se produjeran fallos en el sistema de alumbrado). Será una instalación independiente de la del alumbrado de túnel, de tal manera que permita realizar trabajos de mantenimiento en ambas instalaciones sin interferirse.

Cada salida de emergencia dispondrá de un cuadro eléctrico con alimentación Normal – Socorro

desde el C. G. B. T. desde el cual se suministrará energía al sistema de alumbrado de la salida de emergencia, el portón de evacuación y el sistema de presurización.

Las salidas de emergencia de estación y túnel, dispondrán de alumbrado general (normal-socorro) y de alumbrado de emergencia, se complementará la instalación con una línea de fuerza que alimentará a los dispositivos de apertura de los portones de evacuación de dichas salidas. Desde el módulo de conmutación normal-socorro del cuadro general de B.T. partirá una línea de alimentación (3F+N+T) para dar servicio a la instalación de alumbrado y fuerza de cada salida de emergencia (estación o túnel). Esta línea alimentará a un cuadro de protección y mando, situado en la propia salida de emergencia, donde se localizarán los dispositivos de mando y protección desde donde partirán los correspondientes circuitos de alumbrado y fuerza, que se indican a continuación:

Todas las instalaciones objeto del presente documento deberán cumplir estrictamente lo establecido en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (R.E.B.T.) e Instrucciones Técnicas Complementarias.

3.16.2. Transporte vertical

3.16.2.1. Ascensores

Las estaciones estarán preparadas para la instalación de ascensores. A continuación se detallan los ascensores considerados para cada una de las estaciones en cada una de las tres alternativas en estudio:

	Total Ascensores								
	Calle-Vestíbulo			Vestíbulo-Andén			AGC		
	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Madrid Río	1	1		2	1		0	3	
Embajadores			0			7			0
Palos	1	3		3	1		0	4	
Atocha	1	1	1	3	4	3	0	4	0
Conde de Casal	2			4			0		

Tabla 33. Ascensores por estación y alternativa

Dada su profundidad el acceso a las estaciones de la alternativa 2 (a excepción de Conde de Casal) se ha considerado el acceso a los andenes con ascensores de gran capacidad (AGC). Las estaciones de las otras alternativas combinan el acceso a las estaciones mediante ascensores y escaleras mecánicas.

Instalación de los ascensores en los huecos o fosos correspondientes, y equipamientos en los cuartos de máquinas, cuando los hubiera, con sus instalaciones eléctricas, mecánicas y de decoración.

Las actuaciones a realizar son:

- Instalación de los ascensores que comunican los accesos, a nivel de calle con el vestíbulo y éste con los andenes de la estación.
- Obra auxiliares a realizar en cuartos de máquinas, fosos y huecos asociados.
- Acometidas, que incluyen el suministro y montaje de los conductores de energía eléctrica desde el cuadro de mando de la maquinaria a los grupos tractores, el alumbrado de los huecos y fosos de ascensores.

Características generales básicas de los ascensores a instalar:

- Accionamiento de tipo eléctrico sin reductor y sin cuarto de máquinas.
- Capacidad mínima nominal de 180 maniobras de arranque/hora.
- Velocidad 1 m/seg y variador de velocidad, en todos los ascensores.

Se ha elegido el tipo de ascensor sin reductor, por las elevadas prestaciones de estos, entre las que destaca el número de arranques/hora del ascensor, que debe estar por encima de 180 arranques/h, y alcanzar al menos un máximo de 240 arranques/h que se corresponde con el régimen de tráfico habitual de usuarios del transporte público del Metro de Madrid.

La capacidad de carga de estos será de 1.000 Kg. (13 personas).

3.16.2.2. Escaleras mecánicas

Las estaciones estarán preparadas para la disposición de escaleras mecánicas de subida y bajada desde cada uno de los andenes al nivel de vestíbulo y desde el nivel de vestíbulo a las entreplanta y/o nivel de superficie.

	Total Escaleras					
	Calle-Vestíbulo			Vestíbulo-Andén		
	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
Madrid Río	4	4		8	2	
Embajadores			0			21
Palos	2	4		8	2	
Atocha	2	2	2	16	12	16
Conde de Casal	3			4		

Tabla 34. Escaleras mecánicas por estación y alternativa

Instalación de las escaleras mecánicas en los huecos o fosos correspondientes, y equipamientos en los cuartos de máquinas, cuando los hubiera, con sus instalaciones eléctricas, mecánicas y de decoración.

Las actuaciones a realizar son:

- Instalación de las escaleras mecánicas que comunican los accesos a nivel de calle con la entreplanta, ésta con el nivel de vestíbulo y éste con los andenes de la estación que forman parte del alcance del proyecto.
- Obra auxiliares a realizar en cuartos, fosos y huecos asociados.
- Acometidas, que incluyen el suministro y montaje de los conductores de energía eléctrica desde el cuadro de mando a los grupos tractores, el alumbrado de los huecos y fosos.

Características generales básicas de las escaleras mecánicas a instalar

- Velocidad de desplazamiento: 0,65 m/seg.
- Sentido de la marcha: Reversible.
- Recorrido horizontal escalera: 1,2 m.
- Inclinação con la horizontal de la escalera mecánica: 30° sexagesimales.
- Equipo eléctrico: Alimentación por corriente alterna trifásica 400 V con neutro frecuencia 50 Hz. Protección IP-54.

3.16.3. Saneamiento, pozos de bombas pluviales y fecales

Las aguas pluviales y residuales son transportadas por conductos.

Habitualmente, los pozos de bombas pluviales se sitúan en el túnel, pero hay veces que se tendrán que ubicar en algunas estaciones. Tienen como objetivo la recogida y extracción de agua para evitar que ésta llegue a la vía.

En el cuarto de bombas se instalarán los siguientes elementos: bombas sumergibles, tuberías y válvulas correspondientes, equipo de medición del nivel por sonda analógica de presión piezométrica, cuadro eléctrico, Unidad de Control, cable de comunicaciones, línea telefónica y terminal de teléfono, elementos de elevación y manipulación de cargas pesadas, instalación de alumbrado y fuerza del recinto del pozo.

Pozos de bombas fecales. Dado que la cota de los aseos instalados en el vestíbulo suele quedar por debajo de la del saneamiento municipal, se hace necesario disponer de un bombeo para las aguas residuales.

Por tanto, situado en la vertical de aquellos pero coincidente con un cuarto de uno de los dos andenes, dispondremos un cuarto donde se ubicará un depósito prefabricado removible con dos bombas alternativas.

Estos recintos, donde se instala el pozo de aguas fecales debe disponer de una buena ventilación natural, para evitar la acumulación de gases peligrosos y mal olientes. Si esto no fuera posible, será necesario dotarles de los detectores de seguridad adecuados.

Para la instalación/sustitución de depósitos, el cuarto debe quedar accesible desde andén con puertas de tamaño suficiente. Para el mantenimiento del depósito este debe quedar accesible de forma adecuada

El cuarto de bombas fecales se ubicará a nivel de andén, y tendrá unas dimensiones de 12 m² aproximadamente. Los paramentos verticales se alicatarán con azulejo blanco 15 x 15 cm y el solado será de terrazo de microchina 40 x 40 cm. La puerta tendrá un ancho mínimo útil de 1 m al objeto de facilitar el acceso de los equipos al cuarto de bombas.

3.16.4. Agua caliente sanitaria

En aseos y vestuarios llegará una acometida de agua de 1", realizándose empotradas las instalaciones interiores para agua fría y caliente. Los desagües se recogerán en un punto antes de enviar el agua residual hasta el pozo de bombeo de fecales.

La actuación sobre la grifería deberá ser de tal manera que en el suministro o corte de agua fría tenga lugar hacia la derecha y los de agua caliente hacia la izquierda. En cualquier caso, la apertura o cierre del agua fría estará marcada en color azul y los de agua caliente de color rojo.

Los circuitos de distribución de agua caliente para usos sanitarios se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio de magnesio, cinc, aluminio o aleaciones de los tres metales o bien por medio de aparatos que suministran corrientes de polarización, junto con un ánodo auxiliar.

3.16.5. Protección contra incendios

La principal finalidad del sistema de detección de incendios es la protección de personas y bienes. Los elementos y actuaciones más importantes del sistema de protección contra incendios son los siguientes:

- Instalación de detección por aspiración de muy alta sensibilidad (A.S.D), con gestión nodal en cuartos de estación y escaleras mecánicas.
- Instalación de sistema de detección de incendios con central analógica que integre la detección por aspiración.
- Instalación de sistemas de extinción mediante agua nebulizada en cuartos específicos de estación y escaleras mecánicas.
- Instalación de columna seca en piñones de estación.
- Señalización de evacuación de naturaleza fotoluminiscente en estación y túnel.

3.16.6. Comunicaciones

Red de Nivel Físico, red de cableados y elementos pasivos de telecomunicaciones. Esta red será potente y estructurada, ya que habilitará y facilitará el acceso y la centralización –a través de la conexión- de todos los servicios presentes y futuros que haya en las estaciones. Los elementos pasivos que conformaran la red de nivel físico (FIS) se concentrarán en el cuarto de comunicaciones que será el centro neurálgico de las comunicaciones de las nuevas estaciones, a las que habrán de llegar –y de las que habrán de partir- los distintos cableados: cables de fibra óptica, cableado UTP y cableado telefónico.

Red de Transporte de datos. Todos los sistemas de comunicaciones estarán integrados en una red integrada multiservicio IP o la red de transporte de datos (RTD). Formaran parte de esta red todos los equipos necesarios para garantizar todas las necesidades de comunicaciones de las estaciones vía interfaces Ethernet/IP.

Telefonía. El sistema de telefonía de estación, incluye los elementos necesarios para posibilitar las comunicaciones a través de los sistemas de telefonía automática, telefonía inalámbrica y telefonía

selectiva. El sistema de telefonía automática será una extensión del sistema de telefonía de VoIP de Metro basado en el sistema OSV de Unify.

Radiocomunicaciones. Compuesto por subsistema radiante, subsistema de radiotelefonía de trenes, radiotelefonía TETRA y red WiFi en estación.

Otras instalaciones de comunicación: información al viajero, venta y peaje, videovigilancia, megafonía, interfonía, Control de acceso y antiintrusión, Sistema de Control de Estaciones.

3.17. VENTILACIÓN

3.17.1. Ventilación de estación y pozos interestación

Esta instalación posibilitará vehicular aire fresco exterior al interior de la estación, mejorando las condiciones medioambientales y posibilitando limitar el salto térmico de la estación con relación al ambiente exterior.

Para poder desarrollar las instalaciones de ventilación es necesaria la construcción de pozos que permitan que el aire entre y salga del sistema de acuerdo a los criterios de diseño y la creación de salas o galerías anexas para el alojamiento de los equipos mecánicos, eléctricos y de control. Los distintos pozos con los que se ha de contar para el adecuado funcionamiento del sistema son los siguientes:

- **Pozos de extracción en túneles simples de vía doble (E):** situados generalmente en las proximidades del punto medio de los distintos tramos de túnel interestación. Dispondrán de una galería donde se ubicarán los equipos mecánicos.
- **Pozos de compensación (C):** generalmente existen dos por estación, localizándose preferentemente en los piñones de entrada y salida de la misma.
- **Pozos de inmisión (I):** se localizan en las estaciones, dependiendo del sistema constructivo de la estación podrán ser independientes de los de compensación o bien asociados a éstos. En todo caso conectarán al exterior con una sala donde se ubicarán los equipos mecánicos.

En los pozos de inmisión se capta el aire primario del exterior, desde estos una parte se conduce de manera forzada, bien por el bajo andén que actúa de plenum de distribución hasta las rejillas de la estación a través de las cámaras laterales que forman el paramento con la caverna de la estación, bien por difusores montados en red aérea de conductos. En los pozos de compensación el aire procedente del exterior entra directamente compensando la mayor demanda de caudal provocada por los ventiladores interestación. Esta comunicación libre con el exterior sirve, además, para compensar las sobrepresiones producidas por los trenes debidos al efecto pistón. En el centro

del túnel interestación se extrae el aire de cada uno de los lados del túnel que provendrá de las estaciones (a través de pozos de inmisión) y de los pozos de compensación adyacentes.

Ventilación estaciones

- Equipamiento instalado en salas de estación (por sala):
 - 1 Ventiladores axiales Ø 1.400 de 2 velocidades: 45.000 / 90.000 m³/h – 110 / 450 Pa – 4,5 / 23,0 kW. Ejecución mural.
 - 1 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado interior.
 - 1 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado exterior.

Ventilación pozos interestación

- Equipamiento instalado en pozo interestación:
 - 2 Ventiladores axiales Ø 1.800 mm de 2 velocidades: 180.000 /240.000 m³/h- 340 / 600 Pa - 31 / 73 kW. Clase térmica 200 °C / 2h.
 - Ejecución autoportante con cono difusor acústico.
 - 2 Inclinadores (compuertas circulares motorizadas).
 - 2 Silenciadores disipativos de baffles paralelos, en lado exterior.

3.17.2. Presurización de salidas de emergencia

Las salidas de emergencia disponen de una galería de entronque con el túnel o estación. En esta galería se construye un vestíbulo de independencia formado por puertas cortafuegos RF-120 al objeto de compartimentar la zona de potencial riesgo de incendio (túnel o estación) con la escalera ascendente de evacuación. Al objeto de asegurar que el humo derivado de un incendio no pueda entrar en la salida de emergencia se dotará al vestíbulo de independencia de un sistema de presurización.

El sistema de presurización estará formado por equipos de ventilación que captarán el aire limpio (de manera directa desde el exterior) a través de conductos convencionales o específicos creados al efecto en huecos de la construcción y lo impulsarán al interior del vestíbulo de aislamiento a través de conductos que terminarán en una compuerta de regulación, compuerta cortafuegos y rejilla decorativa. Por otra parte existirá una compuerta de sobrepresión para limitar la presión en el interior del recinto y lanzar el caudal residual a la zona de escaleras con lo que se conseguirá ventilar y crear una ligera presión positiva en este volumen.

La infraestructura de obra civil comprenderá los siguientes elementos:

- 1 Toma de aire exterior de 1.000 x 1.000 mm, con marco de montaje y rejilla de lamas de acero galvanizado con malla de protección anti-pájaros, por cada vestíbulo de aislamiento que pudiera atender de manera simultánea.
- 1 Conducto vertical de conexión entre la toma de aire exterior y los equipos de ventilación. Estará realizado aprovechando los huecos de la construcción o metálico (en material inoxidable). La sección se definirá mediante cálculo (de manera orientativa se considera 1 m² por cada vestíbulo de aislamiento que pudiera atender de manera simultánea).

3.17.3. Refrigeración de cuartos técnicos

La finalidad de esta instalación es conseguir mediante sistemas frigoríficos de refrigeración de precisión y equipos de ventilación crear unas adecuadas condiciones térmicas en los cuartos técnicos, al objeto de que los distintos sistemas, generalmente electrónicos, puedan trabajar dentro de un rango térmico admisible.

Las actuaciones principales a realizar en los distintos cuartos técnicos son las siguientes:

- Instalación de equipos de precisión con tecnología Inverter, cuyas características técnicas se establecen en el Pliego de Condiciones, incluyendo líneas frigoríficas, red de desagüe de condensados, etc.
- Instalación de ventilador “in-line” ultra-silencioso, con funcionamiento en extracción, para renovación del aire.
- Trabajos de Obra Civil auxiliar: demolición de mochetas, formación de huecos y reforma de suelos técnicos, en caso necesario

3.18. EVACUACIÓN

El presente Estudio contempla el diseño, ubicación y justificación de la solución de evacuación de emergencia de las estaciones y túneles de las diferentes alternativas.

El objetivo es determinar los condicionantes que, a efectos de evacuación, han de ser trasladados al diseño de las estaciones y del túnel, y que básicamente consisten en la definición y dimensionado de los recorridos de evacuación en estaciones y la ubicación de salidas de emergencia entre estaciones.

En el Anejo núm. 16 se analiza en detalle tanto la evacuación del túnel como de las estaciones objeto del presente Estudio Informativo.

3.18.1. Evacuación de estaciones

En relación a la evacuación de estaciones en situación de emergencia, se definen para cada estación de la prolongación los recorridos de evacuación necesarios y los tiempos de evacuación de los andenes a recinto seguro, para cada alternativa. Las estaciones del Estudio, según la alternativa, son las siguientes:

Estación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Madrid Río	Andenes laterales (AL)	Andén central (AC)	
Embajadores			Andenes laterales (AL)
Palos de la Frontera	Andenes laterales (AL)	Andén central (AC)	
Atocha Renfe	Andén central (AC)	Andén central (AC)	Andén central (AC)
Conde de Casal	Andén central (AC)	Andén central (AC)	Andén central (AC)

Tabla 35. Estaciones y configuración de andenes por alternativa

Se trata de estaciones tanto con andén central (AC) como con andenes laterales (AL), siendo mayoritarias las estaciones con andén central. La estación de Conde de Casal es idéntica para las 3 alternativas. La configuración a nivel de salidas de andén es coincidente en algunos casos entre distintas estaciones, por lo que pueden analizarse conjuntamente.

Para llevar a cabo el estudio de la evacuación se ha realizado un cálculo analítico para las estaciones en cada alternativa, teniendo en cuenta la carga de evacuación, en función de la demanda prevista en los andenes (capacidad del tren + capacidad en andén), así como los condicionantes geométricos (diferentes pasos de salida y su capacidad).

Los cálculos se han realizado con el objetivo de verificar que las estaciones están correctamente dimensionadas y, por tanto, cumplen con la normativa vigente al respecto, según la demanda prevista. En concreto, se verifica la posibilidad de evacuar toda la carga del andén en 4 minutos o menos.

3.18.2. Evacuación de túnel

Para cuantificar las salidas de emergencia necesarias desde el túnel hasta un lugar seguro, se han tenido en cuenta los requerimientos de la normativa de Metro de Madrid: “*Proyecto funcional de estaciones, túneles y subestación de Metro de Madrid*”.

Tal y como se indica en la normativa, se dispondrán salidas de emergencia en túnel en los tramos de más de 1.000 m interestación, de manera que el recorrido de evacuación nunca supere los 500 m. En todos los casos, las salidas de emergencia se plantean como pozos hasta superficie.

Las salidas de emergencia en túnel para cada alternativa están ubicadas tal y como se indica a continuación.

Alternativa 1

- PK 0+126: S.E. 1 aprovechando pozo de extracción de la tuneladora.
- PK 1+124: S.E. 2 aprovechando un pozo de mantenimiento de la tuneladora.
- PK 2+431: S.E. 3
- PK 4+771: S.E. 4
- PK 6+350: S.E. 5 en final de fondo de saco, para evacuación de operarios + PB +PV.

Alternativa 2

- PK 0+124: S.E. 1 aprovechando pozo de extracción tuneladora.
- PK 1+032: S.E. 2.
- PK 3+144: S.E. 3.
- PK 4+434: S.E. 4.
- PK 6+013: S.E. 5 en final de fondo de saco, para evacuación de operarios + PB +PV.

Alternativa 3

- PK 0+522: S.E. 1.
- PK 1+468: S.E. 2 aprovechando un pozo de mantenimiento de la tuneladora.
- PK 2+937: S.E. 3
- PK 4+438: S.E. 4.
- PK 6+074: S.E. 5 en final de fondo de saco, para evacuación de operarios + PB +PV.

En las siguientes tablas se detallan las distancias máximas de evacuación en túnel:

MÁXIMAS DISTANCIAS DE EVACUACIÓN ALTERNATIVA 1			
PKi	PKf	ESTACIÓN / SALIDA DE EMERGENCIA (SE)	MÁX. DISTANCIA DE EVACUACIÓN
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)	
0+126	0+126	SE1	213 m
1+124	1+124	SE2	499 m
1+850	1+965	Madrid Rio	363 m
2+431	2+431	SE3	233 m
3+213	3+332	Palos de la Frontera	391 m
4+193	4+308	Atocha Renfe	431 m
4+771	4+771	SE4	232 m
5+758	5+873	Conde de Casal	494 m

Tabla 36. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 1

MÁXIMAS DISTANCIAS DE EVACUACIÓN ALTERNATIVA 2			
PKi	PKf	ESTACIÓN / SALIDA DE EMERGENCIA (SE)	MÁX. DISTANCIA DE EVACUACIÓN
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)	
0+124	0+124	SE1	212 m
1+032	1+032	SE2	453 m
1+974	2+089	Madrid Rio	471 m
2+650	2+765	Palos de la Frontera	281 m
3+144	3+144	SE3	190 m
3+856	3+971	Atocha Renfe	356 m
4+434	4+434	SE4	232 m
5+421	5+536	Conde de Casal	494 m

Tabla 37. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 2

MÁXIMAS DISTANCIAS DE EVACUACIÓN ALTERNATIVA 3			
PKi	PKf	ESTACIÓN / SALIDA DE EMERGENCIA (SE)	MÁX. DISTANCIA DE EVACUACIÓN
0-415	0-300	Plaza Elíptica (existente)	
0+522	0+522	SE1	411 m
1+468	1+468	SE2	473 m
2+299	2+414	Embajadores	416 m
2+937	2+937	SE3	262 m
3+798	3+913	Atocha Renfe	431 m
4+483	4+483	SE4	285 m
5+482	5+597	Conde de Casal	499 m

Tabla 38. Máximas distancias de evacuación de túnel. Alternativa 3

3.19. INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES

Como se ha comentado anteriormente, en el ámbito de actuación de las tres alternativas proyectadas existen diversas infraestructuras que han condicionado el trazado tanto en planta como en alzado.

A continuación se incluye un cuadro con las infraestructuras que cruza cada una de las alternativas con indicación del P.K. de cruce y la cota inferior de dicha infraestructura en ese punto según la información obtenida.

En el Anejo nº 19 Coordinación con Otros Organismos se adjunta la documentación recibida relativa a cada una de estas infraestructuras y que se ha tomado como base para desarrollar el trazado de las tres alternativas.

ALTERNATIVA 1					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTER NATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INF. INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Aparcamiento Subterráneo	1+175	-	565,650	Cota planta inferior estimada	4 plantas subterráneas obtenidas de Catastro

ALTERNATIVA 1					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTER NATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INF. INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Antonio López					
Río Manzanares	1+275		570,000	Cota estimada de la base del canal	Topografía 3D del IGN
Túneles M-30	1+224	Ramal 9 (RU) PK 0+312	562,630	Cota inferior de la pantalla P-R9-3	Planos recibidos de Calle 30
	1+240	Ramal 7' (RT) PK 0+323	555,970	Cota inferior de la pantalla P-CET-8	
	1+330	Calzada Interior Túnel (NC) PK 0+258	555,090	Cota inferior de la pantalla P-CIT-11	
	1+350	Calzada Interior Nudo Sur (NL) PK 0+244	560,740	Cota inferior de la pantalla P-CIT-2	
	1+375	Ramal 12 (RA) PK 0+165	553,920	Cota inferior de la pantalla P-CIT-9	
	1+385	Ramal 4 (RC) PK 0+059	554,080	Cota inferior de la pantalla P-R4-5	
Aparcamiento Subterráneo Aguilón	2+210	-	565,980	Cota planta inferior estimada	3 plantas subterráneas en planos recibidos del Ayto. de Madrid
Túnel L3 (paralelo)	2+820	20+760	584,107	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L3 tramo Lavapiés-Legazpi
	3+146	20+930	586,952	Cota de carril	
Estación Metro L3-Delicias	3+045	20+830	584,497	Cota de carril	
Túnel L3	3+368	21+172	596,699	Cota de carril	
Pasillo verde	3+125	-	-	-	No se tiene información de esta infraestructura
Túnel Estación Pasante AVE	3+803	Vía 17 0+738	597,710	Cota interior contrabóveda (599,36 cota carril)	Planos recibidos Proyecto del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha (Madrid). Proyecto Básico de la Fase 2. Estación Pasante Del túnel Bypass no se tiene información exacta
Túnel Bypass AVE	3+855	0+191	596,310	Cota interior contrabóveda estimada	
Estación Cercanías	4+050	-	611,000	Cota de carril playa	

ALTERNATIVA 1					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTER NATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INF. INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Atocha-Renfe				de vías	
Túnel L1	4+145	18+840	618,920	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L1 tramo Antón Martín-Pacífico
Aparcamiento Subterráneo Av. Mediterráneo	5+176	-	612,000	Cota planta inferior	Planos recibidos del Ayuntamiento de Madrid
	5+557	-	599,300	Cota planta inferior	
Túnel L6	5+670	10+619	605,364	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L6 tramo Pacífico-Sainz de Baranda
Túnel Inferior viario Av. Mediterráneo	5+581-5+773	-	609.579-609.524	Cota rasante viales	Taquimétrico realizado expofeso
Viaducto Av. Mediterráneo sobre M-30	6+100	-	601,700	Cota cimentaciones	Planos recibidos de Calle 30
Túnel Ramal enlace A-3 con M-30	6+288	0+680	595,906	Cota inferior pantallas	Planos recibidos de Calle 30

Tabla 39. Infraestructuras existentes. Alternativa 1

ALTERNATIVA 2					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTER NATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INF. INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Túneles M-30	1+612	Eje 6 Ramal 1 PK 0+216	552,000	Cota inferior de la pantalla P-117derecha	Planos recibidos de Calle 30
	1+637	Eje 7 Ramal 2 PK 0+529	553,519	Cota inferior de la pantalla P-214 izquierda	
	1+694	Eje 1 Calzada exterior CES PK 1+794	538,833	Cota inferior de la pantalla Puente de Praga	
Río Manzanares	1+725	-	570,000	Cota estimada de la base del canal	Topografía 3D del IGN
Túneles M-30	1+769	Ramal Operación	540,301	Cota inferior de la pantalla PCIT10 izquierda	Planos recibidos de Calle 30

ALTERNATIVA 2					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTER NATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INF. INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
				Campamento Este PK 4+715	
Túnel viario Sta María de la Cabeza (paralelo)	2+100-3+080	-	-	-	No se tiene información de esta infraestructura
Pasillo Verde	2+534	-	-	-	No se tiene información de esta infraestructura
Túnel L3	2+843	21+470	597,728	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L3 tramo Lavapiés-Legazpi
Túnel Estación Pasante AVE	3+442	Vía 19 PK 0+814	596,573	Cota interior contrabóveda (597,99 cota carril)	Planos recibidos Proyecto del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha (Madrid). Proyecto Básico de la Fase 2. Estación Pasante
Túnel Bypass AVE	3+483	0+131	-	-	No se tiene información de esta infraestructura
Estación Cercanías Atocha-Renfe	3+700	-	611,000	Cota de carril playa de vías	Planos recibidos Proyecto del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha (Madrid). Proyecto Básico de la Fase 2. Estación Pasante
Túnel L1	3+812	18+840	618,920	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L1 tramo Antón Martín-Pacífico
Aparcamiento Subterráneo Av. Mediterráneo	4+839	-	612,000	Cota planta inferior	Planos recibidos del Ayuntamiento de Madrid
	5+220	-	599,300	Cota planta inferior	
Túnel L6		10+619	605,364	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L6 tramo Pacífico-Sainz de Baranda
Túnel Inferior viario Av. del Mediterráneo	5+244-5+437	-	609.579-609.524	Cota rasante viales	Taquimétrico realizado expofeso
Viaducto Av. Mediterráneo sobre M-30	5+750	-	601,700	Cota cimentaciones	Planos recibidos de Calle 30
Túnel Ramal enlace A-3 con M-30	5+950	0+680	595,906	Cota inferior pantallas	Planos recibidos de Calle 30

Tabla 40. Infraestructuras existentes. Alternativa 2

ALTERNATIVA 3					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTERNATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Túneles M-30	1+194	Calzada exterior Nudo Sur XL PK 0+618	561,850	Cota inferior de la pantalla P-CET-8B	Planos recibidos de Calle 30
Río Manzanares	1+230	-	570,000	Cota estimada de la base del canal	Topografía 3D del IGN
Túneles M-30	1+280	Calzada interior túnel NC PK 0+298	556,680	Cota inferior de la pantalla P-CIT-11	Planos recibidos de Calle 30
	1+302	Calzada interior Nudo Sur PK 0+307	561,860	Cota inferior de la pantalla P-CIT-3	
	1+352	Ramal 1 PK 0+198	554,550	Cota inferior de la pantalla P-R12-31	
	1+398	Ramal 12 PK 0+310	558,540	Cota inferior de la pantalla P-R12-31	
Pasillo verde	1+810	-	-	-	No se tiene información de esta infraestructura
Estación L5-Acacias	2+123	22+662	589,938	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L5 tramo Puerta de Toledo-Pirámides
	2+211	22+573	589,962	Cota de carril	
Estación L3 Embajadores	2+487	22+056	603,927	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L3 tramo Lavapiés-Legazpi
Túnel Estación Pasante AVE	3+392	Vía 19 PK 0+937	592,891	Cota interior contrabóveda (594,47 cota carril)	Planos recibidos Proyecto del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha (Madrid). Proyecto Básico de la Fase 2. Estación Pasante
Túnel Cercanías Atocha -Chamartín	3+509	-	604,105	Cota exterior contrabóveda estimada	Planos recibidos del Estudio Informativo del Nuevo Complejo Ferroviario de la Estación de Atocha
Túnel Cercanías futuro	3+560	1+100	605,35	Cota interior contrabóveda	
Túnel L1	3+691	18+720	618,980	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L1 tramo Antón Martín-Pacífico

ALTERNATIVA 3					
INFRAESTRUCTURA	PK ALTERNATIVA	PK INFRAESTRUCTURA	COTA INFRAESTRUCTURA	OBSERVACIONES	DOCUMENTO DE REFERENCIA
Estación Atocha-Renfe L1	3+750	-	611,000	Cota inferior pilotes	Planos recibidos del "Modificado nº1 del proyecto de Nueva Estación de Atocha del Ferrocarril Metropolitano de Madrid"
Aparcamiento Subterráneo Av. Mediterráneo	4+900	-	612,000	Cota planta inferior	Planos recibidos del Ayuntamiento de Madrid
	5+275	-	599,300	Cota planta inferior	
Túnel L6	5+400	10+619	605,364	Cota de carril	Planos recibidos de definición geométrica L6 tramo Pacífico-Sainz de Baranda
Túnel Inferior viario Av. del Mediterráneo	5+305-5+497	-	609.579-609.524	Cota rasante viales	Taquimétrico realizado expreso
Viaducto Av. Mediterráneo sobre M-30	5+820	-	601,700	Cota cimentaciones	Planos recibidos de Calle 30
Túnel Ramal enlace A-3 con M-30	6+012	0+680	595,906	Cota inferior pantallas	Planos recibidos de Calle 30

Tabla 41. Infraestructuras existentes. Alternativa 3

3.20. INVENTARIO DE EDIFICACIONES Y CIMENTACIONES

El diseño de túneles en ámbito urbano comporta la necesidad de conocer, de la forma más exhaustiva posible, las edificaciones en el entorno del túnel, así como la tipología y profundidad de sus cimentaciones. A tal efecto se lleva a cabo un inventariado de edificaciones. Para la realización del mismo se ha seguido la siguiente metodología:

1.- Establecimiento de criterios de selección de edificios. En el presente estudio, se han considerado todos los edificios que cumplan al menos una de las siguientes condiciones:

- Que queden situados sobre la planta de alguna de las tres alternativas.
- Que tengan 9 plantas o más de altura y que queden comprendidos en una franja de ancho igual a la profundidad media del túnel a cada uno de los dos lados del eje del túnel. Las profundidades medias del trazado consideradas han sido de 29,070 m para la alternativa 1, de 41,144 para la alternativa 2 y de 32,357 m para la alternativa 3, y han sido obtenidos como media aritmética de las cotas rojas de cada uno de los trazados.

- Que tengan 3 sótanos o más de profundidad y que queden comprendidos en una franja de ancho igual a la profundidad media del túnel a cada uno de los dos lados del eje del túnel. Las profundidades medias del trazado consideradas han sido de 29,07 m para la alternativa 1, de 38,2 para la alternativa 2 y de 32,36 m para la alternativa 3, y han sido obtenidos como media aritmética de las cotas rojas de cada uno de los trazados.

2.- Conversión a formato GIS del catastro para la Villa de Madrid, descargado en noviembre de 2018 desde la página web del catastro (<https://www.sedecatastro.gob.es>), y selección de todos los edificios comprendidos en cada una de las tres franjas indicadas.

3.- Filtrado de las edificaciones que cumplan al menos una de las tres condiciones antes enumeradas.

Cabe indicar, que para las condiciones relativas a las plantas de altura y los sótanos de profundidad, se ha tomado como valor para cada una de las edificaciones, las que se declaran en el catastro. Como el valor que arroja el catastro como número de alturas es mayor que el número de plantas (puesto que valora como alturas otras construcciones tales como los casetones de ascensores), la consideración de este criterio nos deja del lado de la seguridad. Igualmente, dado que también para el número de sótanos, el valor declarado en el catastro es como mínimo igual que el número de sótanos real (al considerar como tales los pozos de saneamiento o ascensores), la consideración del valor del catastro nos deja también del lado de la seguridad.

4.- Consulta de los planos de las edificaciones en los organismos siguientes:

- Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible. Secretaría General Técnica. Subdirección General de Contratación y Asuntos Generales. Negociado de Testimonios (calle Ribera del Sena, 21, 28042). Este organismo custodia los expedientes de los edificios de fecha más reciente a 1966.
- Archivo de la Villa de Madrid (calle Conde Duque, 11 28015). Este organismo custodia los expedientes de los edificios de fecha anterior a 1966.
- Adicionalmente, se ha contactado con las Juntas Municipales de Distrito de Retiro y de Arganzuela por si pudieran tener alguna información de interés.

5.- Elaboración de la relación de edificaciones afectadas, y de las fichas de cada una de ellas.

Se adjunta en el anejo nº8 de inventario de edificaciones, la relación de edificaciones investigadas. Se adjuntan además en ese anejo las fichas de los edificios inventariados, en las que se incluye el número de inventario, la dirección, el uso, número de plantas y de sótanos, la antigüedad, tipo de cubierta, tipo de cimentación, acabados de fachada, estado de conservación, nombre del arquitecto y observaciones de interés.

Se incluye también para todos los edificios inventariados una imagen de la fachada del edificio, para facilitar su identificación. Adicionalmente, y en el caso en que se haya recibido los planos de los edificios solicitados, se han incluido sus planos de la fachada y la sección, donde se muestra la cimentación proyectada.

El diseño del trazado ha sido realizado teniendo en cuenta estas cimentaciones. No se prevé afección a ninguna de ellas, teniendo en cuenta el trazado realizado y algunas medidas complementarias de consolidación.

3.21. AFECCIONES A LA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA Y EN SUPERFICIE

3.21.1. Afecciones a la explotación ferroviaria

A continuación se indican las afectaciones ferroviarias asociadas a la ejecución de las nuevas actuaciones proyectadas, según cada alternativa. Estas afectaciones se encuentran escritas más en detalle en el “Anejo 21: Estudio de la organización y desarrollo de las obras”.

Las zonas de especial interés en cuanto a posibles afectaciones ferroviarias en las diferentes alternativas se listan a continuación. En todos estos puntos habrá que prever una adecuada auscultación para el control de los posibles movimientos que se pudieran generar en las estructuras, y así comprobar que todos están dentro del rango admisible.

ALTERNATIVA 1:

Las afectaciones ferroviarias para la Alternativa 1 son las siguientes:

Fondo de saco actual L11 en Plaza Elíptica:

- En una primera fase, con objeto de permitir la conexión de la prolongación con el tramo existente, será necesario desplazar provisionalmente las toperas existentes en dirección Plaza Elíptica, sin que ello suponga alteración en la explotación de L11.
- En una fase posterior, se procederá a la renovación de la plataforma de todo el fondo de saco, coincidiendo con la retirada de las toperas y la conexión con el tramo de prolongación.

Estación Palos de la Frontera L11:

- La ejecución de la nueva estación contempla la reconfiguración del vestíbulo existente de L3, eliminando los actuales accesos desde la calle y generando unos nuevos. Será necesario afectar en fase inicial uno de los accesos existentes a la estación actual de la L3 por interferir con las nuevas pantallas en la zona de conexión entre la nueva estación y la

actual. Se mantendrá el segundo acceso completamente operativo durante la totalidad de las obras, suprimiéndolo cuando los nuevos accesos ya estén habilitados.

- El forjado del nuevo vestíbulo se sitúa sobre la bóveda del túnel de la L3 existente, a escasa distancia pero sin llegar a afectarla. No obstante, en este tramo se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

Estación Atocha Renfe L1:

- La ejecución de la nueva estación de L11 supondrá la modificación de la infraestructura del sector norte de la estación existente de L1, por lo que verá afectada la explotación del andén en sentido Menéndez Pelayo de la L1, así como los accesos desde la calle. Esto hará necesario un cierre parcial de la estación, dejando sin servicio ese andén durante las obras. Será necesario señalizar correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación, ya que se deberá acceder a la estación por los accesos lado Renfe. Será también necesario reforzar la señalética de las estaciones anteriores y posteriores a Atocha Renfe, indicando que los trenes no tendrán parada en el andén anulado provisionalmente, reforzado con los mensajes que se den por megafonía y paneles informativos.
- En la cabecera sur de la estación existente se producirá el cruce de los trazados de L1 y L11, quedando el túnel de L1 en la vertical de la estación (recinto que se vaciará de tierras). Se requiere realizar una serie de actuaciones bajo el túnel existente y en los laterales del mismo, a modo de protección ("envolviendo" el túnel existente). Por todo ello, en todo este tramo de la L1 se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

Estación Conde de Casal L11:

- La ejecución de la nueva estación interfiere con los dos accesos sur existentes a la estación actual de la L6, dejando en servicio los dos accesos norte actuales. En este caso, será necesario señalizarlo correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación.
- Por otro lado, el nuevo vestíbulo de esta estación se ubica sobre el túnel existente de la L6, afectándose a la clave de la bóveda. El tramo afectado es de unos 50m. Será necesario desviar o apeaar provisionalmente las instalaciones que discurran por los hastiales del túnel, colocar una estructura metálica a modo de encamisado del túnel (empezando por los hastiales) y demoler la clave de la bóveda (donde previamente se ha colocado la estructura metálica que a su vez hará de encofrado perdido del nuevo forjado de vestíbulo de la estación). Todas las actuaciones se pueden hacer durante el corte de servicio nocturno salvo las que afectan a la clave de la bóveda del túnel que se plantean realizar mediante cortes de servicio programados en los meses de menor afluencia de viajeros. La colocación

de estructura metálica en la clave de la bóveda del túnel existente requiere que previamente se hayan desmontado los soportes de catenaria en esta zona, apeando la propia catenaria, y se hayan recolocado todos los elementos de la catenaria en la nueva estructura metálica para poder seguir dando servicio de la línea. Por todo ello, en todo este tramo de la L6 se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

ALTERNATIVA 2:

Las afectaciones ferroviarias para la Alternativa 2 son las siguientes:

Fondo de saco actual L11 en Plaza Elíptica:

- En una primera fase, con objeto de permitir la conexión de la prolongación con el tramo existente, será necesario desplazar provisionalmente las toperas existentes en dirección Plaza Elíptica, sin que ello suponga alteración en la explotación de L11.
- En una fase posterior, se procederá a la renovación de la plataforma de todo el fondo de saco, coincidiendo con la retirada de las toperas y la conexión con el tramo de prolongación.

Estación Palos de la Frontera L11:

- La ejecución de la nueva estación contempla la afección a la salida de emergencia existente en extremo de andenes lado Moncloa de la estación, afectada por el nuevo pasillo de conexión con L11. No se espera afección a la explotación de la L3 durante las obras, excepto una pequeña reducción de la longitud de andenes en su tramo final.
- Se proyectan dos pasos inferiores bajo el túnel de la L3, uno en la conexión con L11 y otro en una salida de emergencia, que a pesar de no afectar directamente a la infraestructura existente, supondrá limitar la velocidad (LTV's) durante las obras al menos en el tramo comprendido entre estos dos nuevos pasos inferiores.

Estación Atocha Renfe L1:

- La ejecución de la nueva estación de L11 supondrá la modificación de la infraestructura del sector norte de la estación existente de L1, por lo que verá afectada la explotación del andén en sentido Menéndez Pelayo de la L1, así como los accesos desde la calle. Esto hará necesario un cierre parcial de la estación, dejando sin servicio ese andén durante las obras. Será necesario señalizar correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación, ya que se deberá acceder a la estación por los accesos lado Renfe. Será también necesario reforzar la señalética de las estaciones anteriores y posteriores a Atocha Renfe,

indicando que los trenes no tendrán parada en el andén anulado provisionalmente, reforzado con los mensajes que se den por megafonía y paneles informativos.

Estación Conde de Casal L11:

- La ejecución de la nueva estación interfiere con los dos accesos sur existentes a la estación actual de la L6, dejando en servicio los dos accesos norte actuales. En este caso, será necesario señalizarlo correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación.
- Por otro lado, el nuevo vestíbulo de esta estación se ubica sobre el túnel existente de la L6, afectándose a la clave de la bóveda. El tramo afectado es de unos 50m. Será necesario desviar o apear provisionalmente las instalaciones que discurren por los hastiales del túnel, colocar una estructura metálica a modo de encamisado del túnel (empezando por los hastiales) y demoler la clave de la bóveda (donde previamente se ha colocado la estructura metálica que a su vez hará de encofrado perdido del nuevo forjado de vestíbulo de la estación). Todas las actuaciones se pueden hacer durante el corte de servicio nocturno salvo las que afectan a la clave de la bóveda del túnel que se plantean realizar mediante cortes de servicio programados en los meses de menor afluencia de viajeros. La colocación de estructura metálica en la clave de la bóveda del túnel existente requiere que previamente se hayan desmontado los soportes de catenaria en esta zona, apeando la propia catenaria, y se hayan recolocado todos los elementos de la catenaria en la nueva estructura metálica para poder seguir dando servicio de la línea. Por todo ello, en todo este tramo de la L6 se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

ALTERNATIVA 3:

Las afectaciones ferroviarias para la Alternativa 3 son las siguientes:

Fondo de saco actual L11 en Plaza Elíptica:

- En una primera fase, con objeto de permitir la conexión de la prolongación con el tramo existente, será necesario desplazar provisionalmente las toperas existentes en dirección Plaza Elíptica, sin que ello suponga alteración en la explotación de L11.
- En una fase posterior, se procederá a la renovación de la plataforma de todo el fondo de saco, coincidiendo con la retirada de las toperas y la conexión con el tramo de prolongación.

Estación Embajadores L11:

- Está prevista la remodelación de la infraestructura de conexión del andén de Acacias L5 con el pasillo de enlace con L3. A pesar de dicha interferencia, no se prevé la afección a la

explotación de la línea 5 ya que no se llega a afectar al túnel de L5. No obstante, se prevé afección a los extremos de andén sentido Alameda de Osuna y limitar la velocidad de manera temporal en este tramo durante las obras (LTV's).

- Las nuevas estructuras proyectadas para la estación Embajadores de la L11 interfieren con el túnel de conexión entre los túneles de L5 y L3. Está prevista la demolición completa de dicho túnel y su reconstrucción posterior, por lo que dicha conexión permanecerá fuera deservicio durante la totalidad de las obras.

Estación Atocha Renfe L1:

- La ejecución de la nueva estación de L11 supondrá la modificación de la infraestructura del sector norte de la estación existente de L1, por lo que verá afectada la explotación del andén en sentido Menéndez Pelayo de la L1, así como los accesos desde la calle. Esto hará necesario un cierre parcial de la estación, dejando sin servicio ese andén durante las obras. Será necesario señalizar correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación, ya que se deberá acceder a la estación por los accesos lado Renfe. Será también necesario reforzar la señalética de las estaciones anteriores y posteriores a Atocha Renfe, indicando que los trenes no tendrán parada en el andén anulado provisionalmente, reforzado con los mensajes que se den por megafonía y paneles informativos.
- En la cabecera norte de la estación existente se cruzarán los dos trazados, el de la L1 y el de la L11. Se requiere realizar una serie de actuaciones bajo el túnel existente y en los laterales del mismo, a modo de protección (“envolviendo” el túnel existente), para posteriormente realizar la excavación. Por todo ello, en todo este tramo de la L1 se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

Estación Conde de Casal L11:

- La ejecución de la nueva estación interfiere con los dos accesos sur existentes a la estación actual de la L6, dejando en servicio los dos accesos norte actuales. En este caso, será necesario señalizarlo correctamente tanto en el exterior como en el interior de la estación.
- Por otro lado, el nuevo vestíbulo de esta estación se ubica sobre el túnel existente de la L6, afectándose a la clave de la bóveda. El tramo afectado es de unos 50m. Será necesario desviar o apear provisionalmente las instalaciones que discurren por los hastiales del túnel, colocar una estructura metálica a modo de encamisado del túnel (empezando por los hastiales) y demoler la clave de la bóveda (donde previamente se ha colocado la estructura metálica que a su vez hará de encofrado perdido del nuevo forjado de vestíbulo de la estación). Todas las actuaciones se pueden hacer durante el corte de servicio nocturno

salvo las que afectan a la clave de la bóveda del túnel que se plantean realizar mediante cortes de servicio programados en los meses de menor afluencia de viajeros. La colocación de estructura metálica en la clave de la bóveda del túnel existente requiere que previamente se hayan desmontado los soportes de catenaria en esta zona, apeando la propia catenaria, y se hayan recolocado todos los elementos de la catenaria en la nueva estructura metálica para poder seguir dando servicio de la línea. Por todo ello, en todo este tramo de la L6 se deberá reducir el límite de velocidad de circulación de los trenes de manera temporal durante las obras (LTV's).

3.21.2. Afecciones en superficie

Las zonas afectadas por las obras quedan definidas en el capítulo 14 del Documento núm. 2. Planos, así como en el anejo 18 de Expropiaciones y ocupaciones temporales.

Estas zonas se corresponden con los ámbitos de la estaciones, de los pozos de ventilación, salidas de emergencia y pozos de bombeo, así como los ámbitos en los que el túnel se ejecuta desde superficie mediante pantallas.

Especial mención tienen por su alcance las superficies afectadas por la excavación mediante tuneladora, que incluyen tanto los pozos de introducción y extracción de la misma como las zonas de acopio de materiales y de instalaciones asociadas a la excavación del túnel.

El Estudio contempla la reposición de la urbanización en todos estos ámbitos.

Para la ejecución de las obras, y en particular de las estaciones y pozos de las distintas alternativas, será necesaria la realización de cortes temporales de tráfico unidos a desvíos provisionales y reordenaciones temporales de los mismos.

Merecen mención particular las actuaciones necesarias para la ejecución del pozo de ataque en la estación de Conde de Casal. Los trabajos dejarán sin servicio el paso de tráfico bajo la plaza Conde de Casal, por lo que para poder canalizar el tráfico será necesario distribuirlo en superficie.

Atendiendo que en el proyecto de la futura estación de autobuses está prevista la ejecución de unos nuevos viales exteriores que distribuyen el tráfico desde la Avenida del Mediterráneo a la plaza de Conde de Casal, y que la ejecución de dichos viales en fase inicial puede ser compatible con la ejecución de las obras de la ampliación de metro y del intercambiador de autobuses, se ha valorado en el presente Estudio Informativo la construcción de dichos ramales en su situación definitiva incluyendo los muros de contención de los mismos.

Los desvíos de tráfico en cada uno de los emplazamientos de estaciones y pozos han sido valorados económicamente y se encuentran recogidos en los presupuestos de las distintas alternativas.

3.22. SERVICIOS AFECTADOS

En el anejo núm. 13 de servicios afectados se presentan los resultados obtenidos de las consultas realizadas en el marco de las relaciones de coordinación mantenidas con diversos organismos y compañías de servicios, con el fin de detectar las incidencias que la obra que se proyecta pueda producir en los servicios de la zona y tenerlas en cuenta en la redacción del proyecto.

Dado que el proyecto se sitúa en una zona céntrica de Madrid, existen un gran número de servicios que pueden ser afectados por las obras.

De la información recabada hasta el momento, de los contactos realizados con las distintas compañías y organismos, se identifican las siguientes compañías afectadas:

TIPO DE INSTALACIÓN	ORGANISMO O COMPAÑÍA
Saneamientos	Ayuntamiento de Madrid.
Abastecimientos	Canal de Isabel II
Galerías de Servicio	Ayuntamiento de Madrid Canal de Isabel II
Eléctricas	IBERDROLA UFD REE
Gas	NEDGIA
Telecomunicaciones	Telefónica Orange-Jazztel Vodafone Iberdrola Telecomunicaciones Correos BT
Alumbrado	Ayuntamiento de Madrid

Tabla 42. Compañías y organismos afectados

3.22.1. Afecciones a colectores de gran tamaño

Para el presente proyecto, se considera de gran importancia los colectores de gran tamaño que puedan ser afectados, ya que pueden ser determinantes en el diseño de estaciones y pozos o incluso provocar modificaciones en el trazado. Por este motivo se han estudiado con mayor detalle, resultando las siguientes posibles afecciones:

Alternativa 1:

- M-30 Margen Izquierdo Antiguo. Posible afección por el pozo de bombeo PB1 1+313
- Afección al colector situado en la zona de Atocha y que cruza con el trazado en el PK 4+100.
- Cruce con viaducto Av. Mediterráneo. Abroñigal Derecho: La clave del túnel discurre a escasa distancia del colector, por lo que será necesario un estudio de detalle.
- Desdoblamiento Abroñigal: Se afectaría en el final del trazado.

Alternativa 2:

- Se afectaría el colector situado en la zona de Atocha y que cruza con la futura estación de Atocha.
- Cruce con viaducto Av. Mediterráneo. Abroñigal Derecho: La clave del túnel discurre a escasa distancia del colector, por lo que será necesario un estudio de detalle.
- Desdoblamiento Abroñigal: Se afectaría en el final del trazado.

Alternativa 3:

- M-30 Margen Izquierdo Antiguo. Se vería afectado por el pozo de bombeo PB1 1+277
- Cruce con viaducto Av. Mediterráneo. Abroñigal Derecho: La clave del túnel discurre a escasa distancia del colector, por lo que será necesario un estudio de detalle.
- Desdoblamiento Abroñigal: Se afectaría en el final del trazado.

3.22.2. Afecciones al resto de servicios

El resto de los servicios que se verían afectados discurren a menor profundidad que el túnel, por lo que se verían afectados exclusivamente en las zonas realizadas a cielo abierto. A continuación, se muestra una tabla resumen por alternativa, según el tipo de instalación afectada, el número de afecciones aproximada y una breve descripción del tipo de afección:

ALTERNATIVA 1

TIPO DE INSTALACIÓN	Nº Afecciones aproximada	DESCRIPCIÓN
Saneamientos	50	Colectores visitables y no visitable.
Abastecimientos	34	Tuberías desde Ø0,15 a 0,9m de FD, FG y HC
Galerías de Servicio	13	Galerías del Ayuntamiento y de Canal de Isabel II
Eléctricas	18	AT
	37	MT y BT
Gas	33	AO6", AO8", AO10", AO12", FD 250, FD 300, PE160, PE200, PE250, PE315
Telecomunicaciones	85	Canalizaciones
Alumbrado	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto
Semaforización	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto

Tabla 43. Resumen afecciones Alternativa 1

ALTERNATIVA 2

TIPO DE INSTALACIÓN	Nº Afecciones aproximada	DESCRIPCIÓN
Saneamientos	38	Colectores visitables y no visitable.
Abastecimientos	25	Tuberías desde Ø0,15 a 0,9m de FD, FG y HC
Galerías de Servicio	8	Galerías del Ayuntamiento y de Canal de Isabel II
Eléctricas	15	AT
	40	MT y BT
Gas	33	AO6", AO8", AO10", AO12", AO16", AO20", FD 250, FD 300, PE63, PE160, PE200, PE315
Telecomunicaciones	77	Canalizaciones
Alumbrado	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto
Semaforización	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto

Tabla 44. Resumen afecciones Alternativa 2

ALTERNATIVA 3

TIPO DE INSTALACIÓN	Nº Afecciones aproximada	DESCRIPCIÓN
Saneamientos	38	Colectores visitables y no visitable.
Abastecimientos	23	Tuberías desde Ø0,15 a 0,9m de FD, FG y HC
Galerías de Servicio	14	Galerías del Ayuntamiento y de Canal de Isabel II
Eléctricas	18	AT
	50	MT y BT
Gas	44	AO3", AO6", AO8", AO12", AO16", AO20", FD 300, PE63, PE160, PE200, PE250, PE315
Telecomunicaciones	80	Canalizaciones
Alumbrado	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto
Semaforización	Sin información	Existente en las zonas a cielo abierto

Tabla 45. Resumen afecciones Alternativa 3

3.22.3. Conclusiones

Los datos mostrados en los apartados anteriores nos muestran la comparativa realizada entre alternativas para tener en cuenta las afecciones a servicios afectados de mayor envergadura.

Una vez se haya seleccionado una alternativa, se realizará un estudio con mayor detalle para la misma que incluirá todos los servicios afectados, incluyendo tanto los servicios de los cuales ya se tienen detalles como la afección a otros servicios no considerados en esta primera aproximación, como pueden ser semaforización, alumbrado, EMT.

De la alternativa escogida se estudiará detalladamente cada uno de los servicios y se contactará con las compañías responsables en caso de que sea necesario proponer reposiciones o modificaciones sobre el servicio.

3.23. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

El trazado de las tres alternativas proyectadas discurre íntegramente por el término municipal de Madrid.

El planeamiento urbanístico vigente en el Término Municipal de Madrid está recogido en el Plan General de Ordenación Urbana (PGOUM) de 1997, publicado en el Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid nº92 de 19 de abril de 1997, así como en las Normas Urbanísticas (NN.UU.) asociadas a dicho PGOUM.

La última actualización de las Normas Urbanísticas del PGOUM de 1997, es del 2 de septiembre de 2017, fecha en la que se elaboró un Compendio de las citadas Normas, en el que se incluyen las Normas Urbanísticas, el listado de artículos modificados o aclarados con posterioridad a la aprobación definitiva del PGOUM de 1997, las figuras de planeamiento que han modificado las normas urbanísticas y una selección de instrucciones dictadas con posterioridad a la aprobación definitiva del PGOUM de 1997.

3.23.1. Características urbanísticas del suelo atravesado

A continuación se describe el ámbito de actuación para cada una de las Alternativas estudiadas en el presente estudio con indicación del tipo de suelo que atraviesan conforme al PGOUM.

ALTERNATIVA 1

La Alternativa 1 discurre en su totalidad por suelo urbano según la clasificación del suelo que hace el Plan General.

Tiene su inicio al Noreste de Plaza Elíptica, en el Distrito nº11 Carabanchel. Discurre aproximadamente 400 m bajo el vial lateral del Paseo Santa María de la Cabeza para acometer la Calle Baleares mediante una alineación curva hacia la izquierda. El túnel se sitúa bajo este vial hasta aproximadamente el P.K. 0+900, donde mediante una curva hacia la derecha atraviesa varias manzanas de edificios hasta llegar al Parque Madrid Río.

En este primer tramo, entre los PP.KK. 0+000 y 1+200, el trazado discurre principalmente bajo suelo con uso dotacional Vía Pública y uso residencial antes de llegar a Madrid Río. Una pequeña parte del túnel pasa bajo uso dotacional Equipamiento Público (Instalaciones Deportivas Antonio López).

Las Normas Zonales que rigen este tramo (0+000-1+200) son la 3 y la 4. Asimismo, cabe señalar que en torno al P.K. 0+500 el túnel atraviesa el extremo sur de la figura urbanística *API.11.16 Barrio de Comillas*.

A partir del P.K. 1+200 el trazado discurre por el Distrito nº2 Arganzuela. Entre los PP.KK. 1+200 y 1+650 aproximadamente la alternativa cruza el Parque Madrid Río, clasificado como uso dotacional Zona Verde e incluido en el *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*.

Tras cruzar Madrid Río, el túnel se sitúa bajo el Paseo de las Yererías, uso dotacional Vía Pública, donde se ha proyectado la nueva estación Arganzuela-Madrid Río. Esta infraestructura ocupará principalmente suelo con uso dotacional Vía Pública, y una pequeña parte de uso dotacional Zona Verde.

Entre los PP.KK. 2+000 y 2+850 la alternativa discurre bajo varias manzanas de edificios, clasificadas como uso residencial e incluidas en las Normas Zonales 1 y 3, hasta llegar al Paseo de Delicias.

Desde el P.K. 2+850 hasta el 3+600 el túnel se sitúa bajo el Paseo de Delicias, clasificado como uso dotacional Vía Pública, donde se ha proyectado la estación de intercambio con la Línea 3 de Metro en Palos de la Frontera. La ejecución de esta infraestructura conlleva la ocupación de suelo con uso dotacional Vía Pública en casi su totalidad, y una pequeña parte de uso dotacional Zona Verde.

En torno al P.K. 3+600 el trazado gira hacia la derecha atravesando una manzana de edificios clasificado como uso residencial con la parte central de la manzana como uso dotacional Servicios Públicos (Escuela Municipal de Música Almudena Cano).

A continuación, el túnel cruza el complejo ferroviario de Atocha, catalogado como uso dotacional Transporte Público hasta llegar al Paseo Infanta Isabel donde se ha proyectado la estación de intercambio con la Línea 1 de Metro en Atocha-Renfe, ocupando suelo dotacional Vía Pública y Servicios Públicos (Estación de Servicio Repsol desmantelada).

Las Normas Zonales que rigen este tramo (1+200-4+300) son la 1 y la 3. Asimismo, cabe señalar que a su paso por Madrid Río se atraviesa la figura urbanística *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*, y en la estación de intercambio Palos de la Frontera el *APE.02.21 Antigua Estación de Autobuses*.

Desde la salida del complejo ferroviario Atocha-Renfe (PK 4+000) el trazado discurre por el Distrito nº3 Retiro.

A la salida de la nueva estación de intercambio Atocha-Renfe el túnel atraviesa una manzana con uso dotacional Zona Verde y Equipamiento Público, varias calles con uso dotacional Vía Pública y varias manzanas de edificios con uso residencial, hasta llegar a la Avenida del Mediterráneo en torno al P.K. 5+100.

Desde el P.K. 5+100 hasta el final, la alternativa discurre por la Avenida del Mediterráneo hasta llegar a la Plaza Conde de Casal donde se ha proyectado la estación final de línea, también de intercambio con la Línea 6 de Metro. En este último tramo tanto el túnel como el espacio ocupado por la estación se sitúa bajo terrenos con uso dotacional Vía Pública.

A continuación de la estación de Conde de Casal se ha proyectado el fondo de saco de unos 400 m de longitud que discurre bajo la Autovía A3, suelo con uso dotacional Vía Pública, en el límite entre los distritos nº14 Moratalaz (hacia el Norte) y nº13 Puente de Vallecas (hacia el Sur).

En este tramo (4+300-6+350) las Normas Zonales que rigen la edificación son la 1 y la 3. Además hacia el P.K. 4+500 el túnel discurre bajo el área de planeamiento específico *APE.03.08 Panteón de Hombres Ilustres*.

La ejecución de todas las instalaciones asociadas al túnel en la Alternativa 1 (pozos de ventilación y bombeo y salidas de emergencia) se sitúan sobre uso dotacional Vía Pública y Zona Verde.

ALTERNATIVA 2

La Alternativa 2 discurre en su totalidad por suelo urbano según la clasificación del suelo que hace el Plan General.

Al igual que la alternativa anterior, tiene su inicio al Noreste de Plaza Elíptica, en el Distrito nº11 Carabanchel. Discurre aproximadamente 100 m bajo el vial lateral del Paseo Santa María de la Cabeza para cruzar al otro lado del Paseo mediante una curva hacia la derecha.

Entre los PP.KK. 0+250 y 1+600 el túnel discurre bajo varias manzanas de edificaciones con diversos usos: residencial, dotacional Equipamiento Público, Zona Verde, Deportivo y Administración Pública, hasta situarse de nuevo bajo el Paseo Santa María de la Cabeza.

La Norma Zonal que rige este tramo (0+000-1+600) es la 3.

A partir del P.K. 1+600 el trazado discurre por el Distrito nº2 Arganzuela. Entre los PP.KK. 1+600 y 1+950 aproximadamente la alternativa cruza el Parque Madrid Río, clasificado como uso dotacional Zona Verde e incluido en el *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*.

Al Norte de Madrid Río y manteniendo la orientación del Paseo de Santa María de la Cabeza, con uso dotacional Vía Pública, se ha proyectado la nueva estación Madrid Río-Arganzuela. Esta infraestructura ocupará principalmente suelo con uso dotacional Vía Pública, y una pequeña parte de uso dotacional Zona Verde.

Desde la salida de la nueva estación, la alternativa discurre bajo el Paseo Santa María de la Cabeza hasta el P.K. 3+250, donde mediante una curva hacia la derecha el túnel cruza dos

manzanas de edificios con uso residencial y el Complejo Ferroviario Atocha Renfe, con uso dotacional Transporte Público.

En torno al P.K. 2+700 se ha proyectado una nueva estación de intercambio con la línea 3 de Metro en Palos de la Frontera. Esta infraestructura ocupará suelo con uso dotacional Vía Pública.

Las Normas Zonales que rigen este tramo (1+600-3+700) son la 1, 3 y 9. Asimismo, cabe señalar que a su paso por Madrid Río se atraviesa la figura urbanística *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*.

Desde la salida del complejo ferroviario Atocha-Renfe (PK 3+700) el trazado discurre por el Distrito nº3 Retiro.

Sobre el Paseo Infanta Isabel se ha proyectado la estación de intercambio con la Línea 1 de Metro en Atocha-Renfe, ocupando suelo dotacional Vía Pública y Servicios Públicos (Estación de Servicio Repsol desmantelada).

A la salida de la nueva estación de intercambio Atocha-Renfe el túnel atraviesa una manzana con uso dotacional Zona Verde y Equipamiento Público, varias calles con uso dotacional Vía Pública y varias manzanas de edificios con uso residencial, hasta llegar a la Avenida del Mediterráneo en torno al P.K. 4+800.

Desde el P.K. 4+800 hasta el final, la alternativa discurre por la Avenida del Mediterráneo hasta llegar a la Plaza Conde de Casal donde se ha proyectado la estación final de línea, también de intercambio con la Línea 6 de Metro. En este último tramo tanto el túnel como el espacio ocupado por la estación se sitúa bajo terrenos con uso dotacional Vía Pública.

A continuación de la estación de Conde de Casal se ha proyectado el fondo de saco de unos 400 m de longitud que discurre bajo la Autovía A3, suelo con uso dotacional Vía Pública, en el límite entre los distritos nº14 Moratalaz (hacia el Norte) y nº13 Puente de Vallecas (hacia el Sur).

En este tramo (3+700-6+013) las Normas Zonales que rigen la edificación son la 1 y la 3. Además hacia el P.K. 4+100 el túnel discurre bajo el área de planeamiento específico *APE.03.08 Panteón de Hombres Ilustres*.

La ejecución de todas las instalaciones asociadas al túnel en la Alternativa 2 (pozos de ventilación y bombeo y salidas de emergencia) se sitúan sobre uso dotacional Vía Pública, Zona Verde y Deportivo.

ALTERNATIVA 3

La Alternativa 3 discurre en su totalidad por suelo urbano según la clasificación del suelo que hace el Plan General.

Al igual que las alternativas anteriores, tiene su inicio al Noreste de Plaza Elíptica, en el Distrito nº11 Carabanchel. Discurre aproximadamente 400 m bajo el vial lateral del Paseo Santa María de la Cabeza para acometer la Calle Inmaculada Concepción mediante una alineación curva hacia la izquierda. El túnel se sitúa bajo este vial hasta aproximadamente el P.K. 1+050, donde atraviesa una manzana de edificios para llegar al Parque Madrid Río.

En este primer tramo, entre los PP.KK 0+000 y 1+200, el trazado discurre principalmente bajo suelo con uso dotacional Vía Pública y una pequeña parte de uso residencial antes de llegar a Madrid Río.

Las Normas Zonales que rigen este tramo (0+000-1+200) son la 3 y la 4.

A partir del P.K. 1+200 el trazado discurre por el Distrito nº2 Arganzuela. Entre los PP.KK. 1+200 y 1+470 aproximadamente la alternativa cruza el Parque Madrid Río, clasificado como uso dotacional Zona Verde e incluido en el *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*.

Tras cruzar Madrid Río, el túnel discurre bajo varias manzanas de edificios cruzando viales y zonas verdes hasta llegar al Paseo de las Acacias, donde se ubica la nueva estación de Embajadores de intercambio con las líneas 3 y 5 de Metro. Esta infraestructura ocupará principalmente suelo con uso dotacional Vía Pública, y una pequeña parte de uso dotacional Equipamiento Público (CEIP Legado Crespo).

El trazado de la alternativa continúa bajo la Glorieta de Embajadores, Ronda de Valencia y Ronda de Atocha hasta el P.K. 3+200 con uso dotacional Vía Pública, donde mediante una curva hacia la derecha el túnel se sitúa bajo el Paseo Infanta Isabel donde se ha proyectado la estación de intercambio con la Línea 1 de Metro en Atocha-Renfe, ocupando suelo dotacional Vía Pública y Servicios Públicos (Estación de Servicio Repsol desmantelada).

Las Normas Zonales que rigen este tramo (1+200-4+000) son la 1 y la 3. Asimismo, cabe señalar que se atraviesan las siguientes figuras urbanísticas:

- *APR.02.10 Márgenes del Río Manzanares*, a su paso por Madrid Río
- *API.02.10 Papelera Peninsular* en torno al P.K. 1+500
- *API.02.16 Papelera Montiel* y *API.02.14 Pasillo Verde Ferroviario* en torno al P.K. 1+900

En el tramo entre los PP.KK. 3+100 y 3+400 aproximadamente el trazado discurre por el Distrito nº1 Centro, a su paso bajo el Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, cuya parcela tiene asociado una Modificación del Plan General denominada *MPG.01.302*.

A partir del P.K. 3+400 el trazado discurre por el Distrito nº3 Retiro.

A la salida de la nueva estación de intercambio Atocha-Renfe el túnel atraviesa varias manzanas con diversos usos: dotacional Zona Verde, Equipamiento Público, Equipamiento Privado, varias calles con uso dotacional Vía Pública y varias manzanas de edificios con uso residencial, hasta llegar a la Avenida del Mediterráneo en torno al P.K. 4+800.

Desde el P.K. 4+800 hasta el final, la alternativa discurre por la Avenida del Mediterráneo hasta llegar a la Plaza Conde de Casal donde se ha proyectado la estación final de línea, también de intercambio con la Línea 6 de Metro. En este último tramo tanto el túnel como el espacio ocupado por la estación se sitúa bajo terrenos con uso dotacional Vía Pública.

A continuación de la estación de Conde de Casal se ha proyectado el fondo de saco de unos 400 m de longitud que discurre bajo la Autovía A3, suelo con uso dotacional Vía Pública, en el límite entre los distritos nº14 Moratalaz (hacia el Norte) y nº13 Puente de Vallecas (hacia el Sur).

En este tramo (4+000-6+074) las Normas Zonales que rigen la edificación son la 1 y la 3. Además hacia el P.K. 4+200 el túnel discurre bajo el límite inferior del área de planeamiento específico *APE.03.08 Panteón de Hombres Ilustres*.

La ejecución de todas las instalaciones asociadas al túnel en la Alternativa 3 (pozos de ventilación y bombeo y salidas de emergencia) se sitúan sobre uso dotacional Vía Pública y Zona Verde. Únicamente uno de los pozos de ventilación se sitúa sobre suelo catalogado como uso residencial, pero que se corresponde con una zona urbanizada de estancia peatonal.

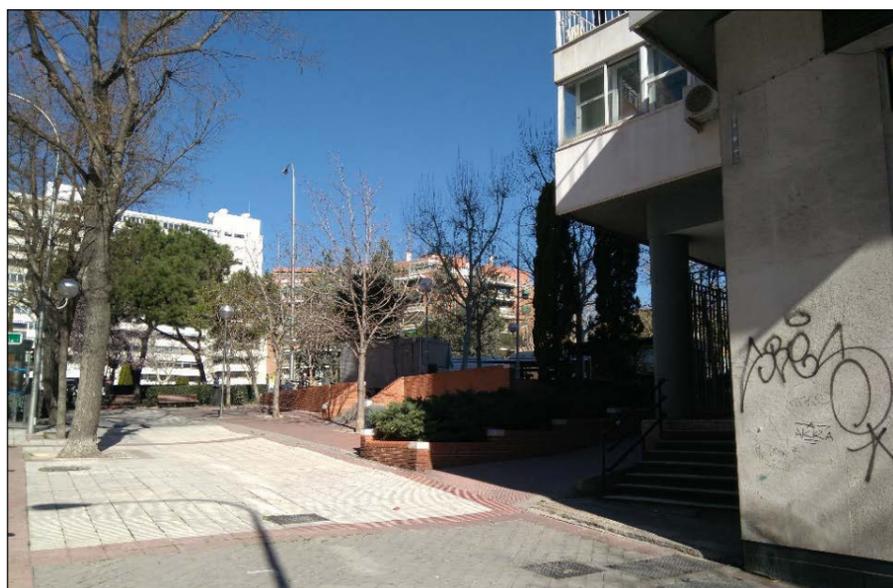


Imagen 1. Ubicación de pozo de ventilación en Calle Cavanilles

3.23.2. Usos afectados por las alternativas

El PGOUM distingue los siguientes usos según su naturaleza:

- Uso residencial
- Uso industrial
- Uso garaje-aparcamiento
- Uso de servicios terciarios
- Uso dotacional:
 - o Uso dotacional de servicios colectivos (zonas verdes, deportivo, equipamiento, de servicios públicos y de administración pública),
 - o Uso dotacional de servicios infraestructurales
 - o Uso dotacional para la vía pública
 - o Uso dotacional para el transporte

De todos los usos en los que se divide el suelo urbano, las alternativas proyectadas atraviesan los siguientes:

- Uso residencial: todas las alternativas proyectadas discurren en varios tramos bajo suelo residencial
- Uso dotacional zonas verdes: todas las alternativas proyectadas discurren en varios tramos bajo zonas verdes
- Uso dotacional equipamiento: todas las alternativas cruzan este uso en el tramo entre la estación de Atocha Renfe y la glorieta de Mariano de Cavia.
- Uso dotacional servicios públicos: la alternativa 1 cruza este uso en el tramo entre las estaciones Palos de la Frontera y Atocha Renfe.
- Uso dotacional para la vía pública: un gran porcentaje de la longitud total de todas las alternativas proyectadas discurre bajo este uso, ya que los trazados se han dispuesto bajo las calles siempre que ha sido posible para reducir la afectación a las edificaciones.
- Uso dotacional para el transporte: todas las alternativas pasan bajo este uso dado que atraviesan el complejo ferroviario de Atocha Renfe.

A continuación se muestra una tabla con el porcentaje de cada uno de estos usos que es atravesado por las 3 alternativas proyectadas.

USO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
RESIDENCIAL	13%	8%	6%
DOTACIONAL VÍA PÚBLICA	73%	78%	82%
DOTACIONAL ZONAS VERDES	7%	3%	7%
DOTACIONAL EQUIPAMIENTO PÚBLICO	2%	2%	3%
DOTACIONAL SERVICIOS PÚBLICOS	2%	1%	0%
DOTACIONAL TRANSPORTE PÚBLICO	3%	3%	1%
DOTACIONAL DEPORTIVO	0%	2%	0%
DOTACIONAL ADMINISTRACIÓN PÚBLICA	0%	1%	0%
DOTACIONAL EQUIPAMIENTO PRIVADO	0%	0%	1%

Tabla 46. Usos atravesados por las alternativas

Como se puede comprobar en la tabla anterior, las tres alternativas discurren principalmente bajo suelo dotacional Vía Pública. El uso residencial y zonas verdes son los segundos usos más interceptados, aunque distan mucho del primero. Por último, una pequeña parte de cada alternativa atraviesa otros usos dotacionales como son Equipamiento Público y Privado, Servicios Públicos, Deportivo, Administración Pública o Transporte Público.

3.23.3. Compatibilidad de las obras proyectadas con el planeamiento vigente

Como se ha indicado, el trazado del túnel para las tres alternativas discurrirá bajo terrenos catalogados como suelo urbano según el PGOUM.

Únicamente provocará afectación en superficie la ejecución de las estaciones, los pozos de ventilación y bombeo y las salidas de emergencia.

En concreto se ha previsto de forma general la ubicación de estas instalaciones sobre suelo clasificado como:

- Uso Dotacional Vía Pública
- Zonas verdes

Únicamente la estación de Embajadores de la Alternativa 3 ocupa una pequeña zona de uso dotacional Equipamiento Público, que se corresponde con una zona urbanizada junto a la fachada principal del CEIP Legado Crespo, y uno de sus pozos de ventilación que se ha localizado sobre suelo con uso residencial pero que como ya se ha indicado se corresponde con una zona de estancia para peatones.

Asimismo, una de las salidas de emergencia de la Alternativa 2 se ubica sobre suelo con uso dotacional Deportivo, que se corresponde con el talud exterior sobre el que se emplaza el Centro Deportivo Municipal Moscardó.

En todos los casos, una vez ejecutadas las obras se restituirá la superficie de estas zonas para dejarlas en su estado y con su uso original, por lo que todas las alternativas son compatibles con la ordenación vigente del PGOU de Madrid.

En el Anejo nº 5 Planeamiento Urbanístico se desarrollan los condicionantes urbanísticos que recoge el PGOUM para los diferentes tipos de suelo atravesados por las tres alternativas de trazado proyectadas. Asimismo se incluyen los planos en planta con las 3 alternativas proyectadas sobre el planeamiento vigente. (Fuente: Portal de datos abiertos del Ayuntamiento de Madrid <https://datos.madrid.es>).

3.24. EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES

La construcción del túnel objeto del presente Estudio se realizará casi en su totalidad por el método de excavación en mina mediante tuneladora, por lo que las afecciones en superficie serán reducidas.

Las afecciones en superficie serán las relativas a la ejecución de:

- Tramo de túnel adyacente al fondo de saco actual de Plaza Elíptica, ejecutado entre pantallas, común a las tres alternativas.
- Tramo de túnel entre el pozo de ataque de la tuneladora y el viaducto sobre la M-30, ejecutado entre pantallas, común a las tres alternativas.
- Pozos de bombeo y ventilación, ejecutados a cielo abierto
- Salidas de emergencia, ejecutadas a cielo abierto
- Estaciones y rampas de acceso para la maquinaria, ejecutadas a cielo abierto

- Instalaciones de obra, parque de maquinaria y acopios temporales

La identificación de las fincas se ha realizado utilizando la cartografía catastral obtenida de la Sede Electrónica del Catastro, del Ministerio de Hacienda.

Se han distinguido tres tipos de afecciones:

- **Expropiación:** Se expropiará la superficie estricta ocupada por las rejillas de ventilación y trampillas de acceso de los pozos y salidas de emergencia a lo largo de la traza. También serán expropiados los terrenos sobre los que se ubican los accesos a las estaciones.
- **Ocupación temporal:** Se ocuparán temporalmente aquellas franjas de terreno que resultan estrictamente necesario ocupar para llevar a cabo la correcta ejecución de las obras contenidas en el proyecto.
- **Servidumbre de paso:** son las superficies de terreno no edificadas y de titularidad pública necesarias para llevar a cabo la conservación de la infraestructura y servicios afectados por las obras.

3.24.1. Terrenos afectados

La totalidad de los terrenos afectados se encuentran en el Término Municipal de Madrid y están calificados como suelo urbano según el planeamiento vigente.

A continuación se muestra una tabla resumen con la superficie total afectada por las obras con indicación del tipo de afección para cada alternativa.

ALTERNATIVA 1			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m ²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m ²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m ²)
Vía Pública	1.313	103.811	0
Zonas Verdes	37	3.546	0
Equipamiento Público	6	1.495	0
Transporte Público	0	470	0
TOTAL	1.356	109.322	0

Tabla 47. Superficies afectadas por la Alternativa 1

De la tabla anterior se obtiene que para la alternativa 1 el 95% del suelo afectado es Vía Pública, el 3% Zona Verde, el 1% Equipamiento Público y el 1% restante Transporte Público.

ALTERNATIVA 2			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m ²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m ²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m ²)
Vía Pública	1.354	88.993	0
Zonas Verdes	43	1.317	0
Equipamiento Público	0	1.062	0
Transporte Público	0	470	0
Dotacional Deportivo	14	432	0
TOTAL	1.411	92.274	0

Tabla 48. Superficies afectadas por la Alternativa 2

De la tabla anterior se obtiene que para la alternativa 2 el 96% del suelo afectado es Vía Pública, la Zona Verde y Equipamiento Público representa el 3% y el Transporte Público y Deportivo representa únicamente el 1% de la superficie total.

ALTERNATIVA 3			
CALIFICACIÓN DEL SUELO	EXPROPIACIÓN (m ²)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m ²)	SERVIDUMBRE DE PASO (m ²)
Vía Pública	945	91.780	0
Zonas Verdes	4	532	0
Equipamiento Público	0	712	0
Transporte Público	0	470	0
TOTAL	949	93.494	0

Tabla 49. Superficies afectadas por la Alternativa 3

De la tabla anterior se obtiene que para la alternativa 3 el 98% del suelo afectado es Vía Pública y el 2% restante se reparte entre Zonas Verdes, Equipamiento Público y el Transporte Público.

En los terrenos afectados por las obras no existen edificaciones, en cambio en algunos casos existen cerramientos de las fincas. Estos cerramientos serán repuestos una vez finalizadas las obras.

Por otro lado, cabe señalar que no se ha considerado necesario la imposición de servidumbres de paso, ya que todos los elementos de la infraestructura proyectada se encuentran en terreno de uso público actualmente y accesible para garantizar las labores de mantenimiento.

En el Documento nº2 Planos se incluye una colección de planos en planta con las superficies que es necesario expropiar u ocupar temporalmente para la ejecución de cada una de las alternativas proyectadas.

3.24.2. Relación de bienes y derechos afectados

En el Anejo nº 18 Expropiaciones y Ocupaciones Temporales se ha incluido la relación de Bienes y Derechos Afectados con indicación del titular catastral de la parcela, la superficie afectada y el tipo de afección para cada una de las alternativas proyectadas.

3.24.3. Valoración de los terrenos afectados

Todas las parcelas afectadas por las obras son de titularidad catastral pública (Ayuntamiento de Madrid y Administrador de Infraestructuras Ferroviarias). Únicamente existe una parcela cuyo titular catastral (obtenido de la Sede Electrónica del Catastro) es la empresa RIVELSA S.L., titular a su vez de la concesión de la Gasolinera Repsol junto a Atocha. Esta gasolinera se encuentra actualmente en proceso de desmantelamiento y el contrato de concesión ha finalizado, por lo que volverá a ser terreno público.

Por todo ello no se ha considerado la valoración de los terrenos afectados por el presente Estudio Informativo.

En el Anejo nº 18 Expropiaciones y Ocupaciones Temporales se adjuntan las fichas catastrales de las parcelas afectadas.

3.25. FUTURAS PROLONGACIONES DE LA LÍNEA 11

La prolongación de la Línea 11 del Metro de Madrid objeto del presente Estudio Informativo comprende la ampliación de la línea entre las estaciones de Plaza Elíptica y Conde de Casal. En un futuro, se espera la continuidad de la línea más allá de la estación de Conde de Casal, con la posibilidad de conexión con otras líneas.

Por ello, en el marco de la redacción del presente Estudio, resulta necesario garantizar la viabilidad técnica y constructiva de las posibles extensiones futuras de la línea L11, de manera la geometría en planta y alzado de la estación de Conde de Casal y del túnel del fondo de saco posterior a la misma sean compatibles con los posibles trazados de túnel de esas prolongaciones

A tal efecto, se han estudiado trazados de prolongación de la línea hacia las estaciones de La Elipa L2 y Alsacia L2, según indicaciones del Consorcio Regional de Transporte de Madrid, basadas en las estimaciones de demanda.

Asimismo, entre estas estaciones y Conde de Casal, se estudian posibles estaciones de intercambio con la línea L9 en Estrella, Vinateros o Artilleros.

Por un lado, se han estudiado posibles trazados de prolongación de la Línea 11 desde Conde de Casal hasta La Elipa, donde presentarían intercambio con la línea 2.

Se han estudiado tres trazados:

- Opción A, que presenta intercambio con la L9 en Estrella,
- Opciones B y C, con intercambio en L9 en Vinateros.

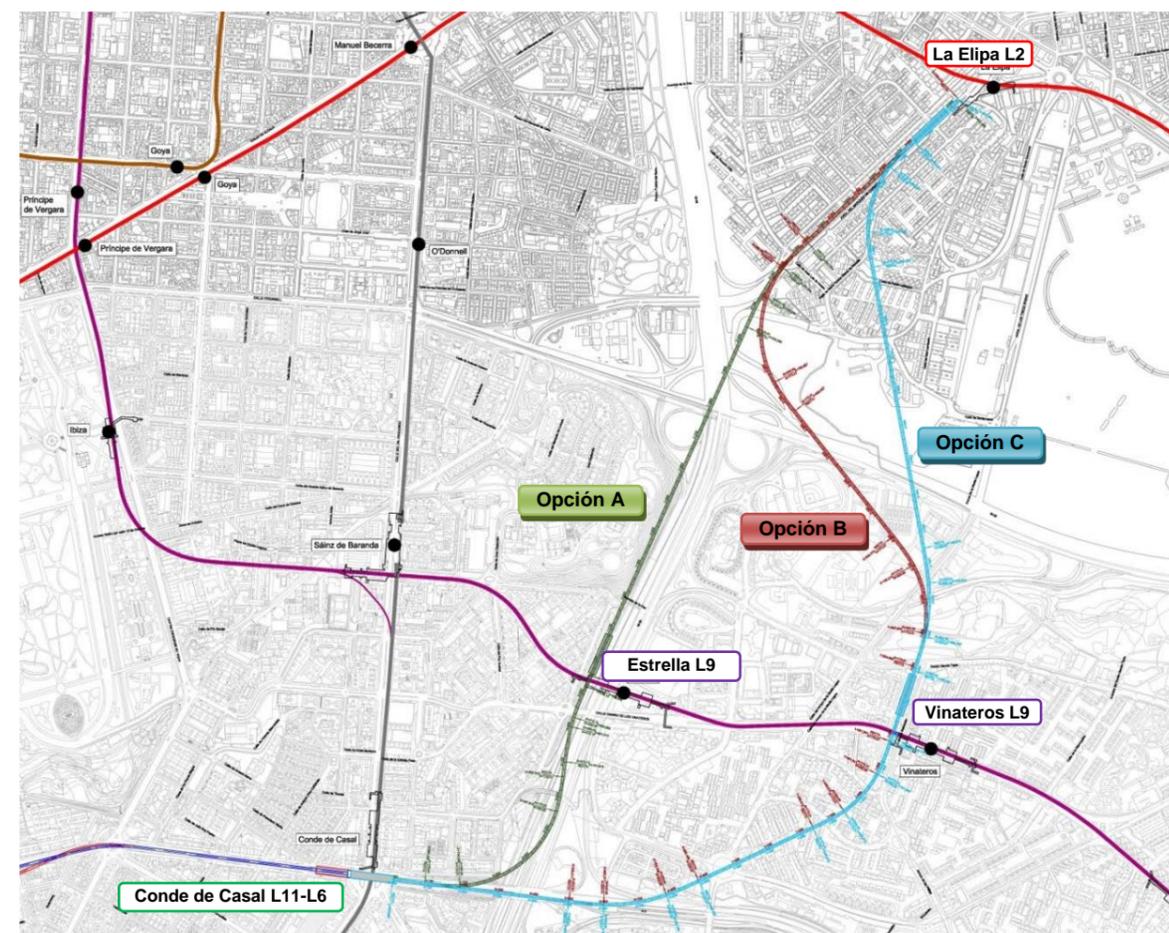


Figura nº 62. Planta de trazado de la prolongación Conde de Casal - La Elipa

Las tres opciones de trazado son viables geoméricamente, cumpliendo con los parámetros básicos de trazado de Metro de Madrid. En todas ellas se garantiza el paso bajo las infraestructuras soterradas de la M-30, principal condicionante de la prolongación.

En las opciones B y C el trazado del fondo de saco previsto en Conde de Casal se convertiría en túnel de línea. En la opción A, dicho fondo de saco no sería aprovechable, ya que su utilización impediría geoméricamente el intercambio en Estrella.

Por otro lado, se han estudiado posibles trazados de prolongación de la Línea 11 desde Conde de Casal hasta Alsacia, donde presentarían intercambio con la línea 2.

Se han estudiado dos trazados:

- Opción A: presenta intercambio con la Línea 9 en Artilleros.
- Opción B: presenta intercambio con la Línea 9 en Vinateros.

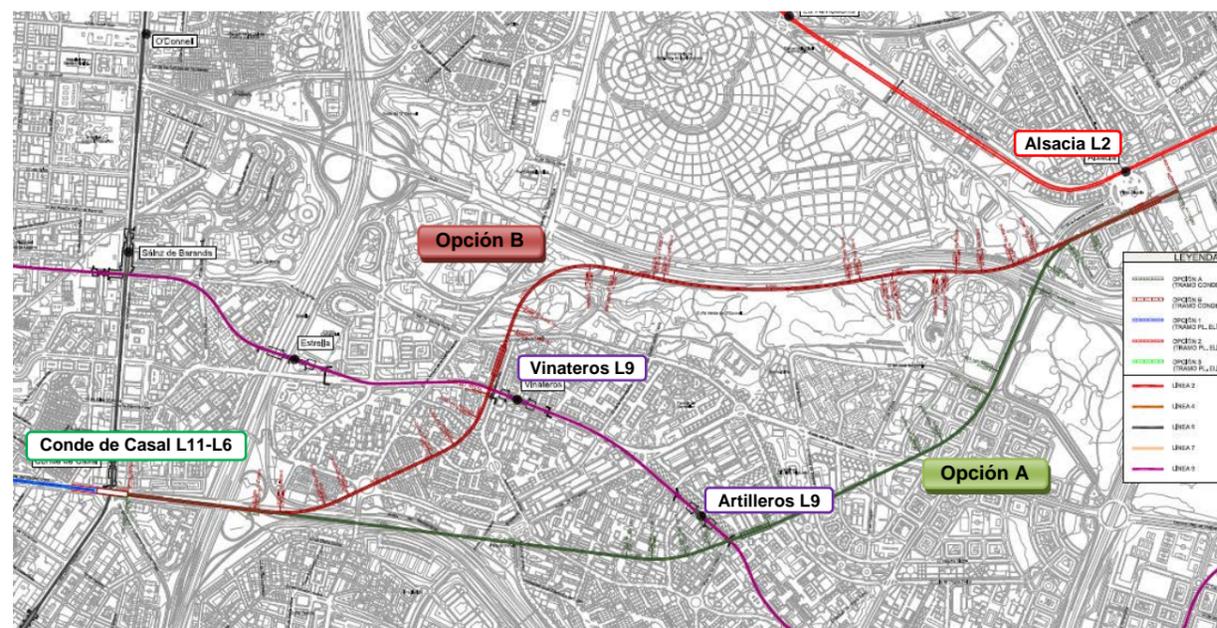


Figura nº 63. Planta de trazado de la prolongación Conde de Casal - Alsacia

Las dos opciones de trazado son viables geoméricamente, cumpliendo con los parámetros básicos de trazado de Metro de Madrid. En todas ellas se garantiza el paso bajo las infraestructuras soterradas de la M-30, principal condicionante de la prolongación. En ambas opciones el trazado del fondo de saco previsto en Conde de Casal se convertiría en túnel de línea.

La descripción detallada de dichos trazados puede consultarse en el Anejo nº 7. Trazado.

Se concluye que cualquiera de los cinco trazados propuestos es viable técnicamente, si bien la opción de prolongación a La Elipa con correspondencia en Estrella es muy forzada. Además, esta opción no aporta demasiados beneficios funcionales, dada la cercanía del intercambio con Sainz de Baranda.

Las otras cuatro opciones comparten el mismo trazado desde Conde de Casal, en sus primeros 500 metros de desarrollo, lo que independiza el diseño del fondo de saco en el presente Estudio de la futura prolongación de la línea.

4. COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS

En el Anejo nº 19 Coordinación con Otros Organismos se incluye el listado de toda la documentación solicitada y recibida para el desarrollo del “Estudio Informativo de Ampliación de la Línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica-Conde de Casal.”, así como un resumen de todas las comunicaciones que se han mantenido con los distintos Organismos o empresas afectadas por el estudio.

Por último, se han recopilado todas las infraestructuras que cruzan las tres alternativas proyectadas, y que han sido condicionantes del trazado tanto en planta como en alzado, así como de las estaciones y del resto de infraestructuras proyectadas.

4.1. INFORMACIÓN SOLICITADA

En fase inicial del Estudio Informativo se realizó la petición a diversas Administraciones y Organismos, a través de la Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid, de una serie de documentación necesaria para el desarrollo de los trabajos.

En el Anejo nº 19 Coordinación con Otros Organismos se adjunta dicho listado con la documentación solicitada clasificada por organismo competente e indicando en cada caso la documentación recibida a fecha de redacción del presente documento.

4.2. ORGANISMOS Y EMPRESAS CONSULTADAS

Adicionalmente, para la redacción del presente Estudio Informativo se ha contactado con las siguientes Administraciones y empresas:

ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

- Comunidad Autónoma de Madrid
- Ayuntamiento de Madrid
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif-Alta Velocidad)
- Metro de Madrid
- Consorcio Regional de Transportes de Madrid
- Confederación Hidrográfica del Tajo
- Dirección General de Tráfico (DGT)
- Madrid Calle 30
- Archivo de la Villa
- Archivo General de la Administración del Ministerio de Cultura y Deporte
- Archivo General del Ministerio de Fomento
- Jefatura de Servicios Técnicos y Sistemas de Información y Telecomunicaciones del Ministerio de Defensa
- Entidad Estatal de Suelo (SEPES)
- AEMET

TELECOMUNICACIONES

- BT ESPAÑA COMPAÑÍA DE SERVICIOS GLOBALES DE TELECOMUNICACIONES S.A.U
- COLT TELECOM ESPAÑA S.A
- CORREOS Y TELÉGRAFOS
- ORANGE
- TELEFÓNICA
- VODAFONE ONO, S.A.U.
- MASMOVIL
- ZENER-ALTECABLE REDES, S.A.
- UNIÓN FENOSA REDES DE TELECOMUNICACIÓN, S.L.
- UFINET TELECOM S.A.

ELECTRICIDAD Y GAS

- EDP HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. (HCDE)
- ENAGÁS S.A.

- ENDESA
- GAS NATURAL SDG, S.A. (NEDGIA, GRUPO NATURGY)
- MADRILEÑA RED DE GAS
- UNIÓN FENOSA DISTRIBUCIÓN (GRUPO NATURGY)
- IBERDROLA
- RED ELÉCTRICA ESPAÑA

ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO

- Canal de Isabel II

ESTACIONES DE SERVICIO

- CEPSA
- REPSOL
- SHELL

En el Anejo nº 19 Coordinación con Otros Organismos se relacionan los organismos y servicios a los cuales se ha solicitado información, de acuerdo con las necesidades del estudio, indicando la información solicitada y recibida en cada caso.

5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El Documento núm. 4 del presente Estudio Informativo contempla el “Estudio de Impacto Ambiental” realizado para el Proyecto de ampliación de la Línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica - Conde de Casal.

El objetivo principal de este documento es describir los principales condicionantes ambientales que deben ser tenidos en consideración para la posterior valoración de la idoneidad de la actuación proyectada.

De esta manera, se han recopilado en el ámbito de actuación los datos relativos a la vegetación afectada -con especial consideración en lo relativo al arbolado urbano, sobre el que se ha realizado un inventario detallado- fauna, paisaje y espacios naturales. También se incluyen sendos estudios de ruido y vibraciones, incluyendo un inventario de las edificaciones potencialmente afectadas por el proyecto, y un estudio sobre la potencial afección al patrimonio histórico.

A partir de estos datos se ha elaborado un Documento Ambiental para la Evaluación de Impacto Ambiental. El documento incluye un inventario ambiental que integra la información ambiental

recopilada en esta fase en el ámbito de actuación del Proyecto de ampliación de la Línea 11 del Metro de Madrid. Tramo: Plaza Elíptica - Conde de Casal.

En una fase posterior se ha procedido al análisis de alternativas desde el punto de vista ambiental, a resultas del cual se ha llegado a la conclusión de que las alternativas 1 y 2 son las que resultan ambientalmente más adecuadas.

Posteriormente, se ha realizado una identificación y valoración de los impactos ambientales generados por la ejecución del proyecto. Se incluye una relación de medidas preventivas y correctoras para la minimización de las afecciones, así como un Programa de Vigilancia Ambiental.

6. ESTUDIO DE LA ORGANIZACIÓN Y DESARROLLO DE LAS OBRAS

El plazo de ejecución se prevé de 42 meses para las alternativas 1 y 3 y 45 meses para la alternativa 2.

Considerando los rendimientos y la relación entre las diferentes actividades se ha elaborado un Plan de Obra para cada una de las alternativas, los cuales se adjuntan como apéndice del Anejo nº 20 "Estudio de la organización y desarrollo de las obras".

7. PRESUPUESTO

7.1. ALTERNATIVA 1

Se incluye a continuación el resumen del presupuesto de la alternativa 1, desglosado por capítulos.

01	TÚNEL.....	103.151.866,23
02	ESTACIONES.....	157.008.768,04
03	TRATAMIENTOS DEL TERRENO.....	20.704.875,00
04	SUPERESTRUCTURA.....	10.195.000,00
05	ELECTRIFICACIÓN FERROVIARIA.....	3.888.100,00
06	INSTALACIONES FERROVIARIAS.....	12.224.250,00
07	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS.....	2.031.047,50
08	INTEGR. AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS.....	7.641.237,21
09	PARTIDAS NO TRAMIFICADAS.....	3.254.600,00
10	AFECCIONES FERROVIARIAS.....	249.200,00
11	SEGURIDAD Y SALUD.....	6.600.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		326.948.943,98
	13,00 % Gastos generales.....	42.503.362,72
	6,00 % Beneficio industrial.....	19.616.936,64
Suma.....		62.120.299,36
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		389.069.243,34
	21% IVA.....	81.704.541,10
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA		470.773.784,44

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRESCIENTOS VEINTISEIS MILLONES NOVECIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS (326.948.943,98 €).

Asciende el presupuesto base de licitación sin IVA a la expresada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y NUEVE MILLONES SESENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS (389.069.243,34 €).

Asciende el presupuesto base de licitación con IVA a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA MILLONES SETECIENTOS SETENTA Y TRES MIL SETECIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (470.773.784,44 €).

7.2. ALTERNATIVA 2

Se incluye a continuación el resumen del presupuesto de la alternativa 2, desglosado por capítulos.

01	TÚNEL.....	96.912.240,23
02	ESTACIONES.....	173.818.676,27
03	TRATAMIENTOS DEL TERRENO.....	8.074.755,00
04	SUPERESTRUCTURA.....	9.790.600,00
05	ELECTRIFICACIÓN FERROVIARIA.....	3.687.500,00
06	INSTALACIONES FERROVIARIAS.....	12.224.250,00
07	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS.....	1.923.325,22
08	INTEGR. AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS.....	7.918.889,14
09	PARTIDAS NO TRAMIFICADAS.....	3.118.850,00
10	AFECCIONES FERROVIARIAS.....	249.200,00
11	SEGURIDAD Y SALUD.....	6.375.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		324.093.285,86
	13,00 % Gastos generales.....	42.132.127,16
	6,00 % Beneficio industrial.....	19.445.597,15
Suma.....		61.577.724,31
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		385.671.010,17
	21% IVA.....	80.990.912,14
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA		466.661.922,31

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRESCIENTOS VEINTICUATRO MILLONES NOVENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS (324.093.285,86 €).

Asciende el presupuesto base de licitación sin IVA a la expresada cantidad de TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO MILLONES SEISCIENTOS SETENTA Y UN MIL DIEZ EUROS con DIECISIETE CÉNTIMOS (385.671.010,17 €).

Asciende el presupuesto base de licitación con IVA a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y SEIS MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y UN MIL NOVECIENTOS VEINTIDOS EUROS con TREINTA Y UN CÉNTIMOS (466.661.922,31 €).

7.3. ALTERNATIVA 3

Se incluye a continuación el resumen del presupuesto de la alternativa 3, desglosado por capítulos.

01	TÚNEL.....	110.108.537,63
02	ESTACIONES.....	141.551.585,30
03	TRATAMIENTOS DEL TERRENO.....	17.002.185,00
04	SUPERESTRUCTURA.....	9.863.800,00
05	ELECTRIFICACIÓN FERROVIARIA.....	3.722.900,00
06	INSTALACIONES FERROVIARIAS.....	12.224.250,00
07	INSTALACIONES NO FERROVIARIAS.....	1.942.800,88
08	INTEGR. AMBIENTAL Y GESTIÓN DE RESIDUOS.....	6.821.890,84
09	PARTIDAS NO TRAMIFICADAS.....	3.063.050,00
10	AFECCIONES FERROVIARIAS.....	254.200,00
11	SEGURIDAD Y SALUD.....	6.150.000,00
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....		312.705.199,65
	13,00 % Gastos generales.....	40.651.675,95
	6,00 % Beneficio industrial.....	18.762.311,98
	Suma.....	59.413.987,93
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA.....		372.119.187,58
	21% IVA.....	78.145.029,39
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.....		450.264.216,97

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de TRESCIENTOS DOCE MILLONES SETECIENTOS CINCO MIL CIENTO NOVENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS (312.705.199,65 €).

Asciende el presupuesto base de licitación sin IVA a la expresada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y DOS MILLONES CIENTO DIECINUEVE MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS (372.119.187,58 €).

Asciende el presupuesto base de licitación con IVA a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS CINCUENTA MILLONES DOSCIENTOS SESENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS DIECISEIS EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS (450.264.216,97 €).

8. ANÁLISIS COMPARATIVO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Como se ha desarrollado en capítulos anteriores, las alternativas estudiadas de prolongación de la Línea 11 incluyen en su recorrido 3 o 4 estaciones según la alternativa, pero todas ellas presentan una estación intermedia en Atocha-Renfe y una estación final en Conde de Casal. Es decir, existen tres puntos fijos por los que pasan las diferentes alternativas de prolongación diseñadas: Plaza Elíptica (estación de origen), Atocha-Renfe (intercambio con Línea 1), y Conde de Casal (final de línea e intercambio con Línea 6).

Establecidos esos puntos de paso, se han planteado diferentes soluciones de trazado entre Plaza Elíptica y Atocha-Renfe, con una o dos estaciones intermedias, mientras que el trazado entre Atocha-Renfe y Conde de Casal admite menos variaciones.

Durante la redacción del Estudio Informativo, se han analizado múltiples opciones de trazado, de las cuales 3 se han considerado susceptibles de analizar en profundidad con el objeto de determinar su viabilidad como opción a desarrollar constructivamente. Para estas 3 alternativas, se ha desarrollado un estudio económico y un análisis multicriterio para compararlas.

8.1. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD SOCIOECONÓMICO

El análisis socioeconómico permite medir, en términos monetarios, la aportación neta del proyecto al conjunto de la sociedad, considerando los costes y beneficios monetarizados para los diferentes agentes involucrados. En nuestro caso, éstos serán el administrador y explotador de la infraestructura, por un lado, y por el otro los usuarios de la futura ampliación de la línea 11.

La evaluación de la rentabilidad socioeconómica ha llevado a cabo siguiendo las indicaciones de los siguientes documentos

- Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects. Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020, de la Comisión Europea (*Guía para el análisis coste- beneficio de la Comisión Europea para el periodo 2014-2020*)
- Manual de Evaluación Económica de Proyectos del Transporte publicado por el CEDEX en agosto de 2010.
- "Guía para la Evaluación de Proyectos de Transporte" del Colegio de Ingenieros de Caminos de Cataluña, con fecha de abril de 2010.
- Nota de Servicio 3/2014 sobre prescripciones y recomendaciones técnicas relativas a los contenidos mínimos a incluir en los estudios de rentabilidad de los estudios informativos o anteproyectos, de la Subdirección General de Estudios y Proyectos

8.1.1. Metodología

Para evaluar la rentabilidad de las distintas alternativas se han utilizado los siguientes indicadores socioeconómicos:

- VAN Valor Actual Neto del proyecto, considerando diferentes tasas de descuento.
- TIR Tasa Interna de Retorno
- Relación B/C
- PRI período de recuperación de la inversión

La metodología de cálculo de la rentabilidad se basa en la comparación con una alternativa de referencia (o escenario 0). Así, la rentabilidad de una alternativa se determina a partir de la diferencia de costes del sistema, que en caso de implementarse dicha alternativa se corresponde con la comparación de no hacer nada sobre el sistema.

La metodología parte de la base de que todo nuevo servicio de transporte provoca una redistribución en las variables de movilidad del sistema. La nueva distribución de viajes asociada a cada alternativa supondrá una variación en el tiempo dedicado al transporte que afectará tanto a los usuarios directos del nuevo servicio como a los que continuarían utilizando el medio de transporte que ya utilizan actualmente.

La evaluación económico-social de la inversión se ha realizado mediante el cálculo de la TIR, definida como el tipo de interés que hace que el valor actual neto (VAN) del proyecto se iguale a cero.

De este modo, para que una alternativa sea rentable económicamente, es necesario que se den las siguientes condiciones:

- $TIR > r$
- $VAN > 0$
- $B/C > 1$

Considerándose en la comparación más idóneas, desde un punto de vista de rentabilidad, las alternativas con VAN, TIR y B/C más elevados.

En cuanto a la vida del proyecto, se ha considerado un periodo de operación de 30 años, lo que sumado a la construcción, prevista en 4 años, resulta un horizonte temporal de la evaluación de treinta y cuatro (34) años.

Las obras se suponen iniciadas en el año 2021, siendo por lo tanto el año horizonte el 2054.

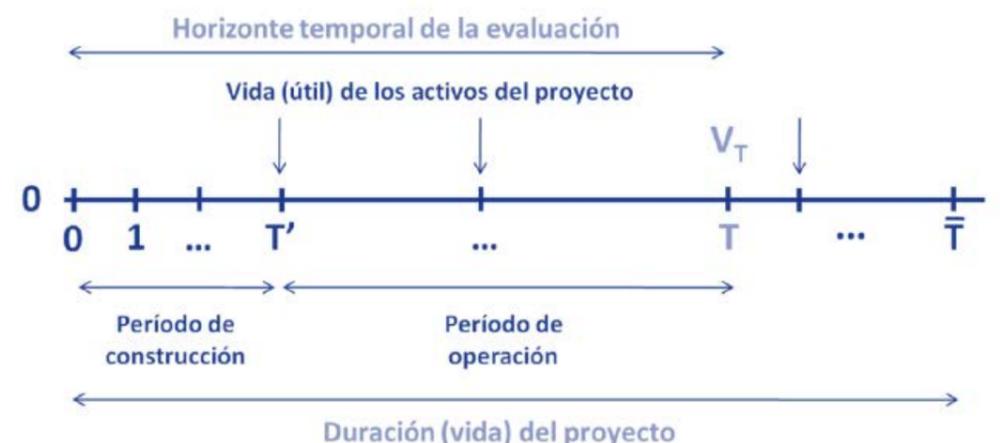


Figura nº 64. Valor terminal de un proyecto de transporte.
 Fuente: Manual de Evaluación Económica de Proyectos del Transporte (CEDEX)

8.1.2. Demanda de la futura infraestructura

A partir de las simulaciones realizadas por el Consorcio Regional de Transporte para los años 2017, 2025 y 2035, se ha realizado la proyección de la demanda prevista, para cada alternativa. Esta previsión se muestra en la tabla que sigue:

n	Año / r	r _{alt 1}	r _{alt 2}	r _{alt 3}	Demanda prevista (pasajeros/día)		
					Opc.1 Azul	Opc.2 Roja	Opc.3 Verde
					0,16%	0,09%	0,06%
1	2021	0,16%	0,09%	0,06%	70.320	69.089	63.869
2	2022	0,16%	0,09%	0,06%	70.433	69.149	63.910
3	2023	0,16%	0,09%	0,06%	70.547	69.209	63.951
4	2024	0,16%	0,09%	0,06%	70.661	69.270	63.993
1	5 2025	0,16%	0,09%	0,06%	70.775	69.330	64.034
2	6 2026	3,57%	3,50%	3,57%	73.298	71.756	66.317
3	7 2027	3,57%	3,50%	3,57%	75.912	74.268	68.682
4	8 2028	3,57%	3,50%	3,57%	78.618	76.867	71.131
5	9 2029	3,57%	3,50%	3,57%	81.421	79.557	73.667
6	10 2030	3,57%	3,50%	3,57%	84.324	82.342	76.294
7	11 2031	3,57%	3,50%	3,57%	87.330	85.223	79.015
8	12 2032	3,57%	3,50%	3,57%	90.443	88.206	81.832
9	13 2033	3,57%	3,50%	3,57%	93.668	91.293	84.750
10	14 2034	3,57%	3,50%	3,57%	97.007	94.488	87.772
11	15 2035	3,57%	3,50%	3,57%	100.466	97.795	90.902
12	16 2036	0,35%	0,35%	0,35%	73.555	72.053	66.549
13	17 2037	0,34%	0,34%	0,34%	73.752	72.246	66.728

n	Año / r	r _{alt 1}	r _{alt 2}	r _{alt 3}	Demanda prevista (pasajeros/día)			
					Opc.1 Azul	Opc.2 Roja	Opc.3 Verde	
					0,16%	0,09%	0,06%	
14	18	2038	0,34%	0,34%	0,34%	73.940	72.430	66.898
15	19	2039	0,33%	0,33%	0,33%	74.118	72.605	67.059
16	20	2040	0,32%	0,32%	0,32%	74.286	72.770	67.211
17	21	2041	0,32%	0,32%	0,32%	74.445	72.925	67.354
18	22	2042	0,31%	0,31%	0,31%	74.593	73.070	67.489
19	23	2043	0,30%	0,30%	0,30%	74.732	73.206	67.614
20	24	2044	0,30%	0,30%	0,30%	74.860	73.332	67.730
21	25	2045	0,29%	0,29%	0,29%	74.979	73.448	67.837
22	26	2046	0,28%	0,28%	0,28%	75.087	73.554	67.935
23	27	2047	0,28%	0,28%	0,28%	75.185	73.650	68.024
24	28	2048	0,27%	0,27%	0,27%	75.273	73.736	68.104
25	29	2049	0,26%	0,26%	0,26%	75.351	73.813	68.174
26	30	2050	0,25%	0,25%	0,25%	75.418	73.879	68.235
27	31	2051	0,25%	0,25%	0,25%	75.476	73.935	68.287
28	32	2052	0,24%	0,24%	0,24%	75.522	73.980	68.329
29	33	2053	0,23%	0,23%	0,23%	75.559	74.016	68.362
30	34	2054	0,23%	0,23%	0,23%	75.585	74.042	68.386

Tabla 50. Demanda prevista (viajes/día) en las tres alternativas estudiadas

8.1.3. Costes

Como **coste de construcción** (inversión inicial en la infraestructura) se ha considerado el calculado en el Presupuesto Base de Licitación (PBL) sin IVA, considerándose los que se muestran en la tabla siguiente:

ALTERNATIVA	PEM	PBL (PEM + 19%)
Alternativa 1	326.948.943,98 €	389.069.243,34 €
Alternativa 2	324.093.285,86 €	385.671.010,17 €
Alternativa 3	312.705.199,65 €	372.119.187,58 €

Tabla 51. Inversión en infraestructura

Se prevé una fase de obras de 4 años, a contar desde su inicio, repartiéndose la inversión como sigue:

- Año 1: 15% del presupuesto
- Año 2: 25% del presupuesto

- Año 3: 35% del presupuesto
- Año 4: 25% del presupuesto

Como **inversión en material móvil**, se ha considerado el coste que supone la adquisición de los coches necesarios para mantener en servicio la línea. Se ha tenido además en cuenta que la vida útil del material rodante es de 40 años, superior por lo tanto al período de operación de 30 años previsto, por lo que al final del período de operación, éste mantiene un cierto valor residual. Para tener en consideración este valor residual, se ha minorado el valor de compra aplicándole un factor de 0,75, calculado como la proporción entre el período de operación y la vida útil del material.

En consecuencia, el valor de la inversión en material móvil se calcula en la tabla que sigue:

	Inversión en material móvil (€)		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Unidades necesarias	24	24	24
Coste unitario (€ud)	1.800.000,00	1.800.000,00	1.800.000,00
Coste total (€)	43.200.000,00	43.200.000,00	43.200.000,00
Coef. Vida residual	0,75	0,75	0,75
Valor de la inversión	32.400.000,00	32.400.000,00	32.400.000,00

Tabla 52. Inversión en material móvil

Esta inversión se llevará a cabo el año el último año de construcción, coincidiendo con la puesta en servicio.

Como **costes de operación, mantenimiento y energía de los trenes** se ha considerado un coste de 2,59 €/coche. Km. año, supuesto calculado para el año 2019. Este coste se incrementa anualmente con el IPC, considerado éste del 1,2% anual y acumulable.

En cuanto al **coste de mantenimiento de las estaciones**, se ha considerado un coste de mantenimiento y operación de cada estación de 941.635,27 €, según datos disponibles, y que incluyen su coste de operación, mantenimiento y energía. Este coste será también actualizado de acuerdo con la inflación, supuesta ésta del 1,2%, a partir del año 2019.

Con respecto a los **costes generales y de estructura** de la explotación del servicio, éste se valora en un 17% de los costes de operación y mantenimiento previamente citados.

8.1.4. Beneficios

Los beneficios derivados de la puesta en marcha de la futura infraestructura se calculan como la diferencia de costes respecto a la situación actual, en relación a los siguientes aspectos:

- Ingresos por tarifa
- Ahorro de tiempo frente a sistemas alternativos (vehículo privado).
- Costes de operación de los vehículos
- Reducción del número de accidentes
- Externalidades del transporte.
- Efecto del tráfico inducido.
- Descongestión del tráfico urbano.
- Optimización del sistema de transportes

Los beneficios totales por día han repercutido en beneficios anuales considerando 280 días equivalentes por año ya que la demanda en fin de semana y agosto es inferior al día laborable medio.

Para el cálculo de los **ingresos por tarifa**, y de acuerdo con el Informe anual de Metro de Madrid correspondiente al año 2017, el tipo de billete más utilizado por los usuarios del metro es el abono transporte mensual (70,82%), seguido del metrobús de 10 viajes (18,97€).

En cuanto al precio del viaje en el caso de uso del abono mensual, y para el caso de la zona A, el precio del abono es de 54,60 €. Suponiendo un promedio de 2 viajes al día en día laborable y 1 viaje por fin de semana, resulta un número de viajes promedio mensual de 47 viajes. En consecuencia, el precio medio del viaje es de 1,17 €/viaje.

En el caso del metrobús de 10 viajes, precio de la tarjeta metrobús de 10 viajes es de 12,20 Euros, de manera que cada viaje cuesta 1,20 €.

Puesto que el resto de las tarifas son más onerosas que las citadas, además de suponer sólo 10,21% de los viajes, la consideración únicamente de los dos abonos citados es conservadora y nos deja del lado de la seguridad. En consecuencia, el precio medio del viaje a considerar será:

Precio del viaje = $(0,7082 \times 1,17 + 0,1897 \times 1,20) / (0,7082 + 0,1897) = 1,18 \text{ €/viaje}$.

Este precio se actualiza con el IPC, al igual que en el caso de los costes de mantenimiento y operación.

En lo relativo a los **beneficios por ahorros de tiempo** y su valoración económica, Para los viajeros que utilicen la nueva infraestructura, la nueva conexión entre Plaza Elíptica y Conde de Casal supondrá un ahorro de tiempo respecto a los medios existentes de transporte (metro,

autobús y vehículo privado) para cubrir este trayecto. Para determinar el valor económico de este tiempo se adoptará un valor de 8 €/h • persona (valor utilizado por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid en algunos de sus últimos estudios). Este valor debe ser actualizado de acuerdo con el IPC para los años posteriores al año 2019, que se estima en un 1,2% anual.

La velocidad media de los vehículos en Madrid es de unos 12 km/h (velocidad promedio para el interior del 1^{er} cinturón, según los datos de intensidad media en días laborables 2005-2018 accesibles en la página web del Ayuntamiento de Madrid (<https://datos.madrid.es>). En cuanto a la velocidad comercial de la red de metro, y de acuerdo con la modelización realizada, ésta será de 39,1 km/h para la alternativa 1, de 38,0 km/h para la alternativa 2, y de 40,7 km/h para la alternativa 3.

Con estos valores es posible calcular el ahorro de tiempo para cada alternativa.

En cuanto a los **beneficios por ahorro en los costes de operación de los vehículos**, se estima que un 5% de los usuarios de la nueva infraestructura corresponden a pasajeros que actualmente realizan este trayecto en vehículo privado, y que cambiarán de modo de transporte una vez se ponga en servicio la nueva L11.

La ocupación media de los vehículos privados se estima en 1,4 personas por vehículo, según la EDM2018 (datos aún no consolidados). El coste de operación de los vehículos ha sido obtenido como suma de los costes de consumo de combustibles amortización, consumo de lubricantes, gasto de neumáticos de los vehículos y mantenimiento y conservación. Este importe, calculado para el año de redacción de este documento se actualiza de acuerdo con la inflación prevista, del 1,2%.

Para la estimación del **beneficio por reducción de la accidentalidad**, se ha evaluado su impacto, distinguiendo entre fallecidos, heridos graves y heridos leves. Su coste agregado es publicado por la Dirección General de Tráfico. En 2011 los valores oficiales eran 1.400.000 € al hecho de evitar una víctima mortal, 219.000 € a prevenir un herido grave y 6.100 € un herido leve, debiendo, en ausencia de datos más recientes, ser actualizados con el IPC.

Los beneficios por reducción de **externalidades de transporte** consideran la disminución de los costes externos del transporte (que no están sujetos a una transferencia monetaria), derivados del cambio de modo de transporte una vez funcione la nueva infraestructura. Se ha considerado como principal externalidad el coste de emisión de CO₂. Para ello se ha supuesto un consumo medio de combustible de 5,58 l/100 km, y una generación de CO₂ = 3,15 tn/tn carburante (aplicando formulación de la herramienta CO2TA). El precio de la tonelada de CO₂ emitida se ha estimado a

22 €, según los últimos datos del Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono.

En cuanto al efecto de la **demanda inducida**, y en nuestro caso, dado el carácter de la infraestructura, eminentemente urbana, la aparición de la nueva infraestructura no se prevé que genere demanda inducida.

En cuanto a la **descongestión de la red viaria**, en la actualidad altamente regulada por semáforos y con un alto grado de saturación, no se prevé que la puesta en servicio de la nueva prolongación de la L11, y en consecuencia de la captación de tráfico que se genera, produzca un efecto apreciable en el estado del tráfico, ni una descongestión apreciable para el resto de los vehículos.

En cuanto a la **optimización del sistema de transportes**, éste tiene en cuenta que la entrada en servicio de la nueva línea implica la modificación de los trayectos que algunos viajeros siguen en la actualidad. El Coste Generalizado del Transporte Público, medido en viajeros-hora, ha sido calculado por el Consorcio Regional de Transportes de Madrid, para dos escenarios:

- Escenario 1: año 2017. El coste Generalizado del Transporte Público es de 5.870.848 viaj.hora
- Escenario 2: Año 2025. Tras la puesta en servicio de las alternativas, el coste Generalizado del Transporte Público es de 6.042.878 viaj.hora para la alternativa 1, 6.042.148 viaj.hora para la 2 y de 6.043.525 viaj.hora para la 3.

Como diferencia entre el escenario base y los escenarios tras la puesta en servicio de las alternativas, y aplicando un coste de 8€/h al ahorro de tiempo calculado, se obtiene la valoración del ahorro debido a la entrada en servicio de la ampliación proyectada. El coste horario de 8€/h ha sido calculado para el año actual 2019, actualizándose con una tasa de crecimiento igual a la inflación, del 1,2%. Adicionalmente se ha aplicado un coeficiente de crecimiento para cada alternativa, según el crecimiento de la demanda de la infraestructura.

8.1.5. Resultados y conclusión

Para cada una de las alternativas se han calculado los costes de inversión, costes de operación y mantenimiento y los beneficios a lo largo del periodo de evaluación

De acuerdo con la Guía de la Comisión Europea para el análisis coste beneficio de proyectos de inversión, la tasa social de descuento recomendada para la evaluación de proyectos debe basarse en la tasa social de preferencia temporal que, a su vez, se construye a partir de la tasa prevista de crecimiento del PIB, la utilidad marginal de la renta y la tasa de preferencia temporal pura. Para la

evaluación del presente proyecto se ha elegido utilizar una tasa de descuento del 3,0% de acuerdo con la recomendación de la Guía para el análisis coste-beneficio de la Comisión Europea para el periodo 2014-2020 para los Estados Miembros distintos a aquellos denominados “Cohesion countries” como es el caso de España.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis de sensibilidad considerando tres escenarios adicionales con diferentes estimaciones de demanda y variación de costes

- Escenario 1: Tasa de descuento de un 3%. Escenario base
- Escenario 2: Tasa de descuento de un 3% y una disminución de la demanda del 5%.
- Escenario 3: Tasa de descuento de un 3% y adicionalmente a una disminución de la demanda del 5% junto con un aumento de los costes de construcción del 10%.
- Escenario 4: Tasa de descuento de un 3%, y adicionalmente una disminución de la demanda del 5%, un aumento de los costes de construcción del 10% y un aumento de los costes de explotación del 25 %.

En el cuadro que sigue se muestran los parámetros de rentabilidad considerados, según los escenarios descritos.

ESCE NARIO	Dism. Dem. 5%	Incr. Coste cons. 10%	Incr. Coste explot 25%	ALTERNATIVA 1				ALTERNATIVA 2				ALTERNATIVA 3			
				V.A.N. (€)	B/C	T.I.R.	P.R.I	V.A.N.	B/C	T.I.R.	P.R.I	V.A.N.	B/C	T.I.R.	P.R.I
1				341.728.709	1,68	7,91%	18	322.325.455	1,65	7,70%	18	295.482.114	1,64	7,50%	18
2	x			299.554.788	1,60	7,38%	19	281.292.016	1,56	7,20%	19	257.573.987	1,56	6,99%	20
3	x	x		263.616.408	1,49	6,63%	20	242.788.833	1,45	6,40%	21	220.322.587	1,44	6,20%	21
4	x	x	x	235.221.676	1,42	6,29%	21	214.460.959	1,38	6,00%	22	197.780.977	1,38	5,91%	22

Tabla 53 Resumen de parámetros de rentabilidad de los escenarios calculados

Se comprueba que todas las alternativas son viables social y económicamente, pues su tasa de rentabilidad es superior a la tasa de descuento recomendada del 3%.

En cuanto a los parámetros de rentabilidad, se comprueba que para todos los parámetros analizados (VAN, TIR y relación B/C) la alternativa 1 es la más rentable, siendo la alternativa 3 la menos rentable en todos ellos.

Se comprueba además, que de los factores considerados, es el incremento (del 10%) de los costes de mantenimiento el que más repercusión tiene sobre el proyecto, con un impacto un 50% superior

al de la disminución de la demanda (del 5%) y un 30% superior al del incremento de coste de construcción.

$$\text{Valoración alternativa} = a. I_{\text{FUN}} + b. I_{\text{AMB}} + c. I_{\text{ECO}} + d. I_{\text{TER}}$$

8.2. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Se ha llevado a cabo un análisis multicriterio de las 3 alternativas de trazado planteadas en este Estudio Informativo, con el objetivo de evaluar la idoneidad de las mismas en función de cuatro criterios, obteniendo como resultado la mejor de las alternativas evaluadas.

Se han definido cuatro objetivos a satisfacer por la actuación, que se traducen en criterios de valoración de la misma:

- Objetivo **funcional**: obtener la alternativa que ofrezca un mejor servicio al usuario.
- Objetivo **ambiental**: obtener la alternativa que produzca menor impacto residual sobre el medio.
- Objetivo **económico**: obtener la alternativa que presente la mayor rentabilidad económica.
- Objetivo **territorial / social**: obtener la alternativa que aporte una mejora más significativa de la oferta de transporte en la zona por la que transcurre, y en consecuencia alcance la mayor demanda ferroviaria.

Cada objetivo se cuantifica mediante unos índices, denominados I_{FUN} , I_{AMB} , I_{ECO} e I_{TER} respectivamente, obtenidos en base a determinados indicadores.

A cada uno de estos objetivos, se le asigna un peso con la finalidad de reflejar su importancia relativa a la hora de escoger la mejor alternativa. En este estudio, se han adoptado los siguientes pesos:

Objetivo	Peso
Funcional (a)	0.25
Ambiental (b)	0.20
Económico (c)	0.30
Territorial (d)	0.25

Tabla 54. Pesos asignados a los objetivos

La valoración final de cada alternativa se obtiene a partir de la aplicación del peso dado a cada objetivo a los índices correspondientes:

La valoración de cada criterio para cada alternativa es la siguiente:

Alternativa	Funcional		Ambiental		Económico		Territorial	
	I_{FUN}	Ponderación	I_{AMB}	Ponderación	I_{ECO}	Ponderación	I_{TER}	Ponderación
Alternativa 1	0,62	0,25	0,55	0,2	0,71	0,3	1,00	0,25
Alternativa 2	0,20		0,51		0,71		0,86	
Alternativa 3	0,60		0,44		0,77		0,68	

Tabla 55. Valoración de criterios por alternativa

En el Anejo nº 6 de Definición y selección de alternativa. Análisis multicriterio, se incluye el procedimiento completo de obtención de estas valoraciones, teniendo en cuenta los factores analizados dentro de cada criterio.

A partir de los índices indicados, resulta la siguiente valoración global para cada alternativa:

Alternativa	Valoración global
Alternativa 1	0,73
Alternativa 2	0,58
Alternativa 3	0,64

Tabla 56. Valoración global de alternativas

El resultado del análisis multicriterio indica que la alternativa que presenta una mejor valoración global es la **Alternativa 1**.

Finalmente, con el objetivo de comprobar la idoneidad de los pesos escogidos para cada uno de los criterios y evaluar definitivamente las diferentes alternativas, considerando otros factores de ponderación, el análisis multicriterio incluye un análisis de sensibilidad y un análisis de robustez.

El análisis de robustez consiste en aplicar todas las combinaciones posibles de pesos (de 0 a 1, con incrementos de 0.05) a todos los criterios comprendidos en el modelo numérico anterior, obteniéndose el número de veces que cada alternativa resulta ser óptima. Este procedimiento es el más desprovisto de componentes subjetivos, y pone de relieve qué alternativas presentan mejor comportamiento general con los criterios marcados.

El análisis de sensibilidad consiste en aplicar el mismo procedimiento que en el análisis de robustez, pero limitando los valores posibles de cada peso a un cierto rango, este caso de + / - 0.20, con incrementos de 0.05, de manera que se intenta ir acercando las ponderaciones de los criterios a los pesos asignados previamente. Se puede analizar así la sensibilidad de los mismos en la obtención de la alternativa seleccionada.

Los resultados obtenidos en estos análisis son los siguientes:

- En el análisis de robustez, se observa que la Alternativa 1 resulta ganadora en el 91,91% de las combinaciones posibles, mientras que la Alternativa 3 resulta ganadora en solo el 8,09% de las combinaciones. La Alternativa 2 no se impone en ningún caso.
- En el análisis de sensibilidad, Observamos que la Alternativa 1 resulta ganadora en el 100% de las combinaciones posibles.

9. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL ESTUDIO

El Estudio Informativo consta de los siguientes documentos:

DOCUMENTO NÚM. 1. MEMORIA

Memoria

Anejos

- Anejo núm. 1. Antecedentes
- Anejo núm. 2. Cartografía
- Anejo núm. 3. Geología y geotecnia
- Anejo núm. 4. Hidrología, climatología y drenaje
- Anejo núm. 5. Planeamiento urbanístico
- Anejo núm. 6. Definición y selección de alternativas. Análisis multicriterio
- Anejo núm. 7. Trazado
- Anejo núm. 8. Inventario edificaciones y cimentaciones
- Anejo núm. 9. Estudio de demanda
- Anejo núm. 10. Estructuras
- Anejo núm. 11. Túneles
- Anejo núm. 12. Superestructura de vía
- Anejo núm. 13. Diseño arquitectónico de estaciones
- Anejo núm. 14. Instalaciones ferroviarias

- Anejo núm. 15. Instalaciones no ferroviarias
- Anejo núm. 16. Evacuación de estaciones y túnel
- Anejo núm. 17. Servicios afectados
- Anejo núm. 18. Expropiaciones y ocupaciones temporales
- Anejo núm. 19. Coordinación con otros organismos
- Anejo núm. 20. Estudio de la organización y desarrollo de las obras
- Anejo núm. 21. Reportaje fotográfico
- Anejo núm. 22. Presupuesto total estimado

DOCUMENTO NÚM. 2. PLANOS

1. Índice y situación
2. Planos de conjunto
3. Implantación sobre ortofotomapa
4. Esquemas de vías
5. Trazado
6. Secciones tipo
7. Geotecnia
8. Drenaje
9. Estaciones
10. Pozos y salidas de emergencia
11. Túneles y obras subterráneas
12. Superestructura de vía
13. Servicios afectados
14. Expropiaciones y ocupaciones temporales

DOCUMENTO NÚM. 3. PRESUPUESTO

DOCUMENTO NÚM. 4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

10. CONCLUSIÓN FINAL

Cumpliendo con el objeto del presente contrato se ha llevado a cabo un estudio comparativo de diferentes alternativas de trazado así como de emplazamiento de estaciones, con el objeto final de seleccionar la alternativa óptima mediante un análisis multicriterio considerando criterios ambientales, económicos, funcionales y territoriales.

Como resultado de este análisis, se concluye que la alternativa de trazado más favorable es la Alternativa 1.

Considerando debidamente definidas y justificadas las obras objeto del presente Estudio Informativo, se eleva a la Superioridad para su aprobación si procede.

Madrid, abril de 2019

Los Directores de Estudio



Fdo. Álvaro Abel Núñez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Fdo. Sergio Yepes Seco
Ingeniero Técnico de Obras Públicas

El Autor del Estudio



Fdo. Josep Secanell Nadales
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Vº Bº Subdirector General de Infraestructuras de Transporte Colectivo



Fdo. Álvaro Abel Núñez
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos