DOCUMENTO Nº 1

MEMORIA

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objeto y alcance del Proyecto 1
1.2. Descripción general del Proyecto 1
1.3. Características generales 3

2. ANTECEDENTES 3
2.1. Antecedentes administrativos 3
2.2. Antecedentes técnicos 5
2.2.1. Estudio Informativo 5
2.2.2. Prescripciones del Informe Ambiental 5
2.2.3. Anteproyecto 6
2.2.4. Proyecto de Construcción de la Concesionaria 6
2.2.5. Proyecto de construcción del tramo Guadalmedina Malagueta soterrado 7
2.2.6. Proyecto de construcción del tramo Guadalmedina Malagueta en superficie 7

3. SITUACIÓN ACTUAL 8

4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA 9
4.1. Condicionantes del proyecto 9
4.2. Coordinación con los tramos adyacentes 9
4.3. Ubicación del acceso de la estación 9
4.4. Compatibilidad con la Línea de Cercanías Málaga - Fuengirola 10
4.5. Protección de los ficus centenarios de la Alameda Principal 11
4.6. Mantenimiento de los flujos de agua freática 13
4.7. Diseño de los desvíos de tráfico 14
4.8. Trabajos en el cauce del río Guadalmedina 15
4.9. Afección a los eventos ciudadanos: Semana Santa y otros 16
4.10. Cumplimiento de las condiciones del Informe Ambiental 17
4.10.1. Prescripciones del Informe Ambiental del Metro de Málaga 17
4.10.2. Cumplimiento del IA y medidas adoptadas en el proyecto 17

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 20
5.1. Cartografía y topografía 20
5.2. Geología y procedencia de materiales 21
5.2.1. Encuadre geológico 21
5.2.2. Descripción geológica del trazado 22
5.2.3. Procedencia de materiales 23
5.3. Efectos sísmicos 23
5.4. Climatología e hidrología 23
5.4.1. Climatología 23
5.4.2. Hidrología 24
5.5. Explotación y superestructura ferroviaria 26
5.6. Trazado geométrico 27
5.6.1. Parámetros de trazado 27
5.6.2. Ejes considerados 27
5.6.3. Estación de Atarazanas y esquema de vías 29
5.7. Movimiento de tierras 30
5.8. Drenaje y bombeo 30
5.8.1. Drenaje longitudinal 30
5.8.2. Drenaje transversal profundo 31
5.8.3. Sangrado para la excavación del falso túnel 32
5.9. Geotecnia y túneles 33
5.9.1. Trabajos realizados 33
5.9.2. Características geotécnicas de los materiales 33
5.9.3. Recomendaciones para el proyecto del falso túnel 35
5.9.4. Cálculos de deformación y filtraciones. Tratamientos del terreno 36
5.9.5. Estudio hidrogeológico. Efecto barrera del túnel 37
5.10. Auscultación y control 37
5.11. Estructuras 38
5.11.1. Descripción de las estructuras diseñadas 38
5.11.2. Cálculos estructurales 39
5.12. Diseño arquitectónico de las estaciones 40
5.12.1. Emplazamiento 40

5.12.2. Normativa urbanística aplicable 41
5.12.3. Tipología de la estación 41
5.12.4. Características generales y dimensiones 42
5.12.5. Accesos 42
5.12.6. Programa funcional 42
5.12.7. Obras singulares 43
5.12.8. Seguridad en caso de incendio 44
5.12.9. Compatibilidad con las instalaciones 45
5.13. Urbanización e integración urbana 46
5.13.1. Integración urbana de los nuevos elementos superficiales 46
5.13.2. Reposición de urbanización de las áreas afectadas por la obra 47
5.14. Desvíos provisionales de tráfico 49
5.14.1. Características generales de los desvíos propuestos 49
5.14.2. Desvíos en la Fase 0 50
5.14.3. Desvíos en la Fase 1 50
5.14.4. Desvíos en la Fase 2 51
5.15. Medidas ambientales 52
5.15.1. Generalidades 52
5.15.2. Inventario ambiental 52
5.15.3. Medidas preventivas y correctoras 52
5.15.4. Plan de Seguimiento y Control 53
5.16. Reposición de servicios afectados 54
5.17. Coordinación con otros organismos y servicios 55
5.18. Expropiaciones e indemnizaciones 57
5.19. Replanteo 57
5.20. Plan de control de calidad 57
5.21. Estudio de Seguridad y Salud 57

6. PLAZO DE EJECUCIÓN 58

7. PRESUPUESTO 58
7.1. Presupuesto de Ejecución Material 58
7.2. Presupuesto Base de Licitación 59
7.3. Presupuesto para Conocimiento de la Administración 59
7.4. Clasificación del Contratista 59
7.5. Fórmula de Revisión de Precios 59

8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO 60

9. CONCLUSIÓN 61

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto y alcance del Proyecto

El presente documento es el Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Superestructura de Vía de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, tramo: Guadalmedina – Atarazanas (expediente T-MM6112/PPR0). Se redacta por parte de TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPSA) para la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía, órgano adscrito a la Consejería de Obras Públicas y Vivienda de la Junta de Andalucía.

En cumplimiento del artículo 107 de la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público y del artículo 10 de la Ley 9/2006 de Servicios Ferroviarios de Andalucía, este Proyecto de Construcción define con precisión la solución adoptada para la infraestructura y superestructura de vía de este tramo del Metro de Málaga, con el grado de detalle necesario para su construcción.

El presente documento consta de cuatro documentos: Memoria con sus Anejos, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y Presupuesto. Los preceptivos estudios de detalle exigidos por la legislación vigente están incorporados en distintos Anejos de la Memoria: Estudio Geotécnico, Plan de Obra, Replanteo, Estudio de Gestión de Residuos y el Estudio de Seguridad y Salud.

El alcance del presente Proyecto de Construcción comprende la infraestructura de la línea (estructuras, túneles y excavaciones) y la superestructura de vía, así como la reposición de la urbanización y al desvío de los servicios necesarios para su construcción. De este modo, el proyecto incluye la reposición de los servicios urbanos afectados por las obras (saneamiento, abastecimiento, electricidad, telecomunicaciones, etc.), las obras necesarias para los desvíos de tráfico, la vía en placa y los aparatos de vía necesarios para la explotación, las medidas correctoras ambientales y la urbanización de las zonas afectadas por los trabajos.

Este proyecto no incluye la electrificación de la línea, los sistemas de comunicación, seguridad y explotación ferroviarios, los acabados arquitectónicos de las estaciones ni las instalaciones de explotación de los túneles y la estación, que son objeto de proyectos independientes que habrán de redactarse con posterioridad.

No obstante lo anterior, este proyecto sí define ciertos elementos necesarios para la ejecución de la infraestructura aunque no se incluyan en las obras, como son: la definición arquitectónica de las estaciones y de sus vestíbulos, accesos, andenes y cuartos técnicos así como el diseño de las instalaciones necesarias para la explotación del túnel y las estaciones que condicionan la geometría de la infraestructura.

1.2. Descripción general del Proyecto

El tramo Guadalmedina-Atarazanas del Metro de Málaga tiene una longitud total de 295 m y una estación denominada Atarazanas. La infraestructura se ha concebido como común para las Líneas 1 y 2 del metro, y es compatible con una eventual prolongación hasta las estaciones de la Marina y La Malagueta, con la misma configuración que éstas tenían en el proyecto de construcción del tramo Guadalmedina - Malagueta.

Todo el proyecto es subterráneo y se construye por el método de falso túnel entre pantallas continuas de hormigón, del mismo modo que la mayoría de los tramos del Metro de Málaga.

El trazado comienza en el estribo occidental (margen derecho) del Puente de Tetuán sobre el río Guadalmedina, entroncando con el final del tramo Renfe-Guadalmedina, cuyas obras se encuentran actualmente en ejecución. La traza pasa bajo el tablero norte del puente, por lo que será necesaria su demolición y posterior reconstrucción. Este puente está formado por cuatro vanos isostáticos de vigas prefabricadas de hormigón pretensado de luces aproximadas 17-22-22-17 m.

Figura 1: Situación y planta esquemática del tramo objeto del presente proyecto

LÍNEAS 1 Y 2 DEL METRO DE MÁLAGA.
TRAMO GUADALMEDINA - ATARAZANAS
ESTACIÓN ATARAZANAS
Calle Hilera
Av. de Andalucía
Calle Atarazanas
Calle Martínez
Calle Trinidad Grund
Calle Larios
Calle Marqués de Larios
Calle Molinillo
Calle Granada
Calle Cortina del Muelle
Calle Don Cristóbal
Calle Sancho
Calle Vendeja
Calle Casas de Campos
Calle Barroso
Calle Finlandia
Calle Cerrojo
Calle Pedro de Mena
Calle Mosquera
Calle Medellín
Calle Montubar
Calle Mejías
Calle Cortina del Muelle
Paseo de Sancho Martínez
Paseo de Reyes Católicos
Paseo de Antonio Machado
Paseo de Sancho Martínez
Paseo de Reyes Católicos
Paseo de Antonio Machado
Avenida Cánovas del Castillo
Avenida Manuel Alejandro Hidalgo
Avenida Manuel Agustín Heredia
Avenida Aurora
Avenida Cervantes
Avenida Manuel Agustín Heredia
Avenida Manuel Agustín Heredia
Avenida Manuel Agustín Heredia

Tras cruzar el río Guadalmedina, la traza discurre por la calzada norte de la Alameda Principal hasta llegar a la calle Torregorda, donde se sitúa la única estación del tramo. El túnel en este trayecto se realiza con pantallas de 37 m de profundidad y una anchura libre de 8.5 m, lo que permite que en el futuro se pueda habilitar un tercer nivel para la eventual prolongación de la línea de cercanías Málaga – Fuengirola, sin afectar a las circulaciones del metro. Para ello, también se dejan las pantallas preparadas para poder realizar, en el futuro, los entronques correspondientes.

Además de lo anterior, tanto el túnel como la estación se sitúan en la vía de servicio norte de la Alameda Principal por lo que se han tomado una serie de precauciones para evitar afectar a los ficus centenarios allí existentes:

- Las pantallas se separan un mínimo de 7 m del tronco de los árboles.
- La rasante se ha profundizado para dejar pasar el flujo de agua freática asociada al subálveo del Guadalmedina sobre la losa de cubierta.
- Las raíces que pudieran existir (a 7 m del tronco) se cortarán manualmente y se sanearán aplicando un tratamiento fitosanitario, previamente a la ejecución de las pantallas.
- Sobre la losa superior del túnel se efectuará un relleno especialmente concebido para facilitar la regeneración de las raíces de los árboles. También se construirá un sistema de riego artificial de los árboles, actualmente inexistente.

La estación de Atarazanas se ubica hacia la mitad de la Alameda principal, en su calzada de servicio norte a la altura de la intersección con la calle Torregorda. El diseño de la estación está condicionado por la preservación de la hilera de ficus situados en la semimediana de la Alameda y por la cercanía de los edificios de la acera norte de la calle. Por ello, se ha proyectado una estación en prolongación del túnel, con las siguientes características:

- El acceso de viajeros se realiza desde el edículo situado a continuación de la intersección con la calle Torregorda. Está dotado, al igual que en resto de las estaciones de la red del metro de Málaga, de una escalera fija flanqueada por dos escaleras mecánicas de subida y bajada. Dispone además de un ascensor para facilitar el acceso de personas con movilidad reducida.
- Desde el edículo de entrada se accede al primer nivel soterrado en el que se sitúa el vestíbulo donde se ubica la línea de validación, las expendedoras de billetes y el control local de la estación. Desde el vestíbulo se realiza la bajada al andén mediante otro bloque de escalera fija y doble escalera mecánica así como ascensor para personas con movilidad reducida.
- Desde el vestíbulo se accede al segundo nivel soterrado, en el que se ha proyectado un andén de tipo lateral con 4 metros de anchura y 66 metros de longitud. La definición de la estación en prolongación del túnel y con su mismo ancho para preservar los ficus situados en la Alameda y los edificios de esta calle hacen que a dicho andén llegue únicamente la vía sur de la línea, produciéndose las maniobras de entrada salida de las composiciones por delante del piñón de entrada del andén.

Además de la infraestructura del metro, en el proyecto se han incluido los siguientes elementos:

- Una rampa de extracción de tierras a continuación de la estación de Atarazanas y con el mismo ancho del túnel y de la propia estación, con objeto de ejecutar desde ella la excavación bajo cubierto de ambos. La ubicación y el desarrollo definidos para la rampa hace que la afección en el tráfico sea mínima, ya que se sitúa en la prolongación de la vía de servicio norte de la Alameda entre las calles Torregorda y Puerta del Mar, sin afectar al tráfico que a esta última le llega desde calle Córdoba.
- La infraestructura de las dependencias técnicas de la estación Atarazanas, que si situarán entre la estación y la rampa, una vez que esta última deje de ser necesaria.
- La infraestructura del pozo de ventilación, salida de emergencia y aljibe de bombeo de infiltraciones, situado a la altura de la calle José María García Caparrós.
- El proyecto incluye asimismo la reposición de la urbanización de la vía de servicio norte una vez ejecutado el túnel proponiendo su peatonalización y prolongando esta propuesta hasta su intersección con calle Marqués de Larios.
- Se han definido los desvíos de tráfico necesarios para acometer las obras. Los desvíos son complejos al afectar al centro de la ciudad en viales de gran intensidad. El diseño adoptado ha sido analizado y coordinado con los técnicos del Área de Tráfico del Ayuntamiento de Málaga. También se ha incluido la reposición a su situación original de todos los desvíos de tráfico necesarios para la ejecución de las obras.

- Se ha incluido en el proyecto la superestructura de vía consistente en la placa de vía, los carriles y los aparatos de vía necesarios para la explotación de la estación de Atarazanas en vía única.

- Por último, el proyecto incluye la reposición de todos los servicios afectados por las obras, que son: saneamiento, abastecimiento, riego, electricidad, telecomunicaciones y gas natural.

1.3. Características generales

En el Anejo nº 2 se han recogido las características principales del proyecto. A modo de resumen, en la siguiente tabla se destacan las más significativas:

Tabla 1: Características generales del tramo Guadalmedina – Malagueta

Línea:	Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Este tramo tiene infraestructura común para ambas líneas
Tramo:	Guadalmedina – Atarazanas
Longitud:	295 m
Presupuesto Base de Licitación:	46.576.037,14 €.
Estaciones:	Una: Atarazanas
Acceso a la estación:	Calle Torregorda
Tipología de andén:	Andén lateral de 66 x 4 m
Tipo de línea ferroviaria:	Vía doble electrificada con vía en placa y carril UIC-54 sobre bloques. Ancho de vía: 1435 mm. Entrevía general: 3.30 m. Catenaria rígida 750 V cc. Vía única en la estación
Volumen de excavación en túnel:	103 171 m³
Pantallas continuas de hormigón:	26 021 m²
Medición total de hormigón armado en el falso túnel:	41 642 m³
Radio mínimo en planta:	198,35 m
Pendiente máxima:	20 milésimas
Anchura libre de túneles:	8.0 m (túnel de línea normal), 8.5 m (túnel de línea en la Alameda Principal),
Gálibo libre en túneles:	5.0 m en altura sobre rasante de vía y 1.65 m en anchura a cada lado desde el eje de vía

2. ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes administrativos

La actuación objeto del proyecto se encuadraba inicialmente dentro del Plan Intermodal de Transportes en el Área Metropolitana de Málaga, redactado en el año 1999, promovido por la Dirección General de Transportes de la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía.

Dentro del Plan Intermodal de Transportes se preveía el desarrollo de la Red de Metro de Málaga. En este sentido la Dirección General de Transportes de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía encomendó a GIASA (Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.) la gestión de la redacción del Estudio de Alternativas de la Red de Metro de Málaga.

En consecuencia, la convocatoria de licitación del concurso de asistencia técnica y consultoría para la redacción del Estudio Informativo de la Red de Metro de Málaga se publicó en el BOJA núm. 86 de 28 de julio de 2001, siendo este contrato adjudicado a V.S. Ingeniería y Urbanismo, S.L., Estudio Pereda 4, S.L. y Geocontrol S.A., Unión Temporal de Empresas, el 26 de noviembre de 2001 y publicada dicha adjudicación en el BOJA núm. 72 de 20 de junio de 2002.

Tras su redacción, el Estudio Informativo de la Red Metro de Málaga fue sometido a Información Pública y Ambiental el día 3 de julio de 2002 mediante resolución de la Dirección General de Transportes, siendo esta publicada en el BOJA núm. 81 de 11 de julio de 2002. En este punto se inició el proceso de recepción de alegaciones al Estudio.

Con fecha 27 de mayo de 2003 la Dirección General de Transportes de la Consejería de Obras Públicas de la Junta de Andalucía remite el Informe sobre el Resultado de la Información Pública y Ambiental del Estudio Informativo de la Red Metro de Málaga a la Delegación Provincial de la Consejería de Medio Ambiente para someterlo al Trámite de Informe Ambiental.

El 12 de junio de 2003 la Comisión Interdepartamental Provincial de Medioambiente emitió Informe Ambiental favorable, condicionado al cumplimiento de las medidas protectoras y correctoras incluidas en el Estudio Informativo.

La misma UTE de empresas redactoras del Estudio Informativo redactó un Anteproyecto de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, de fecha Septiembre de 2003, con la finalidad de tramitar la licitación del Contrato de Concesión para la Construcción y Explotación de estas dos líneas.

La adjudicación definitiva del concurso de concesión fue acordada por la Consejería de Obras Públicas y Transportes el 13 de octubre de 2004 al consorcio Metromar, formado por las empresas FCC CONSTRUCCIÓN S.A., CONSTRUCCIONES SÁNCHEZ DOMÍNGUEZ SANDO S.A., AZVI S.A., COMSA S.A., CONSTRUCCIONES VERA S.A. y CAJAMAR.

El 2 de diciembre de 2004 se formaliza el contrato de concesión para la construcción y explotación de las líneas 1 y 2 del metro de Málaga en el que se incluyen como prestaciones anejas la redacción del proyecto y adquisición de material móvil, entre la CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS y la SOCIEDAD CONCESIONARIA METRO DE MÁLAGA, S.A.

A efectos del desarrollo del citado Contrato de Concesión, se constituyó el 12 de Noviembre de 2004 la sociedad anónima METRO DE MÁLAGA, cuyo objeto es el desarrollo del citado contrato con el Ente Público de Ferrocarriles Andaluces.

En la cláusula quinta de dicho contrato se establece la obligación de la Concesionaria de la presentación ante la Administración de los proyectos de construcción conforme a la planificación y plazos previstos.

El 4 de enero de 2005 se firma un contrato entre la U.T.E. Metro Málaga y la ingeniería AYESA, por medio del cual la U.T.E. encarga a AYESA la redacción de los Proyectos de Construcción de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga.

Con fecha 18 de julio de 2006 se redacta el Proyecto de Trazado de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga por parte de la Sociedad Concesionaria Metro Málaga.

El conjunto de la actuación se divide en diversos proyectos constructivos, y con fecha diciembre de 2006 se redacta el Proyecto de Construcción denominado *"Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, Tramo: La Malagueta - Guadalmedina"*, firmado por los Ingenieros de Caminos D. José Luis Manzanares Abásolo y D. Ginés Aparicio Soto.

Una vez entregado el proyecto, el Ente Público Ferrocarriles de la Junta de Andalucía lo supervisa y emite el correspondiente Informe de Supervisión del mismo, en el que el proyecto no se considera correcto, principalmente porque no resuelve adecuadamente el procedimiento constructivo de los túneles.

Durante los años 2007 y 2008 se renegocia el contrato de concesión y explotación de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga entre Ferrocarriles de la Junta de Andalucía y la Sociedad Concesionaria Metro de Málaga, dado que el importe de construcción de la infraestructura de los tramos en ejecución estaba siendo muy superior a las previsiones iniciales.

Como resultado de esa renegociación, se resuelve que la Junta de Andalucía, a través del ente público Ferrocarriles de la Junta de Andalucía, se encargaría del proyecto y de la construcción de la infraestructura de los tramos Renfe-Guadalmedina y Guadalmedina-Malagueta de las líneas 1 y 2, así como del tramo Doctor Domínguez-Cocheras de la línea 1.

En consecuencia, el 10 de octubre de 2008 se licita la redacción del "Proyecto de Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, tramo: Guadalmedina-Malagueta", expediente: T-MM6107/PPR0, por parte de Ferrocarriles de la Junta de Andalucía.

La adjudicación fue acordada por el director gerente de Ferrocarriles de la Junta de Andalucía con fecha 17 de diciembre de 2008, resultando adjudicataria la empresa TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPSA), y firmándose el correspondiente contrato con fecha 14 de enero de 2009. La Orden de Inicio se emite con fecha 16 de enero de 2009, comenzando los trabajos al día siguiente.

Como actividad previa a la redacción del proyecto de construcción, el Pliego del Concurso requería la elaboración de un Estudio de Alternativas con objeto de seleccionar la alternativa de trazado óptima, en función de los diversos condicionantes existentes.

Con fecha mayo de 2009, TYPSA entrega el Estudio de Alternativas referido, que es aprobado por Ferrocarriles de la Junta de Andalucía. Se inician entonces los trabajos de redacción del mencionado proyecto, partiendo del trazado seleccionado por el estudio de alternativas anterior.

En julio de 2010 TYPSA entrega a Ferrocarriles de la Junta de Andalucía el "Proyecto de Construcción de las líneas 1 y 2 del metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina Malagueta.", una vez subsanados los aspectos indicados por Ferrocarriles de la Junta de Andalucía tras su supervisión.

En mayo de 2012, el actual equipo de la Consejería de Fomento y Vivienda analiza la viabilidad técnica y económica del paso del metro por el centro de la ciudad de Málaga (eje avenida de Andalucía - Alameda Principal - Paseo del Parque - Plaza del General Torrijos).

Como resultado de este análisis, la Consejería de Fomento y Vivienda decidió desarrollar una solución alternativa en superficie para el de la línea 1 entre Guadalmedina y Malagueta que salvara las dificultades técnicas e incertidumbres económicas planteadas en el proyecto original, que suponían la ejecución de un tramo de túnel de aproximadamente 1,8 Km con dos estaciones soterradas, en un entorno urbano muy

consolidado, con yacimientos arqueológicos de consideración y con un importante esfuerzo inversor.

Así pues, En abril de 2013 la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía redacta el "Proyecto de Infraestructura y Urbanización del Trazado en Superficie de la Línea 1 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Malagueta".

La solución en superficie desarrollada por la Agencia de Obra Pública no alcanzó el apoyo institucional necesario por parte del Ayuntamiento de Málaga para asegurar la viabilidad de la actuación, manteniendo una fuerte oposición a ésta.

En consecuencia, la Consejería de Fomento y Vivienda está trabajando en una solución que combina los parámetros de plazo, racionalidad inversora y certidumbre técnica. Sobre esta base se ha replanteado ejecutar un trazado del metro soterrado -mediante una solución constructiva idéntica a la del proyecto original-, pero limitando el trazado a la Alameda Principal y definiendo la estación La Marina en una nueva ubicación.

Para ello la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía realiza las siguientes gestiones encaminadas a la definición del proyecto indicado:

El 29 de Octubre de 2013 consulta a la Delegación Provincial de Agricultura, Pesca y Medioambiente sobre la validez del Informe Ambiental emitido en su día, una vez se restringe el ámbito de actuación al tramo Guadalmedina – Atarazanas. En el anejo nº 21 "Coordinación con Otros Organismos" se incluye copia de la comunicación realizada y de la contestación recibida el 15 de noviembre de 2013, en la que se indica que siguen siendo vigentes las condiciones establecidas en el Informe Ambiental y en la comunicaciones realizadas por esa delegación provincial el 16 de diciembre de 2009 y el 6 de octubre de 2010 para el proyecto Guadalmedina – Malagueta.

El 31 de octubre de 2013 consulta a la Delegación provincial de Cultura sobre la validez del Estudio de Impacto Arqueológico emitido por dicha delegación en octubre de 2010 para el proyecto Guadalmedina – Malagueta, restringido al ámbito de actuación del tramo Guadalmedina – Atarazanas. En el anejo nº21 "Coordinación con Otros Organismos" se incluye la comunicación realizada y la contestación de fecha 13 de noviembre de 2013, en la que se indica que sigue siendo válido el Estudio de Impacto Arqueológico y las prescripciones dadas por la Delegación Provincial para el Proyecto Guadalmedina – Malagueta mediante escrito de fecha 23 de diciembre de 2010.

En noviembre de 2013, solicita a TYPSA la redacción del "Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Superestructura de Vía de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Atarazanas".

2.2. Antecedentes técnicos

2.2.1. Estudio Informativo

El Estudio Informativo de la red del Metro de Málaga se redacta en julio de 2002.

En el Estudio Informativo se incluye la denominada "Línea 1: Teatinos-General Torrijos", que discurre por la Avda. de Andalucía, Alameda Principal y Paseo del Parque, siguiendo aproximadamente el trazado del presente proyecto. En el Apéndice 1 se han incluido los planos más representativos relativos al presente proyecto del Estudio Informativo.

El trazado discurre en superficie por la calzada sur de la Alameda Principal y por los carriles situados más al sur del Paseo del Parque. En esta zona se dispone vía doble. Se sitúan paradas en tres puntos: Alameda Principal (junto a la esquina de la Alameda de Colón), Plaza de la Marina, y Paseo del Parque (enfrente del Ayuntamiento).

Esta línea 1 se prolonga hacia el este con la denominada "Línea 3: General Torrijos-El Palo". Esta línea se bifurca en dos trazados de vía única. Un sentido discurre por el Paseo de Reding y el otro por la Avda de Cánovas del Castillo y el Paseo Marítimo Pablo Picasso. En ambos casos, para atravesar la Plaza de Torrijos y Cánovas del Castillo se diseña un falso túnel entre pantallas. El trazado vuelve a superficie tras superar la Plaza de Toros de la Malagueta, por un lado, y al llegar al Paseo Marítimo, por el otro.

Se sitúan paradas en Paseo de Reding y en el Paseo Marítimo a la altura del Hotel Miramar.

El Estudio Informativo se sometió a los trámites de Información Pública y de Informe Ambiental. Como consecuencia de las alegaciones del Ayuntamiento de Málaga, así como de otras alegaciones, se decide que el trazado de la Línea 1 por el centro de la ciudad (Alameda Principal, Plaza de la Marina, etc.) sea subterráneo.

2.2.2. Prescripciones del Informe Ambiental

El Informe Ambiental resultó favorable, con las siguientes prescripciones que eran de aplicación al proyecto Guadalmedina-Malagueta y que siguen siendo de aplicación al presente proyecto:

1. Calidad del Aire: Se verificará el cumplimiento del Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Calidad del aire, en particular en los aspectos concernientes a emisión de contaminantes a la atmósfera, así como el control de niveles de ruidos y vibraciones.

2. Protección de las Aguas Subterráneas: Previamente al comienzo de las obras se realizará un estudio específico sobre la posible afección a la calidad y régimen hidrodinámico de los acuíferos.

3. Protección de las Aguas Superficiales: Se garantizará la ausencia de afección a la calidad de las aguas. Cualquier actividad de riesgo se ubicará en lugares acondicionados. Lo mismo se aplicará a los acopios potencialmente contaminantes.

4. Vertidos: Tanto en la fase de obras como en la de explotación, se elaborarán planes de actuación para evitar la incidencia de vertidos accidentales o incontrolados y garantizar la conservación de los sistemas de desagüe, limpieza y drenaje de las posibles zonas afectadas.

5. Residuos: Los residuos producidos durante las obras o durante la explotación se retirarán a vertedero autorizado conforme a la normativa vigente.

6. Vías Pecuarias: No hay vías pecuarias en el ámbito del presente proyecto.

7. Protección Ambiental: Las actuaciones proyectadas no contempladas en el Estudio Informativo, deberán someterse al procedimiento de Evaluación de Impacto ambiental o Informe Ambiental en el caso de estar incluidas en los anexos de la Ley 7/94, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.

8. Protección Arqueológica: Se requiere la tramitación de un Estudio Arqueológico ante la Delegación Provincial de Cultura en fase de anteproyecto.

Este condicionado fue ratificado en las comunicaciones realizadas por la Delegación Provincial de Medioambiente de fechas 16 de diciembre de 2009, 6 de octubre de 2010 y 15 de noviembre de 2013.

2.2.3. Anteproyecto

Con el resultado de la información pública y de la tramitación ambiental se redacta el Anteproyecto de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga en septiembre de 2003, cuyos planos principales, en el sector correspondiente a este proyecto, se han recogido en el Apéndice 4.

Las características principales del Anteproyecto, en el sector común de las Líneas 1 y 2 correspondiente al ámbito del presente Proyecto de Construcción, son las siguientes:

- La cabecera de las líneas 1 y 2 se sitúa en la estación “Malagueta”, situada en la misma Plaza de Torrijos.
- La traza sigue por el Paseo del Parque (carriles más al norte), se sitúa una segunda estación “Plaza de la Marina” al final del Parque, antes de la esquina con la calle Molina Lario.
- La traza pasa por debajo del aparcamiento subterráneo de La Marina y sigue por la calzada central de la Alameda Principal. Al final de la Alameda se desvía para cruzar el río Guadalmedina al sur del Puente de Tetuán, sin afectarlo.
- En esa zona se sitúa un pantalón para una posible conexión con la línea de cercanías Málaga-Fuengirola.
- Todo el trazado es subterráneo. Las dos estaciones y el pozo de bifurcación situado en el río Guadalmedina se construyen entre pantallas, y el resto se construye mediante tuneladora.
- La estación de Malagueta tiene tres vías con dos andenes centrales. El acceso único está por la Plaza de Torrijos esquina con el Túnel de la Alcazaba.
- La estación de La Marina tiene dos vías con dos andenes laterales. Cuenta con dos accesos por Paseo del Parque y Plaza de la Marina.

2.2.4. Proyecto de Construcción de la Concesionaria

El Proyecto de Construcción redactado por la Sociedad Concesionaria tiene fecha diciembre de 2006 y constituye un desarrollo del Anteproyecto. Este proyecto fue supervisado negativamente por Ferrocarriles de la Junta de Andalucía. Sus principales características son las siguientes:

- La estación de Malagueta se traslada al Paseo de Reding, situándose junto a la Plaza de Toros.
- La estación continúa con tres vías, pero con un andén lateral más estrecho que sirve a una vía, y un andén central más ancho que sirve a dos vías. El acceso se sitúa en la esquina del Paseo de Reding con la calle Cervantes.
- Hay un mango de maniobras tras la estación, y se prevé su prolongación hacia el este con la Línea 3 “Malagueta-El Palo”.
- La estación de La Marina continúa muy similar a como está en el Anteproyecto, pero con un solo acceso por la Plaza de la Marina.
- Desaparece el pantalón para conexión con el ferrocarril de cercanías.
- El trazado sigue siendo subterráneo en su totalidad, excavándose las estaciones entre pantallas y el túnel de línea mediante tuneladora.

2.2.5. Proyecto de construcción del tramo Guadalmedina Malagueta soterrado

Una vez rescatada a la Sociedad Concesionaria la construcción del tramo de obra comprendido entre las estaciones de RENFE y La Malagueta, Ferrocarriles de la Junta de Andalucía considera necesaria la redacción de un proyecto de construcción para el tramo Guadalmedina – Malagueta que, mediante un estudio de alternativas, tenga en cuenta los diversos condicionantes existentes.

Con las conclusiones del estudio de alternativas realizado, se redacta el "Proyecto de Construcción de las Líneas 1 2 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Malagueta", cuyas características principales son:

- La totalidad de la obra subterránea se construye entre pantallas continuas de hormigón, desechando el uso de la tuneladora u otros métodos en mina.
- El trazado del túnel de línea en la Alameda Principal discurre por su calzada norte, separado unos 7 m de los grandes ficus y unos 3 m de las fachadas de los edificios
- La estación de Plaza de la Marina tiene dos vías, andén central, y está situada en la zona norte de la plaza separada unos 5 m de los edificios, con el acceso próximo a la esquina de la calle Marqués de Larios. Alberga en su interior los restos arqueológicos existentes.
- El túnel del Paseo del Parque discurre por la calzada del Paseo, ocupando aproximadamente los tres carriles del lado norte.
- La estación de la Malagueta cuenta con dos vías generales, andén central y dos vías mango situadas tras el andén. El acceso de viajeros está en la esquina de la calle Cervantes con el Paseo de Reding

El presente proyecto supone desglosar del Proyecto Guadalmedina – Mlalagueta Soterrado un tramo de túnel, realizando en él un acondicionamiento para encajar una estación que preste servicio al centro de la ciudad. Por este motivo, en adelante se hace referencia al Proyecto Guadalmedina – Malagueta Soterrado con la denominación de "Proyecto Original".

2.2.6. Proyecto de construcción del tramo Guadalmedina Malagueta en superficie

Como se ha indicado, las incertidumbres económicas y de desarrollo de las obras, unidas a las dificultades técnicas que suponía la ejecución del tramo Guadalmedina – Malagueta soterrado, llevaron a la Consejería de Fomento y Viviena a reconsiderar la solución soterrada, encomendando a la Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía la redacción de un proyecto constructivo alternativo denominado "Proyecto de Infraestructura y Urbanización del Trazado en Superficie de la Línea 1 del Metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Malagueta", que definiese la llegada de la línea 1 al centro de la ciudad mediante una solución tranviaria en superficie.

Las principales características de este proyecto son las siguientes:

- La salida a superficie de la línea 1 se producía antes del Puente de Tetuán, en el tramo adyacente RENFE – Guadalmedina.
- Una vez cruzado el Puente de Tetuán por su tablero norte, el trazado se desplaza a la mitad sur de la actual calzada central de la Alameda,
- La plataforma se desplaza al norte para llegar a la parada de La Marina que se sitúa en su actual acera norte, delante del antiguo edificio de la Diputación Provincial.
- Se mantiene la traza por la calzada norte del Paseo del Parque, situando otra parada delante del Edificio del Ayuntamiento de Málaga.
- Bordea la Plaza el General Torrijos por el noroeste para situar la tercera y última parada en la acera sur del Paseo de Reading, enfrente de la Plaza de Toros de La Malagueta.
- El proyecto prevé la peatonalización total de la Alameda Principal y una reordenación del tráfico en la Plaza del General Torrijos.

3. SITUACIÓN ACTUAL

La traza del proyecto Guadalmedina - Atarazanas se desarrolla en su integridad por el casco urbano de la ciudad de Málaga, concretamente en las proximidades del centro histórico de la ciudad. Se trata de una zona completamente urbanizada y consolidada, en la que el trazado discurre siempre por el viario público.

No existen actualmente infraestructuras ferroviarias en servicio en la zona de obra, aunque en el momento de redactar este proyecto se encuentran en ejecución las obras del tramo anterior de las líneas 1 y 2 del metro: tramo “Renfe – Guadalmedina”; y se encuentra redactado el proyecto del tramo siguiente “Malagueta – Baños del Carmen”. Adicionalmente, cerca de la traza termina la línea de ADIF Málaga-Fuengirola, aunque el final de ésta se sitúa en la estación denominada Málaga-Centro-Alameda a unos 150 m de la traza y no se afecta por las obras de este proyecto.

Foto 1: Fotografía cenital de la zona por donde discurre el trazado

Los elementos urbanos que recorre sucesivamente el trazado son los siguientes:

- Encauzamiento del río Guadalmedina: El río Guadalmedina se atraviesa de forma perpendicular al comienzo del trazado. El río discurre en este tramo por un encauzamiento artificial de forma rectangular, que lleva dos pasos inferiores de automóviles adosados a cada lado. El río ha estado históricamente siempre encauzado en esta zona, al menos desde hace 200 años. El encauzamiento actual data del año 1992 y tiene una sección de unos 45 m de anchura y unos 5.0 m de altura. Tiene unos canales para el curso de pequeños caudales y unos jardines en su zona central.

- Puente de Tetuán: El Puente de Tetuán es el puente de la Alameda sobre el río Guadalmedina. El puente actual se construyó a principios de los años 70 y está formado por dos tableros independientes (uno para cada sentido de la circulación), de cuatro vanos isostáticos de luces 17-22-22-17 m, realizados con vigas prefabricadas de hormigón pretensado. La anchura de cada uno de los dos tableros es de 23.5 m, y dispone de 5 carriles de circulación y una amplia acera de 7 m de anchura. Los dos vanos centrales cruzan sobre el río y los vanos laterales sobre los pasos inferiores. La traza afecta al tablero norte del puente, que deberá ser demolido y reconstruido.

- La Alameda Principal: La Alameda es uno de los viales más característicos y transitados de Málaga. Consta de tres calzadas separadas por dos franjas aceradas en las que se ubica una densa arboleda. Los árboles más importantes son 23 grandes ficus que fueron plantados hacia 1860, y que por lo tanto tienen unos 150 años de edad. Entre ellos se han plantado más recientemente otros ficus más jóvenes. Recientemente, el día 16 de febrero de 2010, un vendaval derribó uno de los grandes ficus de la hilera sur, pudiéndose observar que apenas disponía de grandes raíces estructurales. Estos árboles son bastante ancianos y están en la fase final de su ciclo vital.

  La traza discurre por la calzada norte de la Alameda, que tiene unos 20 m de anchura entre las fachadas de los edificios y los grandes ficus, y consta de tres carriles de circulación reservados preferentemente a los autobuses, circulando el tráfico privado por el carril central. Hacia el centro de la calle está el edificio que alberga actualmente la Delegación del Gobierno de la Junta de Andalucía en Málaga, que posee protección integral.

En el Anejo nº 7 del proyecto se incluye un inventario de todos los edificios adyacentes a la traza, focalizado en su vulnerabilidad por parte de las obras: tipo de cimentación, estado de conservación de la estructura, existencias de grietas y otros defectos, etc.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

4.1. Condicionantes del proyecto

Este proyecto se encuadra en la zona más céntrica de todo el trazado del Metro de Málaga, ubicándose junto al casco histórico de la ciudad en un área de gran densidad de actividades de todo tipo: tráfico de automóviles, de peatones, líneas de autobuses urbanos, comercial, esparcimiento, área turística, actividades culturales, etc., por lo que confluyen gran número de condicionantes. Los principales condicionantes que influyen sobre el trazado adoptado son los enumerados a continuación, justificándose con detalle en los apartados sucesivos la solución que el proyecto da a cada uno de ellos:

1) El trazado se ha implantado dentro del túnel definido en el proyecto original, Guadalmedina – Malagueta, de manera que se pueda realizar una eventual prolongación de la línea hasta las estaciones de La Marina y Malagueta definidas en él.

2) La traza debe coordinarse con el tramo adyacente: Renfe-Guadalmedina.

3) Debe buscarse la ubicación más adecuada para el acceso de la estación

4) Se ha previsto la posibilidad de que en un futuro pueda ejecutarse dentro de la infraestructura del metro y en un nivel inferior a éste, la prolongación del Cercanías Málaga – Fuengirola, sin afectar a la explotación del metro.

5) Deben protegerse los ficus centenarios de la Alameda Principal

6) Deben mantenerse los flujos de agua freática transversales a la traza

7) Los desvíos de tráfico propuestos deben garantizar un adecuado nivel de servicio de tráfico en los viales afectados por las obras

8) Los trabajos en el cauce del Guadalmedina deben tener en cuenta la posibilidad de una avenida extraordinaria, y que ello no provoque inundaciones

9) El proyecto debe tener en cuenta el mantenimiento, en la medida de lo posible, de los eventos ciudadanos que se desarrollan en esta zona céntrica de Málaga

4.2. Coordinación con los tramos adyacentes

El origen del presente proyecto se ha hecho coincidir exactamente con el PK 0+000 del proyecto constructivo del tramo "Renfe-Guadalmedina" de las Líneas 1 y 2, en ejecución en el momento de redactar este documento. Los PKs del tramo "Renfe-Guadalmedina" avanzan hacia el oeste y los PKs del presente proyecto "Guadalmedina-Malagueta" avanzan hacia el este, por lo que coinciden ambos PKs 0+000 en el estribo derecho del Puente de Tetuán.

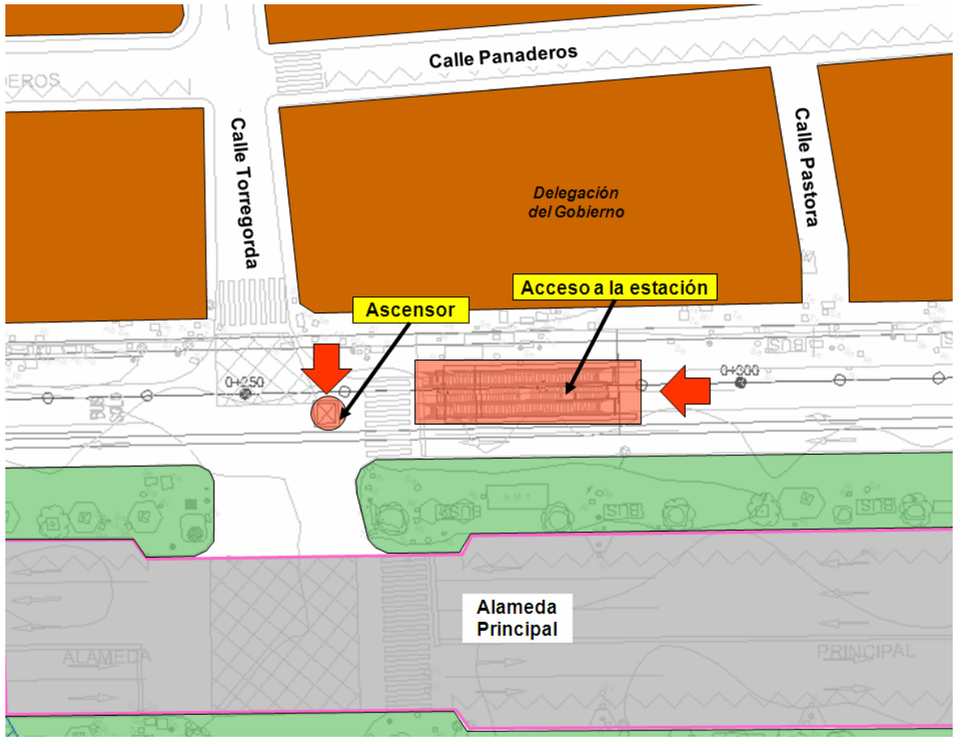
El final del presente proyecto se ha definido de manera que sea compatible con una eventual prolongación del metro hacia el este de la ciudad, de acuerdo con lo definido en el proyecto original, Guadalmedina- Malagueta.

4.3. Ubicación del acceso de la estación

La ubicación del acceso a la estación de Atarazanas ha estado condicionada por la necesidad de encajar la propia estación en el espacio generado por el túnel de línea del proyecto original.

Para cumplir con esta restricción, se ha definido un nivel de vestíbulo intermedio entre el nivel de calle y el nivel de andén, en prolongación de este último. A partir del vestíbulo se desarrolla el bloque de escaleras para situar el acceso de la estación al este de la calle Torregorda.

Figura 2: Ubicación del acceso de la estación de Atarazanas



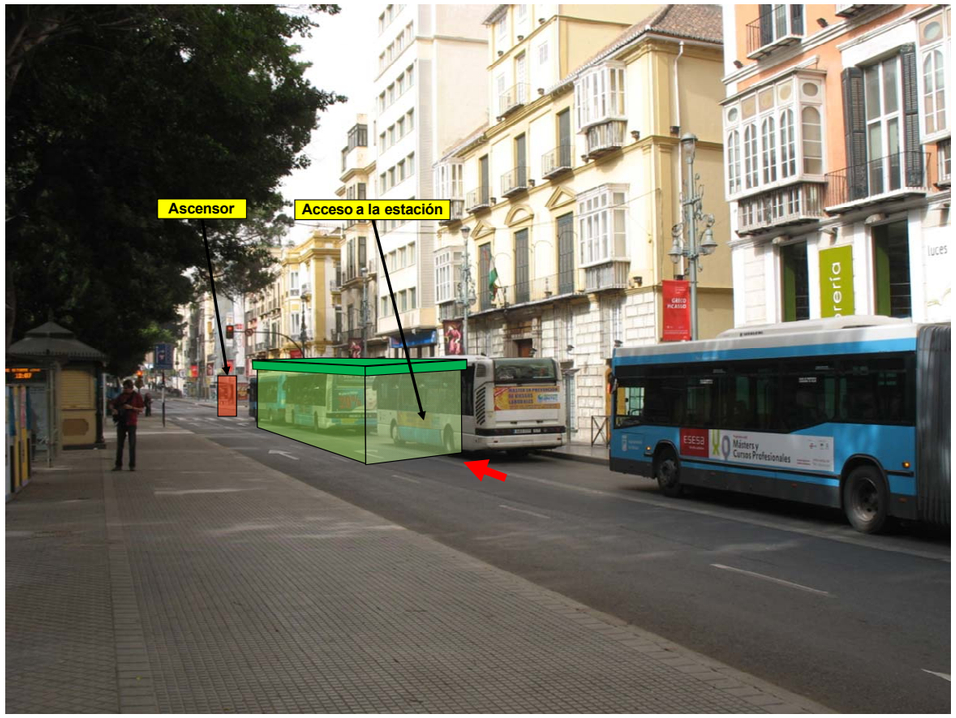
La posición del edículo del acceso peatonal se ha estudiado de forma que encaje en todo momento con la configuración del espacio urbano futuro. La posición del núcleo de escaleras se alinea con la Alameda Principal, recogiendo los flujos de las calles Pastora y Torregorda de formal lateral y los de la Alameda de forma frontal.

La posición del edículo del ascensor en la confluencia entre la calle Torregorda y la Alameda Principal marca la posición de la estación de metro de forma visual desde las calles Torregorda y Tomás Heredia (al otro lado de la Alameda).

Ambos edículos quedarán emplazados en una nueva zona peatonal creada a partir de la ampliación de la acera norte del vial de servicio hasta la acera más próxima donde se ubican los ficus.

La configuración en planta de la estación de Atarazanas no afectará a la actual salida del aparcamiento de La Marina hacia la Alameda Principal.

Figura 3: Perspectiva esquemática de la disposición de los accesos a la estación



4.4. Compatibilidad con la Línea de Cercanías Málaga - Fuengirola

El diseño del presente proyecto se ha realizado de forma que sea compatible con el desarrollo de otro sistema ferroviario por la Alameda Principal, como podría ser por ejemplo una futura prolongación del ferrocarril Málaga-Fuengirola hasta la Plaza de la Marina.

Para ello, el falso túnel del metro en la Alameda Principal se ha previsto con una geometría que es compatible con un futuro ferrocarril, según la propuesta de diseño que se ha recogido en el Anejo nº 9 “Trazado geométrico”.

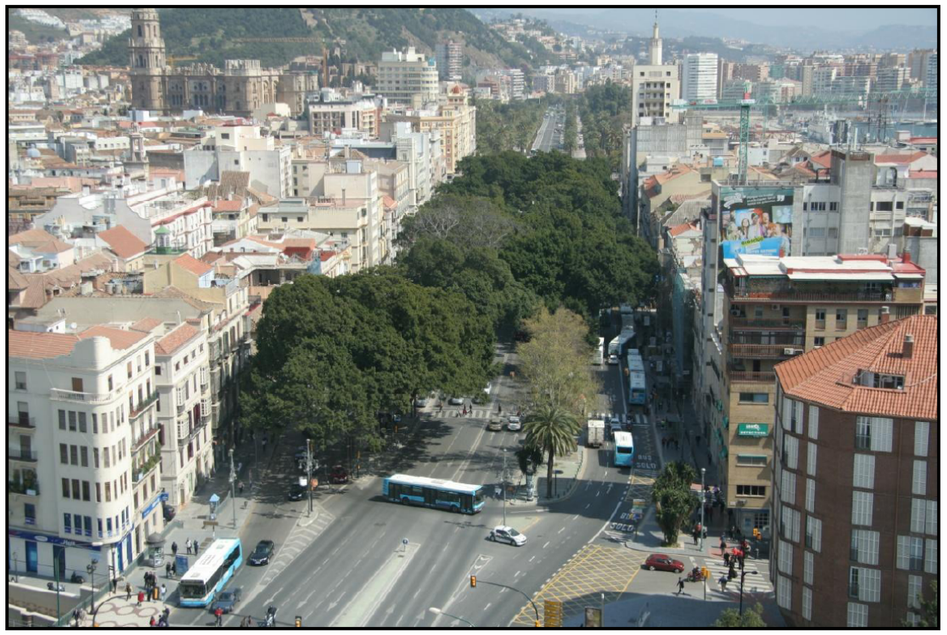
4.5. Protección de los ficus centenarios de la Alameda Principal

En el proyecto original Guadalmedina – Malagueta previo al presente proyecto se analizó con profundidad el estado actual de los grandes ficus de la Alameda y se dieron recomendaciones de cara al diseño del proyecto de construcción. Este estudio que se incluye en el Anejo nº 19 del presente proyecto, cuenta con el visto bueno de la Delegación Provincial de la Consejería de Agricultura, Pesca y Medioambiente de la Junta de Andalucía, según se recoge en su escrito de fecha 16 de diciembre de 2009, incluido en el anejo nº21 de Coordinación con Otros Organismos.

Es necesario indicar que el presente proyecto supone una restricción del ámbito de actuación a la mitad noroeste de la Alameda Principal, por lo que se reduce el ámbito de afección a los ficus centenarios, previéndose en cualquier caso adoptar para su preservación las mismas medidas definidas en el proyecto original.

La Alameda Principal es un paseo de unos 300 m de longitud y 60 m de anchura que tiene dos alineaciones de árboles (norte y sur) en las dos medianas, más o menos centradas en la avenida y distantes unos 22 m entre sí.

Foto 2: Vista aérea de la arboleda de la Alameda Principal



En total existían en la fecha de realización del estudio 53 árboles que se han numerado correlativamente según el esquema de la figura adjunta. Las especies de cada uno y el estado que presentan se describen en la tabla siguiente.

Figura 4: Planta esquemática de la Alameda, y numeración de los árboles

Así pues, de los 53 árboles existentes realmente sólo presentan interés para el estudio los 24 grandes ficus. Los plátanos, las palmeras y la yuca no suponen ningún impedimento para la obra del metro, mientras que los ficus jóvenes plantados recientemente no se afectan al ser lógicamente su perímetro de protección inferior al de los árboles grandes. Además, en todo caso podrían replantarse ejemplares similares.

Cabe destacar que el interés de estos 24 árboles radica en su historia, su edad y su gran porte, no así en la especie vegetal (el laurel de indias o *ficus microcarpa*), que es muy común y de rápido crecimiento.

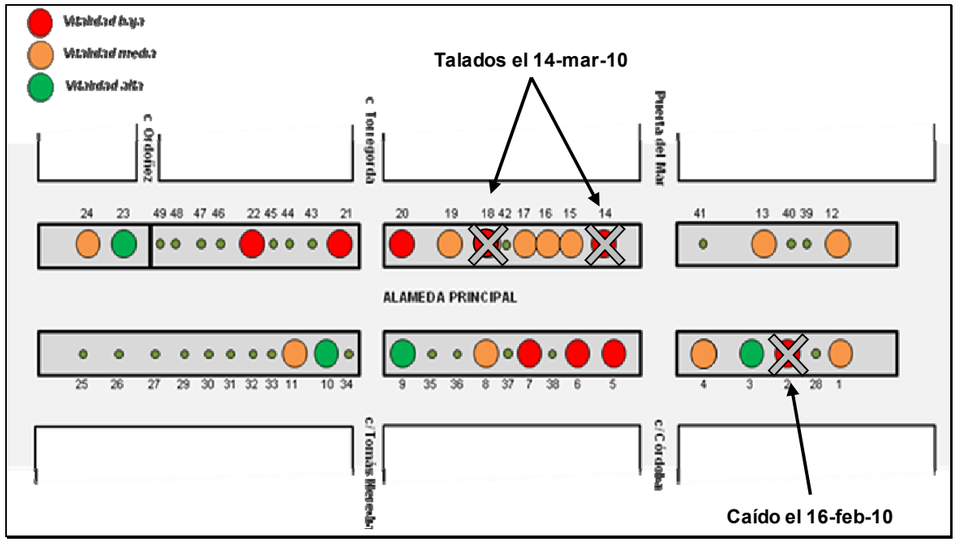
Tabla 2: Árboles de la Alameda Principal, especies y su estado en febrero de 2009

Nº ejemplares	Tipo de árbol	Especie	Estado actual
19 uds	Grandes ficus (Laurel de indias)	*Ficus microcarpa*	Grandes ficus de entre 130 y 160 años de edad y hasta 30 m de altura. Vitalidad variable y desarrollo completado. Sin plagas ni enfermedades. Algunas pudriciones internas o troncos inclinados
4 uds (nº 14, 18, 20 y 21)	Grandes ficus	*Ficus microcarpa*	Estos 4 grandes ficus de la hilera norte se encuentran en muy mal estado. Tienen escasa vitalidad y pudriciones importantes. El pronóstico a corto plazo es malo, independientemente de la ejecución de la obra del metro
1 ud (nº 24)	Gran ficus	*Ficus microcarpa*	Ficus de vitalidad media, pero con una rama con graves pudriciones y peligro de rotura en cualquier momento
16 uds	Ficus pequeños, jóvenes	*Ficus microcarpa*	Árboles jóvenes en buen estado, pero su desarrollo se ve comprometido al estar a la sombra de los grandes ejemplares. Presentan alguna plaga de cochinilla
2 uds (nº 28, 36)	Ficus pequeños, jóvenes	*Ficus microcarpa*	Estos dos ejemplares han sufrido descalces y/o roturas y su estabilidad está comprometida
6 uds	Plátanos de sombra	*Platanus hybrida*	Árboles de edad avanzada, envejecidos y alguno decrépito. Presentan plagas y enfermedades importantes. Defectos estructurales en copa, raíces y fuste.
1 ud (nº 49)	Plátano de sombra	*Platanus hybrida*	Está muerto
4 uds (sin número)	Palmeras	*Phoenix Datylifera*	No se estudia pues sus raíces no se extienden en horizontal
1 ud (sin número)	Yuca	*Yucca elephantipes*	Ejemplar pequeño. No se estudia pues sus raíces no se extienden en horizontal

En cuanto a estos grandes ficus, en el estudio se observaron problemas en varios de ellos, aspecto que posteriormente se materializó con la caída de un ejemplar y la tala de otros dos según se indica a continuación:

- El ficus nº 2, cuya baja vitalidad había sido detectada en el estudio, se cayó el día 16 de febrero de 2010 a causa de un vendaval.
- Como consecuencia de la caída anterior, para evitar daños a vehículos o viandantes, el Ayuntamiento decidió talar los ficus nº 14 y 18, que son los que se observaban en peor estado. La tala se realizó el día 14 de marzo de 2010.
- El ficus nº 24 (el más cercano al Puente de Tetuán en la hilera norte) tenía una gran rama de mucho peso y bastante horizontal afectada por pudriciones. El informe recomendaba podar esa rama pues podría caer en cualquier momento. Siguiendo la recomendación, la rama fue podada por el Ayuntamiento también el día 14 de marzo de 2010.
- El Ayuntamiento repuso los árboles de las posiciones nº 2, 14 y 18 por unos nuevos ejemplares jóvenes, que se plantaron el 30 de mayo de 2010.
- Aparte de lo anterior, los árboles nº 20 y 21 también están envejecidos y en bastante mal estado, siendo probable su muerte en un plazo corto-medio, independientemente de la obra del metro.
- Por último, la restricción del presente proyecto hasta la calle Torregorda y la necesidad de prolongar la traza hasta la calle Puerta del Mar hace que se dejen de afectar los ejemplares situados entre ésta última y calle Marqués de Larios, es decir los identificados con los números 41, 13, 40, 39 y 12.

Figura 5: Estado general de vitalidad de los ficus de la Alameda



Por lo que se refiere a las raíces, el estudio ha detectado raíces abundantes, de gran desarrollo horizontal, que se extienden uniformemente. En profundidad alcanzan los 2.0-2.5 m de profundidad a lo sumo, quedando siempre por encima del nivel freático.

El estudio realizado define un perímetro de protección de los árboles, basado en el estudio efectuado y en la experiencia de situaciones similares, según diversas normas y autores a nivel internacional.

La conclusión del estudio puede sintetizarse en los siguientes aspectos:

Tabla 3: Medidas de protección de los ficus de la Alameda

DISTANCIAS DE PROTECCIÓN CONCLUIDAS POR EL ESTUDIO REALIZADO	
Área de anclaje	Para evitar la caída del árbol por falta de anclaje se establece un perímetro situado entre 2.75 m y 4.50 m (según cada árbol), siendo la distancia típica de unos 3.50 m al tronco
Área de protección	Para no afectar al árbol en absoluto se establece una distancia de protección del árbol comprendida entre 7 y 12 m del tronco, según la vitalidad de cada árbol en concreto.
Pérdida radicular máxima permisible	Dado que lo anterior no es posible dada la distancia de los árboles a las fachadas y entre sí, se ha establecido que la pérdida radicular máxima admisible (compatible con la recuperación del árbol) es un valor comprendido entre el 30% y 40%, que depende de la vitalidad de cada árbol, de la extensión de su sistema radicular y de otros factores que se han analizado individualmente.

Así pues, el estudio realizado concluye que los árboles van a ser afectados por la ejecución del falso túnel entre pantallas en alguna medida, pero que el trazado debe diseñarse de tal forma que los árboles sufran una pérdida radicular inferior a los valores indicados (entre el 30% y el 40%, según el ejemplar), con lo cual podrán recuperarse tras las obras.

Esas recomendaciones se han aplicado al diseño del proyecto. Básicamente son las siguientes:

1) Las pantallas se separan un mínimo de 7 m de los troncos de los árboles. A esta distancia se supone que la pérdida radicular de los árboles es admisible.

2) La traza discurre por la calzada norte de la Alameda Principal, por lo que los árboles de la hilera sur no son afectados.

3) El corte de las raíces se efectúa a mano, aplicando a continuación un tratamiento fitosanitario para evitar pudriciones.

4) Los árboles se jalonarán durante las obras para evitar que las máquinas puedan dañarlos.

5) La losa del falso túnel se rebajará por debajo del nivel freático. Esto permitirá mantener el flujo de agua subálvea del que se alimentan los árboles, y permitirá disponer un relleno sobre losa con un material de granulometría especial “relleno estructural” que facilita la regeneración y posterior desarrollo de las raíces de los árboles.

6) Adicionalmente, se dispondrá un sistema de riego (actualmente no existe) para acelerar la regeneración de los ejemplares de la hilera norte.

4.6. Mantenimiento de los flujos de agua freática

Dentro del proyecto original se realizó un Estudio Hidrogeológico en el que se estudiaban los flujos de agua freática existentes en la zona de la traza, la afección que suponía la ejecución de las pantallas del túnel y se analizaban los sistemas que actualmente existen para evitar el efecto barrera.

El estudio concluyó que el sistema más adecuado y más fiable para mantener los flujos de agua es el de los “almenados”. Este sistema consiste en rebajar la losa superior del falso túnel hasta 1 m por debajo del nivel freático. Sobre la losa se coloca un relleno de grava muy drenante y se perforan unos mechinales o taladros de diámetro mínimo 200 mm, dando continuidad al flujo freático.

Es necesario indicar que la restricción del presente proyecto a la primera mitad de la Alameda elimina las afecciones al freático en su segunda mitad, así como en la Plaza de la Marina y en el Paseo del Parque. En este sentido, la reducción adoptada para el trazado de las líneas 1 y 2 es favorable a las afecciones que se puedan inducir en el flujo

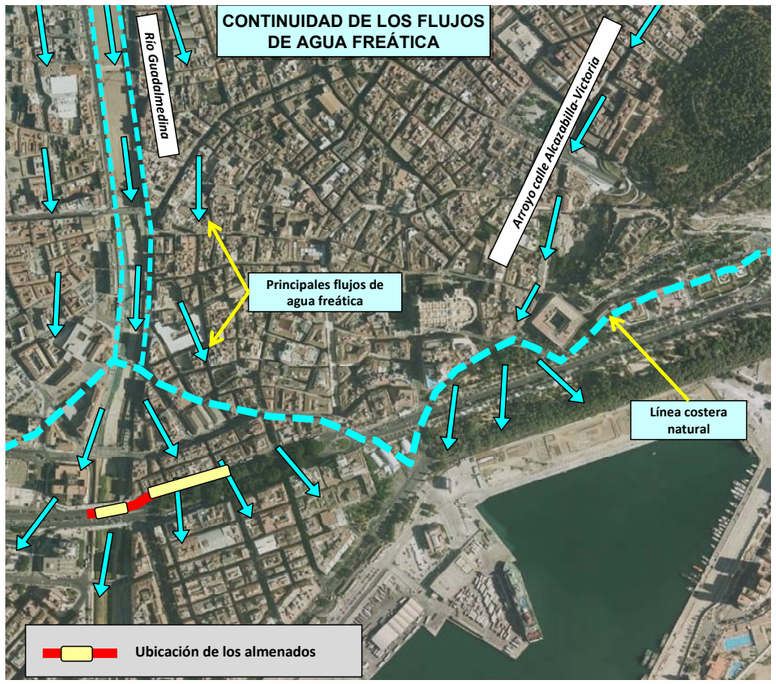
del freático ya que supone la misma afección pero con menor alcance que el previsto en el proyecto original.

En cualquier caso, se ha definido un sistema de paso del agua freática análogo al previsto en el proyecto original, situando los almenados en los siguientes puntos:

- Bajo el encauzamiento del río Guadalmedina, del PK 0+020 al PK 0+045 aproximadamente.
- En la Alameda Principal, del PK 0+130 al PK 0+347, de forma continua hasta el final de la estación.

Estos almenados permiten dar continuidad al flujo que baja por el aluvial del río Guadalmedina, y del que se nutren los grandes ficus de la Alameda Principal.

Figura 6: Principales flujos de agua freática en el entorno de la zona del proyecto



4.7. Diseño de los desvíos de tráfico

Los desvíos de tráfico necesarios para la fase de obra de ejecución de las pantallas tienen una gran importancia, ya que afectan a algunos de los viales de mayor intensidad de tráfico de la ciudad: Alameda Principal y Puente de Tetuán, principalmente.

Para su definición se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

Los desvíos de tráfico definidos en el presente proyecto se basan, con ciertas simplificaciones, en los previstos en el proyecto original, coordinados en su día con el Área de Tráfico del Ayuntamiento de Málaga (en el anejo nº 21 de coordinación con otros organismos se incluyen las actas de reunión con los técnicos de esta área municipal, celebradas para la definición de los desvíos de tráfico incluidos en el proyecto original).

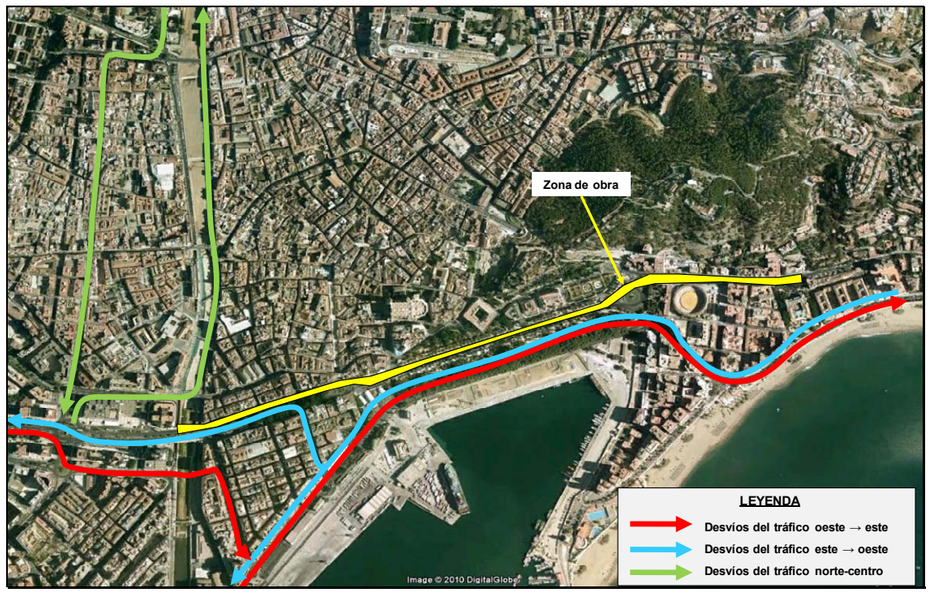
La restricción del ambito de actuación del presente proyecto en relación al proyecto original, provoca que no sea necesario ocupar la plaza de la Marina, el Paseo del Parque, la Plaza del General Torrijos y el Paseo de Reding, con lo cual la afección al tráfico debida a las obras se verá reducida en gran medida. Por tanto, su afección se ciñe a la ocupación del tablero norte del Puente de Tetuán y a la ocupación de la vía de servicio norte de la Alameda.

Además, se ha supuesto en el presente proyecto que esta fase de la obra coincide en el tiempo con la fase final de la obra del tramo adyacente “Renfe-Guadalmedina”, que produce una afección al tráfico similar a la indicada anteriormente en el eje formado por la Alameda y la Avda Andalucía, al restringir la sección destinada al tráfico rodado den este eje entre el Puente de Tetuán y la Plaza de Manuel Alcántara. Esta actuación también esta actuación coordinada con los técnicos del Área de Tráfico.

Por tanto, la ocupación prevista en el presente proyecto tan solo extiende la restricción del tráfico provocada por el tramo RENFE - Guadalmedina al tablero del Puente de Tetuán, de manera que los desvíos previstos en el presente proyecto colaboran a minimizar las afecciones producidas por la ocupación de obra del tramo anterior y del presente tramo, desviando la mayor parte del tráfico rodado a otros ejes alternativos.

Así pues, se ha realizado un diseño detallado que se incluye en los planos del proyecto, y se han coordinado los desvíos proyectados con el Área de Tráfico del Ayuntamiento de Málaga.

Figura 7: Esquema de los desvíos del tráfico general por el centro de la ciudad



Las principales hipótesis de trabajo del proyecto son las siguientes:

- Toda la ocupación de la zona de obra se realiza en una única fase, simultaneándose el trabajo de hasta 3 equipos de ejecución de pantallas, con objeto de reducir en todo lo posible el plazo de la ocupación.
- Se efectúa un desvío del tráfico general en el sentido de Avda. Andalucía hacia El Palo por la Avda. Aurora, Puente de la Misericordia, Alameda de Colón, Muelle Heredia, Paseo de los Curas, Avda. Cánovas del Castillo y Paseo Marítimo. Se mantiene dos carriles de circulación en este sentido en el tablero sur del Puente de Tetuán para uso exclusivo de servicios públicos y residentes.
- Se efectúa un desvío del tráfico general en el sentido de El Palo hacia la Avda. Andalucía por Paseo de los Curas, Muelle Heredia, calle Córdoba, Alameda Principal (calzada central), Puente de Tetuán (tablero sur) y Avda. Andalucía.
- Se mantienen cuatro carriles de circulación en la calzada central de la Alameda Principal en sentido El Palo Avda. de Andalucía, dos para uso de EMT y dos para tráfico general. Esta disposición se restringe sobre el tablero sur del Puente de Tetuán a dos carriles de circulación, uno reservado a EMT y otro para el tráfico general.
- La vía de servicio sur de la Alameda Principal queda reservada para autobuses de la EMT, tráfico de carga/descarga y residentes.
- La ejecución de la obra civil garantiza en todo momento de la obra el cruce transversal de tráfico desde calle Córdoba hacia Puerta del Mar.
- Se dota a la Alameda de Colón de doble sentido de circulación, al objeto de introducir el tráfico de residentes y servicios públicos de Muelle Heredia en el sentido de circulación Avda. Andalucía dirección El Palo de la Alameda Principal.
- Se establece un desvío general en dirección Ciudad Jardín hacia la Avda. Andalucía a través del eje formado por las calles Armegual de la Mota, Jaboneros, Don Juan de Austria y la Avda. del Doctor Gálvez Ginachero, con objeto de interrumpir el tráfico rodado por las calles José María García Caparrós y Pasillo de Santo Domingo, para así posibilitar la demolición y posterior reconstrucción del tablero norte del Puente de Tetuán.

En el Anejo nº 18 se han incluido las modificaciones provisionales que es necesario realizar en las líneas de autobuses de la EMT afectadas por las obras.

4.8. Trabajos en el cauce del río Guadalmedina

Para ejecutar las pantallas del túnel en el cruce con el río Guadalmedina se hace necesario demoler el tablero norte del Pueten de Tetuán. Una vez demolido, deberá trabajarse en el interior del cauce del río, debiéndose demoler además los muros laterales del encauzamiento en el tramo donde coinciden con el falso túnel.

Esto implica tener en cuenta una serie de precauciones en la obra, para evitar daños a la propia obra o a la ciudad en su conjunto, ante la posibilidad de que acaezca una avenida. El proyecto se ha redactado bajo las siguientes hipótesis:

- La Dirección de Obra deberá ordenar al Contratista que organice sus trabajos de forma que las actuaciones en el río se realicen con preferencia durante los meses de mayo a agosto, evitando en lo posible los meses de septiembre a noviembre.
- Para trabajar en los meses de invierno-primavera, y como precaución también en los meses de verano, es recomendable elevar una plataforma de trabajo de 2.5 m de altura máxima sobre el cauce, ocupando cada mitad de éste alternativamente.

- En la planificación de trabajos en el cauce del río se tendrán en cuenta los desagües periódicos y de mantenimiento del caudal ecológico que se realizan desde el embalse del Limonero.

- La sección de medio cauce (20 m de anchura) y 2.5 m de calado tiene una capacidad de desagüe teórica de 200 m³/s. Este caudal es la suma de la capacidad de los desagües de fondo de la Presa del Limonero (100 m³/s) más el caudal de 15 años de periodo de retorno de la cuenca aguas abajo de la presa.

- La plataforma elevada permitirá trabajar con caudales pequeños y medianos del río (teóricamente hasta 200 m³/s), pero siempre existirá una pequeña probabilidad de que se produzca una avenida de caudal mayor. Para esta posibilidad el Contratista siempre deberá tener prevista una ruta de escape para el personal y la maquinaria.

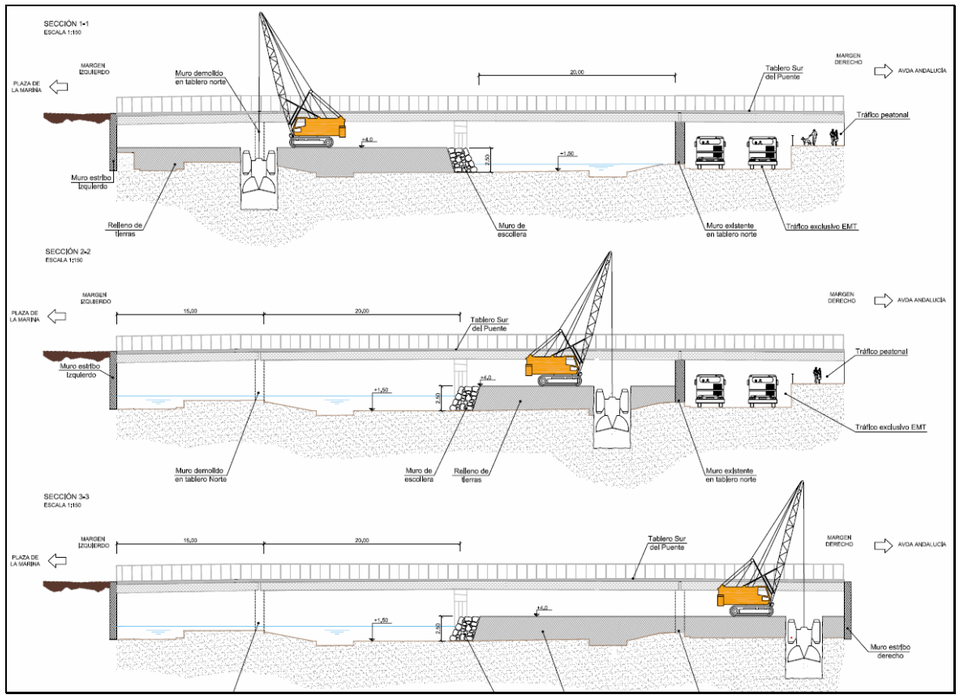
- Además, la plataforma de trabajo deberá ser erosionable, de forma que la avenida que pudiera ocurrir pueda llevársela hacia el mar.

- Mientras estén los muros laterales demolidos, los pasos inferiores de un lado y otro del río son inundables, por lo que deberá prohibirse el acceso a los mismos de toda persona y vehículos. En el Paso de Santo Domingo hay que tener en cuenta que el tramo inundable alcanza hasta la Avenida de Fátima, aguas arriba del Puente de la Aurora.

- El contratista establecerá un protocolo de avisos y alertas en coordinación con la Dirección del embalse del Limonero y la Dirección de Obra.

-

Figura 8: Ejecución de las pantallas por fases en el cauce del Guadalmedina



4.9. Afección a los eventos ciudadanos: Semana Santa y otros

En la zona de proyecto se desarrollan diversos eventos ciudadanos, entre los que se destacan los siguientes:

- Cabalgata de Reyes Magos (Alameda, Plaza de la Marina, Cortina del Muelle y Parque)
- Cabalgata de Carnavales (Alameda Principal y calle Larios)
- Procesiones de Semana Santa (recorrido oficial por Alameda Principal, Plaza de la Marina y calle Larios)

Probablemente el evento de mayor importancia de todos ellos, y cuyo traslado no parece viable, es los desfiles procesionales de la Semana Santa.

El diseño de este proyecto ha pretendido mantener en la medida de lo posible la celebración de la gran mayoría de estos eventos, especialmente de las procesiones de Semana Santa, con el mínimo de modificaciones sobre su celebración habitual.

Para ello se han incluido en el proyecto las siguientes cuestiones:

a) El periodo de afección en superficie por parte de las obras se ha reducido al mínimo imprescindible, que se considera de 15 meses. Para ello se ejecutan todas las obras de construcción de pantallas en una única fase y con un amplio número de equipos de trabajo.

b) La traza discurre en la Alameda Principal por la calzada norte, donde supone menores afecciones a los eventos ciudadanos que si discurriera por la calzada central.

c) El presupuesto del proyecto incluye el desmontaje de los cerramientos de obra, la pavimentación provisional, la parada de maquinaria y el nuevo montaje de los cerramientos, con el fin de hacer frente a una paralización parcial de la obra durante el periodo de los 10 días de la Semana Santa.

Es necesario indicar que la restricción del presente proyecto a la mitad este de la Alameda hace que desaparezcan las afecciones a los eventos ciudadanos que se desarrollan en la Plaza de la Marina y Paseo del Parque.

4.10. Cumplimiento de las condiciones del Informe Ambiental

4.10.1. Prescripciones del Informe Ambiental del Metro de Málaga

El Informe Ambiental del Estudio Informativo de la Red de Metro de Málaga fue formulado por la Comisión Interdepartamental Provincial de Medio Ambiente de Málaga con fecha de 12 de junio de 2003.

El Informe Ambiental se formula atendiendo a lo dispuesto en el artículo 22 de la antigua Ley 7/1994, de 18 de mayo de Protección Ambiental. Además, de conformidad con lo dispuesto en el art. 21.2 del antiguo Decreto 153/1996, de 30 de abril, Reglamento de Informe Ambiental, la licencia, autorización, concesión o aprobación a expedir por este Organismo para la ejecución de la actividad recogerá las condiciones previstas en el Informe Ambiental emitido.

En el Informe Ambiental se recogen las prescripciones y condiciones ambientales que debe cumplirse con objeto de considerar el proyecto como ambientalmente viable. El Informe Ambiental contempla aspectos generales para todas las líneas del Estudio Informativo. En el anejo nº 1 Antecedentes, se incluyen las condiciones impuestas en el Informe Ambiental . En los siguientes apartado se aborda un análisis de los condicionados del Informe Ambiental, especificando aquellos que no son de aplicación al presente Proyecto. Los condicionados se reproducen textualmente a continuación:

4.10.2. Cumplimiento del IA y medidas adoptadas en el proyecto

Protección de la calidad del aire

En el apartado 4.2 del Anejo nº 19, relativo a la protección de la calidad del aire describe las medidas a adoptar para prevenir la producción de polvo:

1. Riego con agua de todas las superficies de actuación, lugares de acopio de materiales y calzadas de rodadura de maquinaria, de forma que todas estas zonas tengan el grado de humedad necesario y suficiente para evitar, la producción de polvo, evitando, de este modo, las molestias sobre la población, los ejemplares arbóreos y edificios cercanos a la obra o a sus vías de acceso.

   El agua que se emplee para estos riegos será “NO POTABLE”, proveniente de pozos, depuradoras o lugares definidos para la carga de cubas de agua. En ningún caso podrá provenir de la red de suministro.

   No se puede establecer la frecuencia de los riegos, si bien estarán en función del año y de la pluviometría real existente durante los meses en los que se desarrollen las obras.

2. Los apilamientos de tierras y áridos deberán ser regados periódicamente en función de su composición y tiempo de inutilización.

3. El transporte de áridos por camiones deberá realizarse con la precaución de cubrir la carga con una lona para evitar la emisión de polvo, tal y como exige la legislación vigente.

4. Para verificar (tal y como establece el Informe Ambiental) el cumplimiento de las prescripciones del Decreto 74/1996, de 20 de febrero, por el que se regula el Reglamento de la Calidad del aire, en lo concerniente a las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, respecto a las emisiones de polvo y gases a la atmósfera de las instalaciones comprendidas en el Grupo B, epígrafe 2.2.2., en el caso supuesto de que durante la ejecución de las obras se decida instalar cualquier actividad recogida en el mencionado epígrafe (instalaciones de tratamiento de piedras, guijarros y otros productos minerales, cuando la capacidad sea superior a 200.000 toneladas anuales, o para cualquier actividad cuando la instalación se encuentre a menos de 500 metros de un núcleo de población); se instalarán (bajo la instrucción de la Consejería de Medio Ambiente) instrumentos de medición, manual o automática, de las emisiones de contaminantes y de las inmisiones que puedan resultar como consecuencia de

ellas, para garantizar que no se superan los valores límites marcados por la legislación vigente.

Todas estas medidas se recogen igualmente en el Pliego de Prescripciones Técnicas del presente Proyecto de Construcción.

Control de ruidos y vibraciones

Respecto al control de los niveles de ruidos y vibraciones, el apartado 4.2.3.del Anejo nº 19 recoge las medidas preventivas a aplicar como consecuencia del desarrollo del presente proyecto. En este sentido, ya no resulta de aplicación ni el Decreto 74/1996 ni la Orden 23/2/96, dado que ambas normas fueron derogadas en lo referente al ruido cuanto entró en vigor el Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica.

Las medidas preventivas prescritas contra la producción de ruidos durante las obras son:

- Todos los equipos y maquinarias de uso en obras al aire libre deberán disponer de forma visual el indicador de su nivel de ruido según lo establecido por la Unión Europea si le fuere de aplicación, siendo responsable el contratista de la ejecución de las obras el responsable de la observancia de los niveles sonoros permitidos para la maquinaria.

- El horario de trabajo será el comprendido entre las 7 y las 23 horas, en los casos en los que los niveles de emisión de ruido superen los indicados en la Tabla 2 del anexo I de este reglamento, para periodos nocturnos.

- No se podrán emplear máquinas de uso al aire libre cuyo nivel de emisión medido a 5 m sea superior a 90 dBA. En caso de necesitar un tipo de maquina especial cuyo nivel de emisión supere los 90 dBA, medidos a 5 m de distancia, se pedirá un permiso especial, donde se definirá el motivo de uso de dicha máquina y su horario de funcionamiento. Dicho horario deberá ser expresamente autorizado por el Ayuntamiento.

- Se exceptúan de la obligación anterior las obras urgentes, las que se realicen por razón de necesidad o peligro y aquellas que por sus inconvenientes no puedan realizarse durante el día.

Estas medidas aparecen recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Protección de las aguas subterráneas

En el Anejo nº 12 de “Geotecnia y Túneles” se ha realizado un estudio hidrogeológico donde se han estudiado las afecciones del túnel a los flujos de agua freática, proponiéndose y justificándose las medidas necesarias para evitar afecciones a los edificios cercanos o la vegetación ornamental de la ciudad. Este estudio se ha enviado a la Agencia Andaluza del Agua para su aprobación.

El sistema de drenaje propuesto está compuesto principalmente por:

- *Zona comprendida entre el Río Guadalmedina a Plaza de la Marina*: Rebaje de la losa superior del túnel hasta 1 m por debajo del nivel freático, de forma que el agua freática pueda pasar por encima (almenado). El rebaje se realizará de forma continua por debajo del cauce del río, y en la Alameda Principal desde el PK 0+130 al PK 0+295, que es todo el tramo adyacente a los ficus centenarios.

Protección del sistema hidrológico

En cumplimiento del presente condicionado se incluye en el apartado 4.4.2. del anejo 19, las medidas de protección del sistema hidrológico frente a la contaminación, así como actuaciones que garantizan la conservación de las infraestructuras de desagüe y drenaje de las áreas afectadas.

Tratamiento de los residuos generados en la obra

En el Anejo nº 19 se indica la utilización del Vertedero Municipal de “Los Ruices” como destinatario de las tierras excavadas para el vaciado del túnel y que no vayan a ser reutilizadas en la ejecución de la obra, de acuerdo con las prescripciones del Informe Ambiental y con las posteriores comunicaciones de la Delegación provincial de Medioambiente. Dicho vertedero cumple con las prescripciones previstas en la legislación vigente para el tratamiento de estos residuos de obras de construcción, no peligrosos para el medioambiente.

Durante la fase de construcción, se extremarán las medidas para no realizar ningún tipo de vertido ni en los cauces ni en las orillas que puedan originar episodios de contaminación.

Los aceites y sustancias contaminantes que se generen durante la fase de ejecución de las obras, por los vehículos y maquinaria utilizada durante el desarrollo de las mismas, así como los combustibles y cualquier otro material que pudieran ser tóxicos, se almacenarán en lugares preparados y vigilados del área de obra, a los que se ha denominado puntos limpios.

Estos lugares servirán como centro de repostaje y cambios de aceites, por lo que estarán situados en plataformas totalmente impermeabilizadas en las que se puedan recoger los residuos y vertidos para su posterior traslado a la planta de reciclaje.

Asimismo se prescribe que los residuos peligrosos que se generen deberán ser entregados a gestores autorizados de acuerdo con lo estipulado en la Ley 10/98, de 25 de abril de Residuos, Decreto 283/1995, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el reglamento de Residuos de la Comunidad Autónoma de Andalucía y demás normativa sectorial.

Cuando se proceda al empleo de bentonita se controlará que su tratamiento permanezca en ciclo cerrado.

Afecciones a vías pecuarias

Este condicionado no es de aplicación, ya que se encuentra fuera de la zona de actuación del presente Proyecto Constructivo.

Actuaciones auxiliares no contempladas

No se prevén actuaciones auxiliares no contempladas en el Estudio Informativo. En caso de ser absolutamente necesario, la tramitación se realizará conforme a la Ley 7/2007 de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, que deroga a la ley 7/94, de 18 de mayo, de Protección Ambiental.

Protección del Patrimonio Histórico

De acuerdo con lo indicado por el Condicionado, con fecha 1 de febrero de 2005 se inicia la tramitación ante la Delegación Provincial de la Consejería de Cultura en Málaga de 3 proyectos arqueológicos de las Líneas 1, 2 y ramal técnico del Metro de Málaga; los tres tienen incidencia directa en la ejecución de la Línea 1.

Los proyectos son:

- “Control Arqueológico de los movimientos de tierra de las líneas 1, 2 y Ramal Técnico del Metro de Málaga”, a ejecutar durante el desarrollo de las obras.
- “Excavación arqueológica en la Estación de Guadalmedina”, a ejecutar con carácter previo al inicio de las obras.
- “Excavación arqueológica en la Estación RENFE”, a ejecutar con carácter previo al inicio de las obras.

Los proyectos, consensuados previamente con la Delegación Provincial de Cultura de Málaga y tramitados conforme al Decreto 168/2003 mediante el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas, fueron informados por la Delegación Provincial remitidos a la Dirección General de Bienes Culturales para su autorización definitiva. Con fecha junio de 2006, se redactó un nuevo proyecto arqueológico que daba respuesta a las modificaciones de trazado, en planta y alzado, sufridas en el tramo entre Guadalmedina y la Estación de RENFE. Este proyecto aporta tres nuevas intervenciones:

- Actividad arqueológica en el ámbito de la Necrópolis de El Corte Inglés.
- Actividad arqueológica en el ámbito de la Necrópolis de Explanada de la Estación-Calle Mendívil.
- Actividad arqueológica en el ámbito de la Muralla del Arrabal en Callejones del Perchel esquina calles Eslava.

La tramitación de dicho proyecto implicaba la vigencia del proyecto general de “Control Arqueológico de los movimientos de tierra de las líneas 1, 2 y Ramal Técnico del Metro de Málaga” a ejecutar durante la fase de los movimientos de tierra de los proyectos implicados en la construcción de las líneas 1, 2 y ramal técnico del Metro de Málaga y suspendía la tramitación administrativa de los proyectos “Excavación Arqueológica en la Estación Guadalmedina” y “excavación Arqueológica en la Estación RENFE”, por cuanto que los trazados en planta y alzado se habían modificado sustancialmente.

En abril de 2007 se presenta en la Delegación Provincial de Cultura de Málaga un proyecto para Actuación Arqueológica Preventiva en el entorno de la Plaza de la Marina. Todos estos proyectos están consensuados con la Delegación Provincial y siguen los parámetros y las líneas establecida por las diferentes administraciones.

Actualmente, está en ejecución la Actividad Arqueológica Preventiva (Control de Movimientos de Tierra) de las líneas 1, 2 y Ramal Técnico del Metro de Málaga; y se ha autorizado, con fecha 8 de febrero de 2010, la Actividad arqueológica Preventiva en los entornos de “Guadalmedina-Renfe de las líneas 1 y 2 del Metro Málaga”, mientras que la Actuación Arqueológica Preventiva en el entorno de la Plaza de la Marina, solicitada en abril de 2007, se ha anulado debido a las modificaciones en el Proyecto del Metro de Málaga en esta zona.

En este contexto, se realizó el Estudio de Impacto Arqueológico y definición de medidas correctoras del proyecto original que sigue siendo vigente para el presente proyecto, dado que es una restricción del anterior, *y* en el cual quedan recogidas las medidas protectoras y correctoras resultantes del mencionado estudio. Estas se han incluido en el apartado 4.7 del presupuesto, y se han recogido en planos, presupuesto y pliego de prescripciones técnicas.

En el Apéndice 2 del Anejo nº 19 se incluye íntegramente el Estudio de Impacto Arqueológico comentado. Es necesario indicar que la restricción del ámbito del proyecto en relación al original supone una desafección a los restos arqueológicos detectados en la plaza de la Marina. En cualquier caso, para los restos arqueológicos del Fuerte de San Lorenzo se ha incluido en este proyecto la realización de una excavación arqueológica en extensión, de acuerdo con la última comunicación recibida de la Delegación Provincial de la Consejería de Cultura, que se adjunta en el apéndice nº21 “Coordinación con otros Organismos”.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

5.1. Cartografía y topografía

Entre los años 2009 y 2010 TYPSA redactó el “Proyecto de Construcción de la Línea 1 del Metro de Málaga. Tramo: GUADALMEDINA - MALAGUETA“. En el marco de dicho proyecto se desarrollaron los correspondientes trabajos cartográficos.

El ámbito del presente “Proyecto de construcción de la infraestructura y superestructura de vía de las líneas 1 y 2 del metro de Málaga. Tramo: Guadalmedina – Atarazanas” queda dentro del redactado en 2010 (concretamente los primeros 320 m) por lo que toda la cartografía y los datos topográficos y taquimétricos obtenidos siguen siendo válidos y han sido utilizados para la definición del presente proyecto.

En el anejo nº 3 de Cartografía y Topografía se incluye el detalle de los trabajos cartográficos y topográficos que se realizaron para la redacción del proyecto original, que siguen vigentes para en el ámbito de actuación de presente proyecto.

Para el diseño de la infraestructura del proyecto se realizó un levantamiento taquimétrico a escala 1:500 de las calles por las que discurre la nueva infraestructura. De este taquimétrico, se utiliza en el presente proyecto la partes correspondientes al Puente de Tetuán y a la Alameda Principal,, en una franja de terreno de aproximadamente 25 a 30 m de ancho por aproximadamente 400 m de largo. Este taquimétrico se ha utilizado para elaborar un modelo digital del terreno que se ha empleado para el diseño del trazado y para la realización de los cortes longitudinales y transversales.

La base cartográfica utilizada para la representación de los planos se apoya en la cartografía digital de la Gerencia de Urbanismo del Ayuntamiento de Málaga. eEsta cartografía no se ha utilizado para el trazado del proyecto, sino únicamente para completar en las plantas una franja de 300 m (150 m a cada lado del eje aproximadamente) que permita ubicar visualmente el taquimétrico realizado.

Además del levantamiento taquimétrico de la banda del trazado, los trabajos topográficos se completaron con:

- En la zona del puente de Tetuán, con el levantamiento del cauce del río Guadalmedina, pasos inferiores y detalles de la estructura del puente (pilas, apoyos y vigas).
- Contorno del tronco de los 41 ficus de la Alameda Principal.

- Cotas de las ramas más bajas de cada uno de los arboles de la Alameda Principal, que intersectan en planta con los muros pantalla.
- Márgenes del Guadalmedina en la zona junto al Puente de La Misericordia, donde se proyecta una pasarela peatonal.

Adicionamente, se ha realizado un levantamiento taquimétrico del carril bici que ha sido implantado recientemente en el acerado norte de la Alameda Principal por el Ayuntamiento de Málaga.

Los taquimétricos se han obtenido mediante la metodología de radiación por topografía clásica, ya que el uso del GPS no es aplicable en muchas de las zonas.

Las fases que se han seguido en la ejecución del levantamiento taquimétrico son las siguientes:

1. Localización y señalización de la red de bases de replanteo del proyecto. Dicha red de bases de replanteo fue realizada por la empresa consultora AYESA, que fue la redactora del proyecto inicial de todas las líneas del Metro de Málaga. Esta red de bases (en la zona de este proyecto) estaba compuesta por un total de 20 bases de replanteo materializadas con clavos a lo largo de todo el tramo. Una vez recorrido y revisado el tramo se detectó que del total de 20 bases habían desaparecido 16 con lo que únicamente quedaban 4 bases.
2. Una vez detectada la desaparición de la mayor parte de las bases de replanteo se optó por la densificación o reposición de esta red de bases.
3. Una vez repuesta la red de bases y densificada con puntos destacados en lugares estratégicos para la correcta ejecución del levantamiento topográfico, se procedió a radiar todos los puntos necesarios para definir planimétrica y altimétricamente todos los elementos afectados por la traza del Metro.
4. Posteriormente se estableció una poligonal para dar coordenadas X, Y, Z a las bases de replanteo.
5. A continuación se realizó el taquimétrico, incluyendo bordillos, fachadas, voladizos de edificios, etc.
6. Por último se llevaron a cabo los trabajos de gabinete hasta obtener la cartografía a escala 1:500.

5.2. Geología y procedencia de materiales

5.2.1. Encuadre geológico

Desde el punto de vista geológico, la zona de proyecto está limitada por los Montes de Málaga al Norte y Este, el Valle del Guadalhorce y la Sierra de Mijas al oeste, y el mar Mediterráneo al Sur.

La traza discurre paralela a la costa de Málaga y atraviesa materiales cuaternarios de origen fluvio-marino, y materiales rocosos pertenecientes al Complejo Maláguide.

El Complejo Maláguide constituye la unidad tectónica superior de las Cordilleras Béticas, y agrupa materiales paleozoicos y mesozoicos sobre los que se asientan sedimentos cenozoicos postmantos. La complejidad estratigráfica del Complejo Maláguide es notable y se ve agravada por el intenso replegamiento y escamación de las series.

Las series inferiores del Complejo Maláguide, formadas por filitas, muestran un metamorfismo regional débil, que disminuye hacia la superficie, y están datadas como Paleozoicas. Por otro lado, las series superiores, sin metamorfismo, se apoyan discordantemente sobre las anteriores y constituyen la cobertera mesozoica. Concretamente, están datadas como Triásico – Jurásicas.

Sobre el conjunto estratigráfico anterior, se ha desarrollado una serie de depósitos Mio-Pliocenos de naturaleza marina con abundante fauna, constituidos por materiales arcillo-margosos, arenas y conglomerados.

Finalmente, y en clara discordancia sobre las unidades anteriores, se ha desarrollado un manto de materiales del Cuaternario que ocupa gran parte de la depresión costera de Málaga. Este manto está compuesto por materiales de ambientes marino (arenas, gravas, depósitos de playa actual y dunas costeras) y continental (conos de deyección, piedemontes, coluviones y aluviales).

El sistema en general queda controlado por una red fluvial constituida por diversos arroyos transversales al trazado, de régimen intermitente, que generan un potente manto cuaternario poco consolidado y muy permeable.

5.2.2. Descripción geológica del trazado

Estratigrafía y litología

La estratigrafía atravesada por la traza de proyecto aparece claramente representada en el perfil geológico-geotécnico que se encuentra en el Anejo nº 4.

El Complejo Maláguide constituye la masa principal de materiales que afloran en la zona, y se caracteriza por su gran complejidad estratigráfica y por un intenso plegamiento y escamación de las series.

Las series inferiores del Complejo Maláguide, que son las que afectan a la traza, están formadas por esquistos, filitas, calcofilitas, areniscas, metaareniscas y grauwacas, alternándose de manera discordante. Todas ellas muestran un metamorfismo regional débil y están datadas como Paleozoicas (Silúrico-Devónico-Carbonífero en esta zona). Dentro de ellas se han distinguido las siguientes formaciones en el trazado:

- Maláguide indiferenciado (C): Esta unidad agrupa a las rocas de calidad media-buena, con grado de alteración inferior o igual a III. No se han distinguido litologías por no ser relevante a efectos geotécnicos por las características del proyecto y porque sólo se tiene la información puntual de los sondeos y algunos afloramientos relativamente lejanos, donde aparecen calcofilitas silúricas y filitas con grauwacas devónicas.

- Manto de alteración (MAF): Esta unidad engloba a las rocas con grado de alteración igual o superior a IV, que están bastante alteradas y fracturadas.

Sobre el Complejo Maláguide se asientan los sedimentos Postmantos.

Por un lado, se ha desarrollado una serie de depósitos Mio-Pliocenos de naturaleza marina, constituidos por materiales arcillosos, margosos y limo-arenosos. A esta serie pertenece la siguiente formación:

- Terciario marino (T): Que en esta zona de Málaga aparece como suelos limo-arenosos, relativamente gruesos y permeables en comparación con otras áreas de la ciudad, en que son claramente cohesivos.

Por otro lado, en clara discordancia sobre las unidades anteriores, se ha desarrollado un manto de materiales del Cuaternario que ocupa gran parte de la depresión costera de Málaga. Se han distinguido las siguientes formaciones:

- Cuaternario aluvial (Q_{AL}): Es el aluvial del Guadalmedina, bastante grueso y permeable.

- Cuaternario marino (Q_M): Son depósitos de tipo playa, de granulometría arenosa fina a limo-arenosa.

- Cuaternario coluvial (Q_C): Son depósitos coluviales de pie de monte depositados al pie de las laderas del Monte Gibralfaro.

Por último, los rellenos mixtos fluvio-marinos favorecidos por la acción del hombre en época moderna y los rellenos antrópicos recubren todo el manto cuaternario, dando lugar a las siguientes formaciones:

- Cuaternario moderno (Q_{ALG}): Se trata de los depósitos mixtos acarreados por el Guadalmedina en época histórica y depositados en su desembocadura, haciendo retroceder la línea de costa desde la calle Atarazanas (donde se ubicaba de forma natural la playa en época medieval), hasta la posición contemporánea.

- Relleno de la dársena del puerto (R_A): Relleno efectuado a finales del siglo XIX para rellenar la antigua dársena en la zona que hoy ocupa el Paseo del Parque.

- Rellenos modernos (R_M): Correspondientes a la urbanización de la ciudad, en todo caso muy superficiales.

Los distintos afloramientos de las formaciones aparecen representados en la Planta geológica-geotécnica. Se han realizado plantas a distintas cotas ya que a cota de superficie predominan los rellenos modernos y enmascaran el resto de las formaciones.

Geomorfología

La franja de costa presenta un marcado carácter longitudinal, de relieve llano o suavemente alomado, en una extensión transversal relativamente estrecha. Hacia el norte, se encuentran los relieves de las sierras con una alineación básicamente paralela a la costa. A favor de las torrenteras que se forman entre la sierra y la costa, se forman valles relativamente encajados que cortan de forma transversal la línea de costa.

La zona por donde discurre el trazado presenta un relieve suavizado artificialmente, ya que se encuentra completamente urbanizada. Gran parte de trazado se ubica, de hecho, en terrenos ganados artificialmente al mar.

Hidrogeología

Dada la climatología de la zona, la red fluvial está constituida por pequeños arroyos y ramblas que tienen su nacimiento en los principales relieves de la zona y bajan perpendicularmente hacia el mar. El entorno por donde discurre el trazado se encuentra directamente relacionado con el río Guadalmedina.

El sustrato rocoso de la zona, de naturaleza filítica, es básicamente impermeable. Por el contrario, todos los suelos neógenos son de naturaleza granular más o menos gruesa, pero en general bastante permeables.

Se ha caracterizado en el proyecto el acuífero del río Guadalmedina, que es un acuífero libre detrítico asociado a los suelos aluviales depositados por el río, que desagua directamente en el mar. Hacia el oeste dicho acuífero se funde sin solución de continuidad con el acuífero del río Guadalhorce, mucho más potente y con muchos más recursos, pero también formado por materiales de menor permeabilidad.

5.2.3. Procedencia de materiales

La ejecución del túnel definido en el presente proyecto es claramente excedentario en lo que a movimiento de tierras se refiere.

Sin embargo, no se ha previsto utilizar las tierras extraídas en la excavación en la formación de rellenos sobre la losa de cubierta, ya que estos rellenos se han de ejecutar antes que la excavación del túnel, con el fin de reponer la urbanización lo antes posible, por lo que se ha previsto la realización de los rellenos con material procedente de préstamos y canteras.

Además de los rellenos a ejecutar será necesaria la utilización de áridos para la elaboración de hormigones, mezclas bituminosas, y zahorras artificiales. Todos ellos procederán de canteras legalmente autorizadas.

En el Anejo nº 4 se incluye un inventario de canteras y plantas de suministro situadas a una distancia razonable del trazado, incluyendo una descripción del material a explotar (o procedencia del mismo), capacidad de producción, accesibilidad, distancia a la obra y toda la información que pueda ser considerada de interés.

5.3. Efectos sísmicos

La zona en la que se desarrolla el Proyecto se caracteriza por un riesgo sísmico alto. Sin embargo, el comportamiento de las estructuras subterráneas frente a efectos sísmicos no está reglamentado actualmente. Por esta razón, a falta de una normativa vigente, se ha utilizado como norma de referencia la derogada IOS-98. Este texto indica que la aceleración sísmica básica ha de ser mayor que 0,15·g para que los efectos sísmicos sean considerados en el diseño de las obras subterráneas.

La aceleración sísmica básica máxima del entorno de la obra proyectada toma un valor de 0,11·g, por lo que, en principio, no parece necesario considerar este fenómeno en las estructuras enterradas.

De todas formas, sí se han considerado los fenómenos sísmicos en las estructuras susceptibles de vibrar ante ellos (estructuras exteriores y estructuras no solidarias al terreno), por lo que se ha estimado la aceleración sísmica de cálculo de acuerdo con las indicaciones de la NCSE-02 y la NCSP-07. A continuación se indican los valores obtenidos para las aceleraciones sísmicas básica y de cálculo:

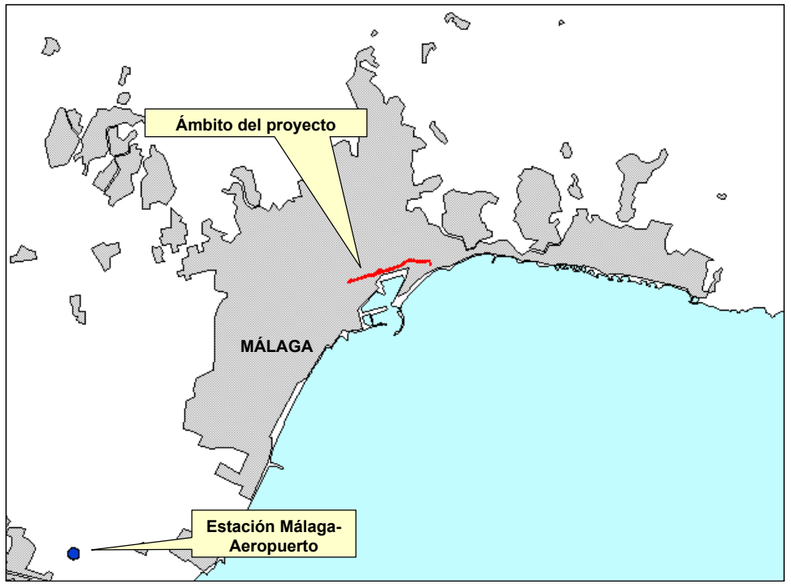
$$a_b = 0{,}11 \cdot g$$
$$a_c = 0{,}177 \cdot g$$

5.4. Climatología e hidrología

5.4.1. Climatología

Para definir la climatología en el ámbito territorial del presente proyecto se ha empleado la publicación **"Guía Resumida del Clima en España"** (1.971-2.000), del Ministerio de Medio Ambiente. Los datos se han tomado de la estación "Observatorio meteorológico de Málaga aeropuerto", situada aproximadamente a 8 km del ámbito del Proyecto.

Figura 9: Ubicación de la estación meteorológica más cercana



Las principales variables climáticas de la zona de proyecto son las siguientes:

Tabla 4: Variables climáticas de la zona estudiada

TEMPERATURAS	
VARIABLE	**PUBLICACIÓN**
Temperatura media mensual (º C)	18.0
Temperatura media de las máximas del mes(º C)	22.9
Temperatura media de las mínimas del mes (ºC)	13.1
Temperatura máxima absoluta (º C)	44.2
Temperatura mínima absoluta (º C)	-2.6
Temperatura media en verano (º C)	24.4
Temperatura media en invierno (º C)	12.5
Oscilación verano/invierno de las temp. medias mensuales (ºC)	11.9
Oscilación media de la temperaturas extremas (º C)	9.8
Valor máximo de la oscilación de la temperatura (ºC)	10.5

PLUVIOMETRÍA	
VARIABLE	**PUBLICACIÓN**
Precipitación total anual media (mm)	524.1
Precipitación máxima anual de la serie (mm)	147.1
Precipitación máx. 24 h. (valor medio de los máx. mensuales) (mm)	19
Número de días de precipitación apreciable.	59
Número de días de precipitación >= 1 mm.	43
Número de días de precipitación >= 5 mm.	24
Número de días de precipitación >= 10 mm.	16
Número de días de precipitación >= 30 mm.	4
Número de días de nieve.	0
Número de días de granizo.	1
Número de días de tormenta.	12

HUMEDAD E INSOLACIÓN	
VARIABLE	**PUBLICACIÓN**
Humedad relativa media en enero (%)	71.0
Humedad relativa media en julio (%)	60.0
Humedad relativa media anual (%)	66.0
Insolación total mensual.	2815.2
Média de horas de sol diaria	7.7
Número de días de niebla.	12
Número de días despejado.	107
Número de días nubosos.	205
Número de días cubiertos.	53

Los índices climáticos y la clasificación del ámbito de estudio en función de los mismos se indican a continuación:

Tabla 5: Índices climáticos

Precipitación anual (mm)	Temperatura Media anual (ºC)	Indice Aridez de Martone		Indice Termopluviométrico Dantin-Revenga		Indice Pluviometría de Lang	
		Valor	Clasificación				
524,1	18	18,72	Estepas y países secos mediterráneos	3,43	Zona árida	29,12	Clima árido

5.4.2. Hidrología

En lo relativo a la hidrología, el ámbito de los trabajos se desarrolla íntegramente dentro de la Cuenca Mediterránea Andaluza, perteneciente a la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

El presente proyecto afecta a la cuenca del Río Guadalmedina, que se cruza a la altura del PK 0+040.

El Río Guadalmedina está regulado por la presa de El Limonero, y se encuentra encauzado desde la ella y hasta su desembocadura en el mar, en una longitud aproximada de 5,5 km. Este encauzamiento recoge las aguas de la cuenca que se encuentran sin regular y los caudales evacuados por el aliviadero de la presa.

La cuenca del Río Guadalmedina aguas abajo de la presa está formada a su vez por una serie de arroyos tributarios del propio río, que vierten embovedados al mismo, encontrándose en su vertiente occidental los arroyos de Medelín, La Palma y de los Angeles, y en la oriental los arroyos Don Ventura y Hondo, del Sastre y Quintana.

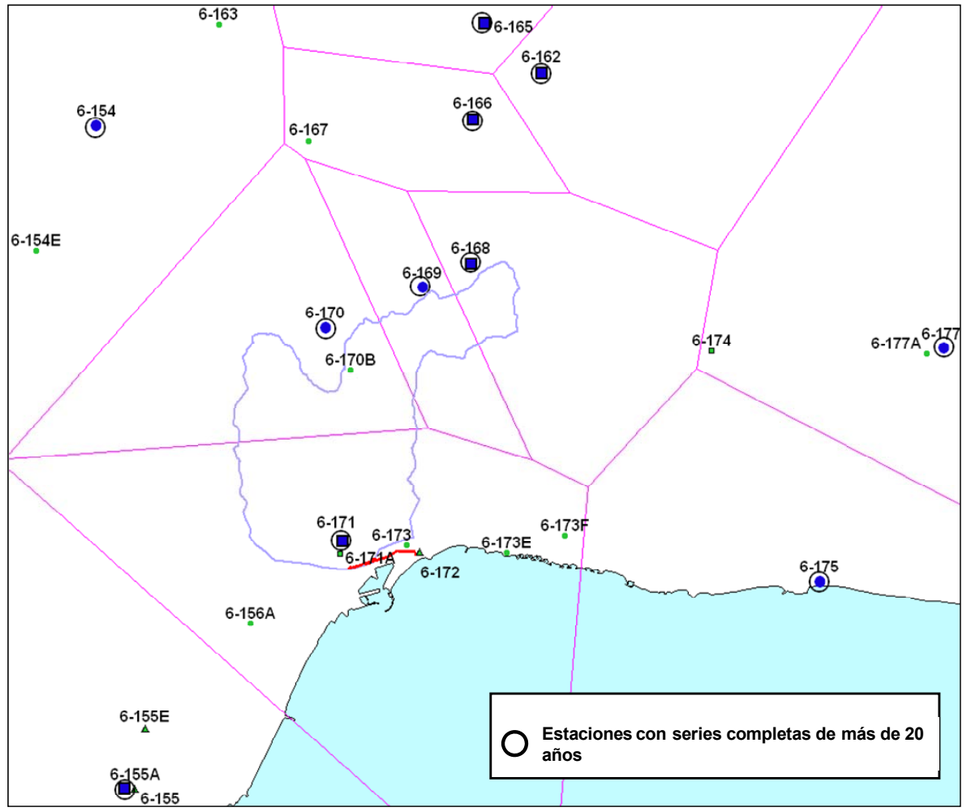
La construcción de la infraestructura del metro conlleva la ocupación temporal del cauce del Río Guadalmedina, por lo que será necesaria la construcción una banqueta de materiales sueltos sobre el cauce, a modo de plataforma elevada desde la que acometer las obras. El período de retorno para el que se misma diseñado es de 13,5 años.

Para la determinación del valor máximo de la precipitación en 24 horas se ha solicitado a la Agencia Estatal de Meteorología información pluviométrica de las estaciones climatológicas existentes en la zona de estudio. Se han seleccionado las estaciones más representativas que cubren la cuenca hidrológica del Río Guadalmedina aguas abajo de la presa, y se han desestimado las aquellas con menos de 20 años completos con datos. A las estaciones seleccionadas se les han trazado los denominados "**Polígonos de Thiessen**", que determinan la zona de influencia de cada una en la cuenca objeto de estudio, descartándose las que no afectan a la zona de proyecto y la cuenca vertiente. Las estaciones seleccionadas se indican a continuación:

Tabla 6: Estaciones pluviométricas seleccionadas

Estación		TIPO	Longitud	Latitud	Altitud m.s.n.m.	Provincia	SERIE		Nº AÑOS CON DATOS PLUVIOMÉTRICOS	
Identif	Nombre						Origen	Final	completos	incom.
6-168	MÁLAGA "EL BOTICARIO"	P	-4,3908	36,7888	500	MALAGA	1950	2009	38	19
6-169	MÁLAGA "PICAPEDREROS"	P	-4,4047	36,7833	189	MALAGA	1950	1978	24	5
6-170	PANTANO DEL AGUJERO	P	-4,4325	36,7736	100	MALAGA	1961	2009	23	26
6-171	MÁLAGA "CIUDAD"	T/P	-4,4266	36,7244	53	MALAGA	1935	1991	53	3

Figura 10: Localización de estaciones pluviométricas seleccionadas



Las características de la cuenca afectada y el caudal resultante del estudio hidrológico para el período de retorno de 13,5 años son los siguientes:

Tabla 7: Características físicas de la cuenca vertiente en el ámbito del proyecto

CUENCA		SUPERF.	LONG,	COTAS (m)		PEND.	TIEMPO CONC. (h)
Nº	NOMBRE	Km2	km	ORIGEN	FINAL	MEDIA (%)	
C-1	Cuencas aguas abajo Presa El Limonero	28,40	4,65	52,5	7,0	1,0	2,3

Tabla 8: Caudal resultante del estudio hidrológico

CUENCA		S	Q (m³/sg
Nº	NOMBRE	Km2	T= 13.5 años
C-1	Cuencas aguas abajo Presa El Limonero	28,4	95,2

El desagüe de fondo de la presa de El Limonero tiene capacidad máxima de 100 m^3/s, por lo que el caudal necesario para el diseño de de las actuaciones provisionales a acometer en el cauce durante el período de ejecución de las obras, será el indicado en la siguiente tabla:

Tabla 9: Caudal de diseño para actuaciones en el cauce del río Guadalmedina

Q (m³/sg)	Q (m³/sg)	Q (m³/sg)
Estudio hidrológico T= 13.5 años	Desagüe de fondo de la presa	Q total diseño
95,20	100	200 m^3/s

5.5. Explotación y superestructura ferroviaria

El objeto del presente Proyecto de Construcción es la definición de la infraestructura conjunta y de la superestructura de las líneas 1 y 2 del Metro de Málaga entre el río Guadalmedina y la estación de Atarazanas. De esta forma el proyecto no incluye la definición detallada de las instalaciones o acabados que conforman la infraestructura de la línea, si bien la misma debe estar prevista para albergar las instalaciones ferroviarias y no ferroviarias, así como los sistemas de ventilación, drenaje, bombeo y evacuación de emergencia.

En el Anejo nº 8 se han descrito las características fundamentales de la explotación y superestructura que han servido como criterio de diseño para la definición de los elementos de la infraestructura de este tramo del Metro de Málaga.

El principal aspecto que condiciona el diseño de la superestructura de la línea en todas sus vertientes es el hecho de que toda la red del metro es una unidad que va a ser explotada conjuntamente. Por ello, la superestructura descrita es la implantada por la Sociedad Concesionaria Metro de Málaga para las líneas 1 y 2 en el resto de tramos de la red, cuyas obras se encuentran muy avanzadas en el momento de redactar el presente documento.

En el presente proyecto de infraestructura se incluyen las instalaciones provisionales del túnel, que son necesarias para desarrollar los trabajos de excavación, ejecución de forjados, montaje de vía, catenaria, terminaciones interiores, etc., que t se ejecutarán en el recinto formado por la obra civil.

En todo caso se trata de instalaciones provisionales, de uso únicamente con operarios y trabajadores del metro en el túnel, y que posteriormente se desmontan al realizar el montaje de las correspondientes instalaciones definitivas. Son las siguientes:

a) Iluminación provisional: Se instalarán luminarias con dos lámparas fluorescentes de 40 W (1200 x 38 mm) en ambos hastiales del túnel, cada 10 m al tresbolillo.

b) Bombeo provisional: Se instalará una bomba sumergible de 8 kW de potencia en el aljibe de bombeo, con evacuación mediante manguera flexible de PEAD hasta un colector próximo de pluviales.

5.6. Trazado geométrico

En el Anejo nº 9 "Trazado geométrico" se incluyen las consideraciones relativas a la definición del trazado de los ejes de las vías que se proyectan en este documento. Allí se describen los criterios de diseño adoptados y se justifican los parámetros de trazado utilizados.

5.6.1. Parámetros de trazado

El presente proyecto no se ha diseñado con una velocidad de proyecto determinada, sino que la especificación ha sido la de obtener en cada punto la máxima velocidad de circulación compatible con los condicionantes impuestos al trazado y con la velocidad máxima del material móvil, que es de 70 km/h.

La adopción de este criterio de diseño se debe a los siguientes condicionantes impuestos a la traza definida en el presente proyecto.

- Entronque con el tramo precedente RENFE – Guadalmedina. La geometría del tramo anterior, que se encuentra actualmente en ejecución ha condicionado el arranque del trazado del presente proyecto en planta y alzado, para que el entronque de ambos tramos sea el adecuado.
- Compatibilidad del trazado actual con una prolongación del mismo hacia el este de la ciudad de acuerdo con el trazado definido en el proyecto original, Guadalmedina – Malagueta.
- Existencia de la estación de Atarazanas en la que la llegada de las composiciones se realiza a baja velocidad.

.

En la tabla adjunta se resumen los parámetros de trazado utilizados para la definición de los ejes de vía del metro.

Tabla 10: Resumen de parámetros de trazado

Parámetro	Valor normal	Valor excepcional
Ancho de vía	UIC: 1435 mm	
Entrevía general	3,30 m	
Distancia eje de vía al andén	Anchura: 1,41 m, altura: 0,28 m	
Gálibo mínimo en túnel	Anchura: 8,0 m, altura: 5,0 m	
Gálibo de obstáculos	1,65 m. Distancia eje-pared de túnel: 2,35 m	
Velocidad de circulación	V=70 km/h	Mínimo V = 35 km/h
Longitud mínima de alineaciones rectas o curvas circulares	0,5·V	
Radio mínimo	200 m	
Peralte máximo	150 mm	
Aceleración transversal no compensada	0,65 m/s²	1,0 m/s²
Aceleración transversal negativa	1,0 m/s²	
Rampa de peralte máxima	2,0 mm/m	3,0 mm/m
Variación de peralte en el tiempo	50 mm/s	
Variación de la aceleración no compensada en el tiempo (jerk)	0,30 m/s³	0,40 m/s³
Pendiente máxima	30 ‰	40 ‰
Pendiente mínima	5 ‰ en general (por drenaje), nula en estaciones	
Longitud mínima de rasantes uniformes o acuerdos verticales	0,5·V	
Aceleración vertical máxima en acuerdos	0,20 m/s²	
Parámetro mínimo de los acuerdos verticales	Kv_{min} = 2000 m Excepcional: $K_{V,\,exc}$=1000 m, para V=40-50 km/h	

5.6.2. Ejes considerados

El trazado considera cuatro ejes, que son los siguientes:

- El <u>eje de referencia</u> es el eje que se utiliza para referirse a un punto de la traza, y sirve de punto de partida para generar los otros dos ejes. Se sitúa en el centro de la entrevía siempre que esto sea posible. Este eje no se corresponde con la circulación de ningún vehículo ferroviario.

- El eje de vía 1 es el eje de la vía de línea 1 con sentido Atarazanas, que es la situada del lado mar, a la derecha del eje de referencia según avanzan los PKs. Este eje se corresponde en toda su longitud con la vía general de circulación de los vehículos ferroviarios de esta línea que, desde Guadalmedina, llegan a la estación de Atarazanas. Además, en el sector correspondiente a la estación este eje será utilizado también por los trenes de línea 2 que acceden a la misma en la fase de explotación en la que ambas líneas tienen el inicio y fin de su recorrido en este punto.

- El eje de vía 2 es el eje de la vía de la línea 1 con sentido Guadalmedina, que es la situada del lado monte, a la izquierda del eje de referencia. En este eje la circulación de los vehículos se produce en sentido contrario al de avance de los PKs. Los últimos metros de su desarrollo antes de la estación serán utilizados de forma conjunta por los trenes de línea 1 y de línea 2, con objeto de que las circulaciones de ambas líneas pueden acceder a la zona de andén de la estación de Atarazanas. Entronca de esta forma con la vía 1.

- El eje de vía 3 se corresponde con el eje utilizado por los trenes de línea 2 que llegan desde Guadalmedina, entroncando con la vía 2 al final de su trazado.

Los cuatro ejes están definidos en planta y alzado, de tal forma que las cotas de la definición de los cuatro ejes en alzado son iguales para puntos situados en la perpendicular del eje de referencia en rasantes uniformes. En los acuerdos verticales puede haber una pequeña diferencia por los diferentes desarrollos en planta entre unos ejes y otros, siendo iguales los parámetros Kv.

La entrevía general en túnel de línea es igual a 3,30 m. No obstante en los primeros metros de la traza esta cifra es variable, con objeto de adaptase distancia entre ejes de 3,70 m existente al inicio del proyecto para que sea análoga a la que presenta el trazado en el tramo RENFE-Guadalmedina.

El proyecto incluye también la definición geométrica del eje correspondiente a la rampa de ataque prevista para la ejecución de los trabajos del túnel de línea y que se define en prolongación con el eje de referencia de la traza del metro.

Las características principales de los cuatro ejes principales del proyecto (referencia, vía 1, vía 2 y vía 3 de las líneas 1 y 2 del metro) son las siguientes:

Tabla 11: Características principales del eje de referencia

Trazado en planta	Valor	Trazado en alzado	Valor
Longitud	346,818 m	Pendiente máxima	20 ‰
Radio mínimo	198,35 m	Pendiente mínima	0 ‰ (estaciones)
Radio máximo	201,75 m	Parámetro mínimo acuerdos	Kv = 1000 m
Longitud de clotoides	10 m	Parámetro máximo acuerdos	Kv = 2600 m
Longitud máxima rectas	225,509 m	Longitud mínima acuerdos	20,0 m
Longitud mínima rectas	7,549 m	Cotas mínima/máxima	-11,494 / -9,702

Tabla 12: Características principales del eje de vía 1 (lado mar)

Trazado en planta	Valor	Trazado en alzado	Valor
Longitud	211,866 m	Pendiente máxima	20 ‰
Radio mínimo	200 m	Pendiente mínima	0 ‰ (estaciones)
Radio máximo	200 m	Parámetro mínimo acuerdos	Kv = 1000 m
Longitud de clotoides	10 m	Parámetro máximo acuerdos	Kv = 2600 m
Longitud máxima rectas	90,136 m	Longitud mínima acuerdos	20.0 m
Longitud mínima rectas	6,194 m	Cotas mínima/máxima	-11,494 / -10,630

Tabla 13: Características principales del eje de vía 2 (lado monte)

Trazado en planta	Valor	Trazado en alzado	Valor
Longitud	91,623 m	Pendiente máxima	2 ‰
Radio mínimo	198,25 m	Pendiente mínima	2 ‰
Radio máximo	198,25 m	Parámetro mínimo acuerdos	Kv = 1000 m
Longitud de clotoides	10 m	Parámetro máximo acuerdos	Kv = 1000 m
Longitud máxima rectas	17,105 m	Longitud mínima acuerdos	19.304 m
Longitud mínima rectas	7,856 m	Cotas mínima/máxima	-11,488 / -11,060

Tabla 14: Características principales del eje de vía 3 (vía línea 2 lado mar)

Trazado en planta	Valor	Trazado en alzado	Valor
Longitud	46,580 m	Pendiente máxima	2 ‰
Radio mínimo	186,935	Pendiente mínima	2 ‰
Radio máximo	186,935 m	Parámetro mínimo acuerdos	-
Longitud de clotoides	6 m	Parámetro máximo acuerdos	-
Longitud máxima rectas	16,265 m	Longitud mínima acuerdos	-
Longitud mínima rectas	9,435 m	Cotas mínima/máxima	-11,468 / -11,375

5.6.3. Estación de Atarazanas y esquema de vías

Desde el punto de vista de trazado ferroviario, la estación de Atarazanas tiene las siguientes características principales:

- Andén: Un único andén lateral de 66 m de longitud y 4,30 m de anchura. El andén ppuede ser compartido por las composiciones de línea 1 y de línea 2 que acceden a la estación de Atarazanas en la fase de explotación en la que ambas líneas sitúan en la misma el inicio y término de su itinerario.

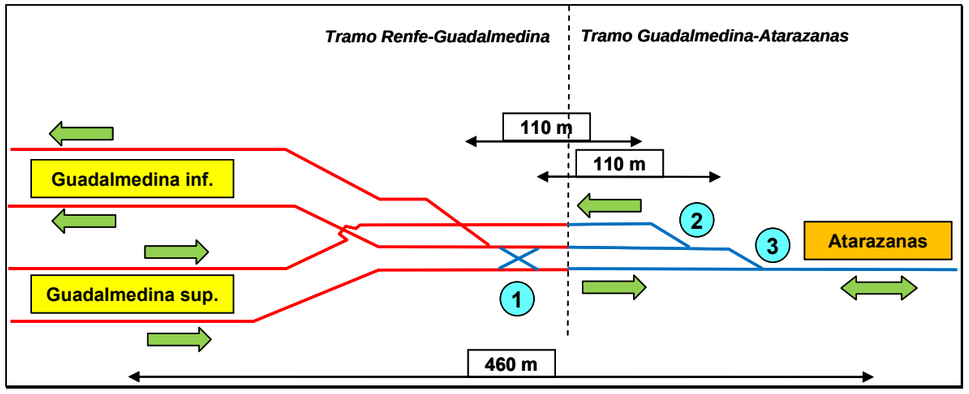
- Vías: Una única vía general para todos los trenes con origen/destino en la estación de Atarazanas. La distancia entre el eje de referencia y el eje de vía que alcanza la estación es de 1,65 m.

- Acceso peatonal: Se produce por el lado este (PKs mayores).

- Aparatos de vía: Se dispone un desvío en el acceso a la estación, justo antes de la zona de andén. De esta forma todos los trenes pueden alcanzar la vía general que llega al mismo y realizar la carga y descarga de viajeros.

El esquema general de vías y aparatos de vía del tramo es el indicado en la figura siguiente:

Figura 11: Esquema de vías del tramo Guadalmedina-Atarazanas. Los números corresponden a los aparatos de vía requeridos para la explotación del presente tramo



5.7. Movimiento de tierras

En el Anejo nº 10 se incluye el estudio del movimiento de tierras de este proyecto.

En primer lugar se describen los diferentes materiales que se encuentran a lo largo de la traza, indicando el sector en el que aparece cada uno y señalando su posible aprovechamiento para la formación de rellenos. A continuación se definen los métodos de excavación a usar a lo largo de la traza y se indican los coeficientes de paso correspondientes a cada formación geotécnica.

También se describen los tipos de relleno que hay en la obra, en la que existe lógicamente un gran excedente de material.

Se incluyen los cálculos de los volúmenes de excavación y rellenos, teniendo en cuenta los diferentes terrenos atravesados. También se calculan, a partir de los correspondientes coeficientes de esponjamiento y de paso, los volúmenes de transporte a vertedero. Se han calculado también las distancias medias de transporte de los materiales al vertedero, lo que ha permitido deducir los precios de la excavación y el transporte.

El movimiento de tierras del presente Proyecto viene muy condicionado por las características de la obra: un falso túnel entre pantallas ubicado en un medio completamente urbanizado. Por ello, no se ha considerado el empleo de los productos de la excavación para formar rellenos, sino que todas las excavaciones van al vertedero propuesto, y todos los rellenos proceden de cantera. Téngase en cuenta además que la mayor parte de los rellenos deben efectuarse previamente a la excavación del túnel, con el objetivo de reponer el tráfico en superficie lo antes posible.

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los cálculos efectuados en el Anejo nº 10:

Tabla 15: Tabla-resumen de los resultados del movimiento de tierras

Unidad	Medición	Porcentaje
EXCAVACIONES		
Excavación en superficie	*19.911,14 m³*	*23,9 %*
Excavación con pantalladora y pilotes	*26.540,05 m³*	*31,8 %*
Excavación en túnel en suelos	*36.978,58 m³*	*44,3 %*
Volumen total de excavación	*83.429,77 m³*	100,0 %
TRANSPORTE A VERTEDERO		
m³ volumen sobre camión	*87.934,11 m³*	
m³ volumen en vertedero	*83.656,46 m³*	
Distancia media de transporte	*9,15 km*	
RELLENOS		
m³ relleno con suelo seleccionado	*2.573,45 m³*	*22,5 %*
m³ relleno con grava drenante	*3.019,31 m³*	*26,4 %*
m³ relleno estructural para raíces	*5.201,21 m³*	*45,6 %*
m³ relleno de todo-uno	*625,96 m³*	*5,5 %*
m³ total de rellenos	11.419,93 m³	100,0%

5.8. Drenaje y bombeo

5.8.1. Drenaje longitudinal

El sistema de drenaje longitudinal del túnel permite canalizar de manera adecuada las aguas de infiltración hasta los pozos de bombeo, próximos a los puntos bajos del trazado, desde donde se evacuan las aguas hacia el exterior.

Las aguas de infiltración tienen dos orígenes fundamentales. De un lado, proceden de las filtraciones que se producen en las juntas entre módulos de pantallas y entre las losas y las pantallas. El otro foco de entrada de agua son las rejillas de los pozos de ventilación, que están en contacto con el exterior y que por tanto, reciben directamente el agua procedente de las lluvias, o incluso de las operaciones de limpieza que se realicen en la vía pública.

Elementos del sistema de drenaje

El sistema de drenaje previsto consiste en la captación de las aguas en los puntos donde se pueden producir las filtraciones y conducirlas a la red de drenaje. Para ello se prevé instalar una cuneta longitudinal en el encuentro entre la acera del túnel y la pantalla. Esta cuneta desagua mediante otras cunetas transversales cada 20 m en un colector central de 300 mm de diámetro, aproximadamente a 1,25 m por debajo de la cota de carril. El colector se encuentra embebido en la plataforma sobre la que va montada la losa de la superestructura de la vía y conduce el agua hasta el pozo de bombeo situado en el P.K. 0+070.

Así mismo, se han definido canaletas longitudinales en la plataforma que recogen el agua procedente de operaciones de limpieza o similares, y la conducen de igual forma al colector.

El encuentro entre las canaletas y tubos y el colector principal se realiza mediante arquetas de conexión, las cuales se sitúan a una distancia máxima de 30 metros entre ellas.

Para la evacuación de las aguas que entran a través de las rejillas de ventilación se han previsto en cada patio de ventilación una canalización formadas por 2 tuberías PVC de 200 mm de diámetro que recogen el agua en sumideros sifónicos y la conducen al aljibe de bombeo.

No es objeto de este proyecto el sistema de bombeo a disponer en dicho aljibe para la evacuación de las aguas que se recojan en él.

Sectorización del trazado

El perfil longitudinal tiene un punto bajo en el PK 0+060,318 (bajo el Puente de Tetuán). La estación y zonas aledañas desaguan a la red de drenaje general del túnel de línea.

Por tanto a efectos de drenaje con este trazado se forma un único sector de drenaje que engloba a todo el tramo proyectado.

Tabla 16: Sectorización del tramo a efectos de drenaje longitudinal

Situación	Longitud	Punto de desagüe
PK 0+000 al PK 0+347	L=347 m	PK 0+060,318

Tras la estimación de los caudales procedentes de la infiltración y de la entrada directa por las rejillas de ventilación (véase el Anejo nº 11), se ha obtenido la capacidad necesaria del aljibe en el punto de desagüe, que es la siguiente:

- Pozo de bombeo PK 0+070: Volumen= 100 m³

El aljibe se ha proyectado junto al hastial norte del túnel, en un ensanche de éste, y tiene unas dimensiones aproximadas de 14,3x6,1x1,60 metros. No es objeto de presente proyecto el sistema de bombeo que impulsará el agua recogida en el aljibe a la red de saneamiento municipal.

5.8.2. Drenaje transversal profundo

Generalidades

En el Anejo nº 12 “Estudio geotécnico y de túneles” se incluye el estudio hidrogeológico efectuado en relación con las afecciones al freático que eventualmente puede inducir el falso túnel definido en el presente proyecto. En todo caso las pantallas se empotrarán en los niveles más profundos y más impermeables (Terciario), por lo que provocarán un efecto barrera sobre los acuíferos que pudieran existir en los niveles más someros, fundamentalmente asociados a los niveles detríticos cuaternarios más permeables.

El efecto barrera puede dar lugar a varias consecuencias indeseables, tales como subsidencias o hinchamientos del terreno que afecten a los edificios cimentados superficialmente, y a ascensos/descensos del nivel freático que puedan afectar a la vegetación.

En el caso del presente proyecto esta segunda vertiente es especialmente sensible, dado que cerca de la traza existen varias áreas de arbolado ornamental que deben protegerse: ficus centenarios de la Alameda, y especies exóticas del Parque, principalmente.

Características del aluvial del Guadalmedina

El aluvial del Guadalmedina forma parte del acuífero denominado “Acuífero del Guadalhorce Sierra Blanca y de Mijas”, constituyendo su extremo oriental.

Así pues, el conjunto formado por el cuaternario aluvial del río Guadalmedina y el sustrato plioceno limo-arenoso subyacente forman un pequeño acuífero detrítico libre que desagua directamente en el mar Mediterráneo. Este sistema se puede considerar poco influenciado por el sistema acuífero del Guadalhorce y de las calizas de la Sierra de Mijas, que tiene mucha mayor entidad.

Su extensión es pequeña, ya que el curso del Guadalmedina nace en el sustrato Maláguide impermeable justo al norte de la zona urbanizada de Málaga, a unos 7 km de la costa, y el depósito aluvial llega a alcanzar tan sólo unos 1500-1750 m de anchura máxima.

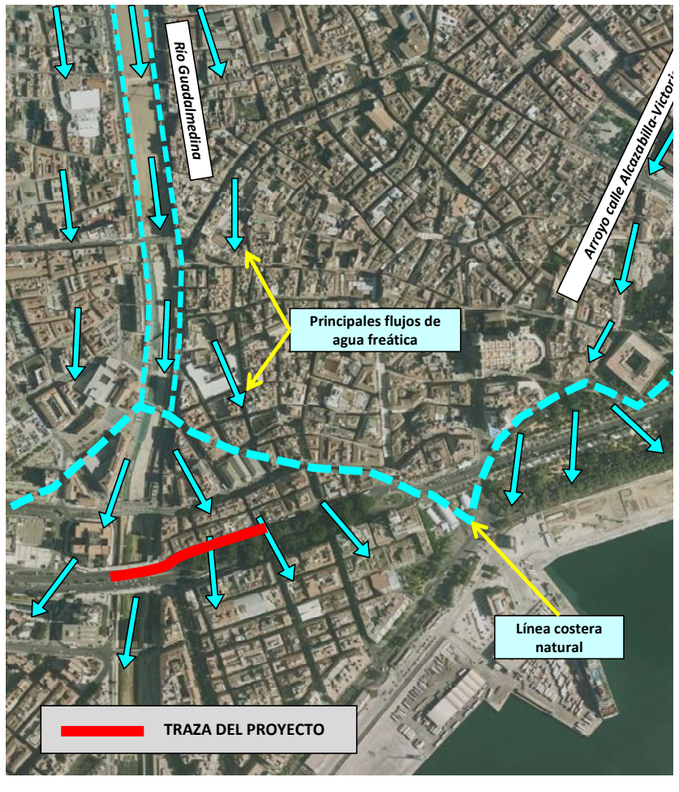
La roca subyacente Maláguide puede considerarse comparativamente impermeable.

Todo esto hace que sea conveniente considerar que la traza se encuentra dentro de unaúnica zona para su estudio, según se indica en la tabla:

Tabla 17: Zonas en que se subdivide la traza a efectos hidrogeológicos

Situación	Terreno	Freático	Problemáticas
PK 0+000 al PK 0+347	Rellenos Aluvial-marino Plioceno	+0,8 m	Proximidad a edificios (subsidencias) y proteger ficus de la Alameda

Figura 12: Ubicación del trazado y funcionamiento de los acuíferos existentes en esa zona



En la figura anterior se observa la situación de la zona sobre una ortofoto de Málaga. Se ha representado la línea de costa natural (la anterior a las acciones antrópicas de los últimos 500 años que la han modificado sustancialmente); y los principales flujos de corrientes freáticas que pueden intuirse a-priori a partir del relieve.

Conclusiones

A lo largo del Estudio Hidrogeológico realizado se han estudiado las afecciones del túnel a los flujos de agua freática, proponiéndose y justificándose las medidas necesarias para evitar afecciones a los edificios cercanos o a la vegetación ornamental de la ciudad.

La traza se considera incluida en una única zona comprendida entre el río Guadalmedina y la calle Puerta del Mar en la que se propone realizar un rebaje de la losa superior del túnel hasta 1 m por debajo del nivel freático, de forma que el agua freática pueda pasar por encima (almenado). El rebaje se realizará de forma continua por debajo del cauce del río, y en la Alameda Principal desde el PK 0+130 al PK 0+347, que es todo el tramo adyacente a los ficus centenarios.

Como se ha indicado en epígrafes anteriores la afección al acuífero es de igual magnitud que la prevista en el proyecto original y con un menor alcance, por lo que se han adoptado medidas similares a las previstas en dicho proyecto restringiéndolas al ambito de las obras que se definen en el presente documento.

5.8.3. Sangrado para la excavación del falso túnel

Para la excavación del falso túnel entre pantallas en esta zona, situada en arenas y gravas, resulta necesario drenar previamente el agua intersticial del terreno atrapado entre las pantallas del túnel, y la capa del sustrato impermeable en la que se cimentan estas pantallas. Esto posibilita las labores de excavación y ejecución del resto de elementos de la infraestructura y superestructura de vía.

Para ello se han dispuesto pantallas transversales de cemento-bentonita que sectorizan el falso túnel en tramos independientes. Las pantallas están situadas en los PK 0+075, 0+185 y PK 0+295. Además se ha previsto una cuarta pantalla de cemento-bentonita para cerrar el recinto de la rampa de extracción de tierras permitiendo así su vaciado y posterior excavación. En cada sector se han previsto dos pozos de sangrado para bombeo del agua intersticial.

La ubicación de estos pozos se ha elegido de manera que puedan ser integrados en la superestructura de vía del túnel del metro para que se puedan utilizar para vaciar el agua atrapada en el nivel inferior al metro, cuando se ejecute la prolongación de la línea de cercanías Málaga – Fuengirola, sin afectar a las circulaciones del metro.

5.9. Geotecnia y túneles

5.9.1. Trabajos realizados

En el Anejo nº 12 se recopilan los trabajos geotécnicos que se realizaron para la redacción del proyecto original, y que singuen siendo vigentes en el ámbito de actuación del presente proyecto. Los principales trabajos fueron los siguientes:

- Caracterización geotécnica de los materiales presentes en el subsuelo del corredor.
- Inclusión de recomendaciones geotécnicas para el cálculo estructural y otras consideraciones de diseño y constructivas íntimamente ligadas con los condicionantes geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos del tramo.
- Descripción del sistema constructivo seleccionado en el documento previo "Estudio de Alternativas".
- Estudio de las soluciones constructivas adoptadas para el futuro túnel, incluyendo el análisis de desplazamientos inducidos al entorno, la estimación de los caudales de infiltración en fase de obra, la adopción de tratamientos del terreno, el estudio de la influencia de la obra desde el punto de vista hidrogeológico, etc.

En la redacción del Anejo nº 12 se aprovechó la información geotécnica recogida en diversos estudios anteriores realizados en el entorno del Proyecto. También se realizó una campaña geotécnica propia para dicho proyecto. Esta campaña consistió en la realización de 10 sondeos mecánicos a rotación con recuperación continua de testigo. En el interior de los sondeos se efectuaron 27 ensayos presiométricos, 31 ensayos de permeabilidad y diversos ensayos de penetración estándar tipo SPT (Standard Penetration Test). También se tomaron muestras inalteradas y testigos parafinados para su posterior ensayo en laboratorio y muestras de agua para su análisis químico.

5.9.2. Características geotécnicas de los materiales

Los materiales atravesados por el trazado se han agrupado en las siguientes formaciones geotécnicas:

- Rellenos (R): formación geotécnica que incluye los Rellenos antrópicos actuales (R_M) y los Rellenos antrópicos antiguos de la dársena del Puerto (R_A).
- Cuaternario moderno (Q_{ALG}).
- Cuaternario marino (Q_M).
- Cuaternario aluvial (Q_{AL}).
- Cuaternario coluvial (Q_C).
- Terciario marino (T).
- Maláguide alterado, GM≥IV (MAF).
- Maláguide sano, GM≤III (C).

La formación R está compuesta por materiales de diversa índole y su característica principal es la heterogeneidad y poca fiabilidad.

La formación Q_{ALG} se trata de unos rellenos modernos mixtos aluviales – marinos – antrópicos (años 1400 – 1800), compuestos por aluviones de riadas del río Guadalmedina, depósitos arenosos de tipo playa y rellenos antrópicos.

La formación Q_M incluye gravas (en ocasiones bolos de grauwaca, dolomía, arenisca, filita, caliza, material cementado), arenas, limos y arcillas. Existe un predominio de arenas y gravas limosas. Los colores predominantes son el marrón rojizo o verdoso y gris. Se distingue de otros cuaternarios por la presencia de conchas de bivalvos marinos y huellas de organismos marinos.

Los materiales de la formación Q_{AL} se encuentran asociados al río Guadalmedina, que los depositó en épocas en las que la cota del mar se encontraba por debajo de la actual, y a paleovaguadas. Se trata fundamentalmente de arenas y gravas con finos y arcillas arenosas.

Los materiales de la formación Q_C son depósitos de pie de monte situados en la falda de la ladera del monte Gibralfaro. Se trata de gravas angulosas de filitas, grauwacas y areniscas en una matriz arenosa de alteración filítica.

En los materiales de la formación T predominan las arcillas arenosas y los limos arenosos. Presentan restos de bivalvos marinos y en algún caso fragmentos de madera parcialmente carbonizada. La tonalidad es amarillenta pasando a gris en profundidad.

La formación MAF procede de la alteración del sustrato maláguide en suelo residual y está formada fundamentalmente por fragmentos rocosos (calcofilita, filita, grauwaca y caliza) en matriz areno-arcillosa.

La formación C se caracteriza por la presencia predominante de filitas y calcofilitas grises a negras esquistosas con masas de grauwacas y areniscas interpuestas de manera irregular. Ocasionalmente pueden presentarse calizas de color gris a gris oscuro con lentes y nódulos de calcita blanca.

Cabe comentar que se ha detectado la presencia de fangos en algunos de los sondeos disponibles en el tramo en estudio, si bien no se ha observado una clara continuidad de estos materiales y se considera que su presencia es de escasa entidad, por lo que quedan englobados en las formaciones donde están incluidos.

En virtud de las referencias bibliográficas consultadas, del análisis de los estudios anteriores efectuados en el entorno del Proyecto, de la información obtenida a partir de la campaña de investigación geológico-geotécnica realizada por TYPSA en 2009 y de la experiencia acumulada en otros estudios en contextos similares, se han adoptado los parámetros reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 18: Resumen de parámetros geotécnicos recomendados para el cálculo, en cada una de las formaciones (1 de 2)

Unidad geotécnica (síntesis)		Densidad aparente: γ_{ap} (kN/m^3)	Densidad saturada: γ_{sat} (kN/m^3)	Densidad sumergida: γ_{sum} (kN/m^3)	Resist. comp. simple: q_u (MPa)	Cohesión efectiva: c' (kPa)	Áng. rozam. interno efectivo: ϕ' (º)	Coeficiente de Poisson: ν	Módulo presiométrico: E_p (MPa)	Mód. elást. confinado: E_{oed} (MPa)
R	RELLENOS	19	20	10	-	0	27	0,35	2	6
Q_{ALG}	CUATERNARIO MODERNO	21	21	11	-	0	33	0,32	12	35
Q_M	CUATERNARIO MARINO	20	20	10	0,05	10	28	0,33	9	26
Q_{AL}	CUATERNARIO ALUVIAL	21	21	11	0,05	5	31	0,32	10	30
Q_C	CUATERNARIO COLUVIAL	21	21	11	-	0	34	0,32	20	60
T	TERCIARIO MARINO (MIO-PLIOCENO)	21	21	11	0,20	60	30	0,30	70	140
MAF	MALÁGUIDE ALTERADO (GM≥IV) (PALEOZOICO)	23	23	13	0,10	25	33	0,30	150	440
C	MALÁGUIDE SANO (GM≤III) (PALEOZOICO)	26	26	16	15	270	40	0,25	1.380	4.140

Tabla 19: Resumen de parámetros geotécnicos recomendados para el cálculo, en cada una de las formaciones (2 de 2)

Unidad geotécnica (síntesis)		Módulo de Young: E (MPa)	Mód. deform. extensión: E_{sub} (MPa)	Coef. permeabilidad: k (m/s)	Coef. balasto horizontal Ménard (1): k_h (kN/m^3)	Coef. balasto placa circular: k_{v30} (kN/m^3)	Coef. empuje reposo (Jaky): k_o	Relación δ/ □' (Activo)	Relación δ/ □' (Pasivo)
R	RELLENOS	4	4	$5{,}0\cdot10^{-4}$	2.500	5.000	0,546	1/2	1/3
Q_{ALG}	CUATERNARIO MODERNO	25	35	$1{,}0\cdot10^{-4}$	14.000	10.000	0,455	1/2	1/3
Q_M	CUATERNARIO MARINO	18	25	$5{,}0\cdot10^{-6}$	10.000	7.000	0,531	1/2	1/3
Q_{AL}	CUATERNARIO ALUVIAL	21	30	$2{,}0\cdot10^{-4}$	12.000	8.000	0,485	1/2	1/3
Q_C	CUATERNARIO COLUVIAL	40	50	$5{,}0\cdot10^{-5}$	24.000	15.000	0,441	1/2	1/3
T	TERCIARIO MARINO (MIO-PLIOCENO)	105	125	$1{,}0\cdot10^{-5}$ – $1{,}0\cdot10^{-6}$	60.000	20.000	0,500	1/2	1/3
MAF	MALÁGUIDE ALTERADO (GM≥IV) (PALEOZOICO)	330	400	$1{,}0\cdot10^{-6}$	175.000	95.000	0,455	1/2	1/3
C	MALÁGUIDE SANO (GM≤III) (PALEOZOICO)	3.450	3.750	$5{,}0\cdot10^{-8}$	1.100.000	900.000	0,357	1/3	1/3

(1) Los valores son para un ancho de 1 m de muro-pantalla. Para pilotes, el valor a considerar en el cálculo será el indicado dividido por el ancho en metros.

5.9.3. Recomendaciones para el proyecto del falso túnel

En el Anejo nº 12 se incluyen recomendaciones sobre las tensiones admisibles en cimentaciones superficiales y las resistencias de hundimiento en cimentaciones profundas, deducidas a partir de los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación y en la publicación “Curso aplicado de cimentaciones” (José María Rodríguez Ortiz, Jesús Serra Gesta y Carlos Oteo Mazo). Asimismo se incluyen recomendaciones sobre la magnitud de la resistencia al arranque en cimentaciones profundas.

Teniendo en cuenta la posición del nivel freático, muy superficial, y la presencia de suelos arenosos y/o de edificaciones próximas al trazado, el criterio general de diseño ha sido considerar elementos de arriostramiento interiores, como puntales, estampidores o losas, evitando en la medida de lo posible realizar anclajes al terreno y muy en particular si éstos tuvieran que ejecutarse por debajo del nivel freático. No obstante, si localmente fuesen necesarios anclajes provisionales y las condiciones geológicas y la distancia a las edificaciones lo permitiesen, se han recomendado valores de adherencia admisibles y la adopción de los criterios establecidos en la “Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carreteras” (Ministerio de Fomento, 2001).

En cuanto a los empujes de agua freática, de cara al cálculo estructural, se ha considerado que todos los materiales bajo el nivel freático se encuentran sumergidos, a excepción de la roca sana, y se ha supuesto un aumento de la presión de agua con la profundidad siguiendo una ley de tipo hidrostático.

Los coeficientes de balasto horizontal para cargas laterales sobre muros-pantalla y pilotes se han calculado mediante la formulación de Ménard (1964), así como los módulos de elasticidad o de Young. En la tabla anterior se resumen los valores obtenidos. En ella también se incluyen los coeficientes de balasto vertical adoptados para cimentaciones superficiales.

Para la determinación de los coeficientes de empuje al reposo se ha empleado la fórmula de Jaky, que por otro lado es la que permite utilizar por defecto el programa RIDO, empleado en el cálculo de pantallas. Por otro lado, se adoptarán los coeficientes de empujes activo y pasivo horizontales que el citado programa obtiene por defecto, a partir de una combinación de las teorías de Boussinesq–Rankine y de Caquot–Kerisel.

En cuanto a la agresividad química del suelo y del agua, tras el análisis de los resultados de laboratorio, y de acuerdo con la vigente EHE, la clase específica de exposición a emplear para el cálculo será Qb (ataque medio) en toda la traza .

Por otro lado, el Anejo nº 12 recoge recomendaciones para la ejecución de muros convencionales y la excavación de taludes, para aquellos casos en los que sean necesarios.

En lo que respecta al fenómeno de sismicidad, se han adoptado los coeficientes que definen el comportamiento de cada una de las formaciones frente a las acciones sísmicas de acuerdo con la norma NCSE-02.

En cuanto a los criterios de excavabilidad para las pantallas, en general, las formaciones cuaternarias, la formación Terciario marino (T) y la formación Maláguide alterado (MAF) pueden ser excavadas con pantalladora convencional.

Para el presente Proyecto, se prevé necesariamente la ejecución de excavaciones al abrigo de pantallas que requerirán el empleo de equipos que, en suelos y hasta profundidades del orden de los 35-40 m, podrán ser convencionales.

En lo que se refiere a la excavabilidad entre pantallas, las formaciones cuaternarias, la formación Terciario marino (T) y la formación Maláguide alterado (MAF) podrán ser excavables por medios mecánicos. Puntualmente podrá ser necesario el ripado por la existencia de restos de cimentaciones antiguas, escolleras, tramos cementados, etc..

Además se ha realizado un análisis del aprovechamiento de los materiales de la traza, y se han determinado los coeficientes de esponjamiento, de paso a vertedero y de paso a relleno para cada una de las formaciones geotécnicas.

En el Anejo nº 12 se describen distintos aspectos relacionados con el procedimiento constructivo de falso túnel entre pantallas: ejecución por fases mediante recintos estancos, tolerancias de ejecución y maniobra, condicionantes ambientales y arqueológicos, futuras infraestructuras previstas en el entorno del Proyecto, etc. En este sentido, se ha establecido una tramificación de tipos de pantalla por criterios de excavabilidad, de modo que, en todo el tramo definido en el presente proyectolas pantallas se excavarán mediante cuchara convencional.

Por otro lado, se han establecido los criterios de empotramiento de los muros-pantalla. Éstos deben empotrarse en el terreno a una profundidad tal que garantice la estabilidad estructural de los mismos y la estabilidad del fondo de la excavación, con atención especial a posibles fenómenos de sifonamiento, erosión interna y levantamiento de fondo por acumulación de presiones intersticiales (rotura de fondo o taponazo). En este sentido, se ha recomendado un criterio de empotramiento de tipo estructural para la formación Maláguide sano (C) y un criterio de empotramiento para prevenir el sifonamiento en el resto de las formaciones geotécnicas. Este último criterio es de aplicación salvo que se adopten soluciones especiales para mejorar las condiciones de estabilidad del fondo de la excavación durante el proceso constructivo, como por ejemplo tratamientos del terreno en el fondo de la excavación.

5.9.4. Cálculos de deformación y filtraciones. Tratamientos del terreno

El Anejo nº 12 incluye también el análisis de desplazamientos adicionales inducidos al entorno y de caudales de infiltración por el fondo de la excavación en fase de obra. Previamente se han fijado umbrales de control de deformaciones de pantallas, de subsidencias y de infiltraciones. El análisis se ha abordado mediante métodos empíricos, analíticos y, de forma más exhaustiva, numéricos. Concretamente, para éstos últimos se han modelizado seis secciones representativas del tramo mediante el programa de elementos finitos PLAXIS 2D V8, desarrollado por la Universidad de Delft.

Desde un punto de vista conservador, en el análisis efectuado se ha tenido en cuenta la futura excavación del túnel ferroviario bajo el túnel de Metro en el tramo Alameda Principal – Plaza de La Marina, por lo que los tratamientos del terreno previstos proporcionan una solución global al conjunto túnel de Metro – túnel de ferrocarril.

Los tratamientos del terreno considerados en el presente Proyecto son los siguientes:

- Tapones de fondo de 3 y 4 m de espesor ejecutados mediante jet-grouting.
- Estampidores ejecutados bajo el fondo de excavación del túnel de Metro mediante jet-grouting.
- Bataches de hormigón armado para anclaje y acortamiento de la luz del tapón de fondo.

La ejecución de los tapones de fondo persigue los siguientes objetivos:

- Principalmente, mejorar las condiciones del terreno desde el punto de vista de la permeabilidad para limitar los caudales de infiltración por el fondo de la excavación entre pantallas a valores admisibles durante la fase de obra, y a su vez reducir el riesgo de abatimientos indeseados de las presiones intersticiales en la zona del trasdós de las pantallas que puedan ocasionar la generación de subsidencias.
- Aumentar la rigidez y disminuir la deformabilidad del terreno in situ para limitar la deformación de las pantallas durante la fase de excavación, de modo que además se limite el campo de desplazamientos adicionales inducidos durante el proceso constructivo a valores admisibles por el entorno.

Por otro lado, la ejecución de los estampidores de jet-grouting cumple una función exclusivamente estructural, no impermeabilizante, al tratarse de elementos discontinuos separados una cierta distancia. Se ha definido la disposición de estos elementos de 2 x 2,9 m^2 de sección dispuestos en el túnel con separaciones de 5 metros.

Los tratamientos del terreno contemplados se han planteado en distintos sectores. Los esquemas adoptados en cada uno de ellos se incluyen en el plano de "Tratamientos del terreno" del Documento nº 2 del presente Proyecto.

5.9.5. Estudio hidrogeológico. Efecto barrera del túnel

Desde el punto de vista hidrogeológico, para evitar que la ejecución de la infraestructura de Metro pueda generar un efecto potencial de barrera transversal que impida el natural sistema de drenaje, se ha previsto para el Proyecto la adopción de medidas que permitan mantener la continuidad del flujo transversal sin generar variaciones del nivel freático a ambos lados de la traza. Para ello, se ha realizado un Estudio Hidrogeológico cuyas conclusión es la siguiente:

- En la zona desde el río Guadalmedina hasta Puerta del Mar, se propone realizar un rebaje de la losa superior del túnel hasta 1 m por debajo del nivel freático, de forma que el agua freática pueda pasar por encima (almenado). El rebaje se realizará de forma continua por debajo del cauce del río, y en la Alameda Principal, desde el PK 0+130 al PK 0+295, que es todo el tramo adyacente a los ficus centenarios que deben ser preservados.

5.10. Auscultación y control

La excavación de cualquier obra subterránea provoca una alteración en el estado tensional inicial del terreno, lo que se traduce en un campo de desplazamientos hacia la zona excavada cuya magnitud depende de diversos factores, asociados tanto a la naturaleza de los materiales como al procedimiento de excavación, el método constructivo elegido y la rigidez del sistema sostenimiento-terreno. En consecuencia, el diseño de los sistemas y procesos de excavación debe contemplar el fenómeno de la subsidencia para limitarlo dentro de parámetros admisibles por las propias obras y el entorno.

El control del grado de alteración en el entorno tiene particular importancia cuando, como es el caso del presente Proyecto, las excavaciones se proyectan en profundidad bajo una densa trama urbana, caracterizada por la presencia de edificaciones próximas y de infraestructuras subterráneas y en superficie en la zona de influencia, cuya integridad debe ser garantizada.

La forma más sencilla de controlar los movimientos del terreno es controlar los movimientos de la pantalla ya que, llevado al límite, si la pantalla no se moviera, tampoco lo haría el terreno. Este control de movimientos basado en la rigidez de las pantallas se ha seguido en el diseño y cálculo estructural de las pantallas del presente Proyecto, de modo que los movimientos que se induzcan sean los mínimos compatibles con las estructuras, edificios y servicios del entorno.

Aun así, es necesario comprobar mediante auscultación que no se superan los umbrales admisibles. Por lo tanto, durante la ejecución de las obras, se requiere la lectura y el seguimiento de los movimientos y esfuerzos realmente inducidos en los edificios e infraestructuras adyacentes a la obra.

En caso de que se rebasen los umbrales admisibles durante la fase de construcción, el Contratista, bajo la supervisión de la Dirección de Obra, deberá tomar las medidas oportunas para controlar los movimientos, proponiendo tratamientos de protección de edificios o infraestructuras subterráneas, mejoras del terreno, o bien introduciendo nuevos elementos de arriostramiento en las pantallas.

La finalidad de los sistemas de auscultación será controlar el comportamiento tanto de las propias obras en ejecución como del grado de influencia sobre el entorno. Este control, que afecta esencialmente a la medida de desplazamientos, debe establecerse desde el inicio de las obras hasta que se produzca la estabilización de los movimientos, de forma que del seguimiento se pueda asegurar su adecuación a las hipótesis y modelos de cálculo adoptados durante la fase de diseño.

El control del comportamiento de los elementos de contención lateral (pantallas y sistemas de arriostramiento) debe dirigirse al seguimiento de los siguientes aspectos:

- Deformaciones en módulos de pantallas: se controlan mediante clavos de control topográfico, pernos de convergencia entre pantallas e inclinómetros embebidos en las pantallas.

- Cargas sobre elementos estructurales: se controlan mediante células de presión total, células de carga y extensómetros de cuerda vibrante.

- Continuidad en el hormigonado de la pantalla: se controla mediante tubos de acero negro para la auscultación mediante ultrasonidos.

Por otro lado, la auscultación de edificios y servicios del entorno persigue los siguientes objetivos:

- Control de fisuras en edificaciones: mediante deformímetros o fisurómetros automatizables, junto con la creación de un archivo general de fisuras.
- Control de desplazamientos horizontales, giros y asientos: mediante regletas de nivelación, dianas, clavos para control de convergencias y clinómetros.

El control de movimientos en el terreno se realiza por medio del seguimiento de los siguientes parámetros:

- Movimientos en superficie: mediante hitos de nivelación e hitos combinados o arquetas de subsidencia combinadas.
- Movimientos en profundidad: a través de extensómetros de varilla o hitos profundos, extensómetros incrementales e inclinómetros biaxiales en sondeos.
- Para controlar las posibles afecciones al nivel freático, se pueden disponer piezómetros abiertos o de Casagrande o piezómetros de cuerda vibrante.

Para llevar a cabo la auscultación de la obra proyectada, se han definido dos secciones completas de auscultación, una situada en el estribo este del río Guadalmedina y otra en la estación de Atarazanas, junto a la calle Torregorda . Como secciones complementarias a las anteriores, se han dispuesto secciones tipo simplificadas cada 20 m aproximadamente. Las distintas secciones y su correspondiente instrumentación se han ubicado en función de los edificios existentes recogidos en el Anejo nº 7: Inventario de edificios.

El Anejo nº 13: Auscultación y Control sirve de base o punto de partida para que el Contratista desarrolle el correspondiente *Plan específico de Instrumentación y Auscultación*, adaptado a las condiciones constructivas de la obra y cuyo alcance y contenido deberán ser aprobados por la Dirección de Obra. En este sentido, todos los dispositivos de medida considerados en el Anejo nº 13, así como su ubicación, conforman una propuesta de lo que deberá contemplar el Plan específico de Auscultación.

La importancia y complejidad de las diferentes tareas a desarrollar demandan que el Contratista disponga de un equipo técnico especializado y dedicado exclusivamente a la realización de todas las actividades relacionadas con la auscultación de las obras.

Por último, otras medidas de control a destacar son la realización de un registro geológico por módulo de pantalla excavado y un levantamiento geológico del frente del túnel según avanza la excavación entre pantallas.

5.11. Estructuras

5.11.1. Descripción de las estructuras diseñadas

Como se ha indicado en otros epígrafes, la tipología estructural seleccionada para la definición tanto para el túnel como para la estación ha sido la de falso túnel entre pantallas de hormigón, mediante el sistema de “cut and cover”, que minimiza las afecciones en superficie.

De esta manera, la estructura que conforma este tramo de las líneas 1 y 2 del metro de Málaga está compuesta por los siguientes elementos:

- Pantallas laterales de hormigón armado, de 1,20 metros de espesor en los dos hastiales del túnel de línea y de 1,20 metros en el hastial norte y 1,00 en el hastial sur de la estación, con profundidades que oscilan entre 21 y 36 metros en el túnel y entre los 33 y los 34 metros en la estación. Todas estas pantallas se empotran una longitud mínima de 3 metros en la capa de margas situada por debajo de los rellenos cuaternarios del paleocauce del río Guadalmedina.
- Losa de cubierta. Se ha definido una losa continua de hormigón armado en todo el tramo con espesores que varían entre 1,00 y 1,20 metros en función de las cargas recibidas de los rellenos a ejecutar por encima de ella. Esta losa se ha situado tanto en el río Guadalmedina como en la estación 1 metro por debajo del nivel freático, para propiciar la restitución del flujo del acuífero y mitigar el efecto barrera que la obra pueda provocar en el subálveo.
- Nivel de arriostramiento superior. En la zona de la estación y de la rampa, en la que la losa de cubierta está a un nivel inferior, se han colocado puntales metálicos a nivel de la coronación de las pantallas, de cara a reducir las deformaciones y esfuerzos.
- Nivel de arriostramiento intermedio. Las deformaciones impuestas a las pantallas para limitar los asientos en superficie hacen necesario disponer un nivel de apuntalamiento intermedio entre la losa de cubierta y el nivel de ubicación de la vía. Este apuntalamiento intermedio se ha resuelto en el túnel mediante una losa continua de hormigón armado de 0,60 metros de espesor anclada a las pantallas mediante conectores formados por barras de acero corrugado. En la estación, se ha dispuesto una losa continua de 0,50 metros de espesor en el ámbito donde se desarrolla el vestíbulo, mientras que en la zona de andenes se ha optado por un sistema de apuntalamiento discontinuo formado por estampidores de hormigón armado de 0,80 x 1,00 m^2 de sección, separados entorno a 8 metros, recogidos por una viga de reparto en cada hastial de 1,25 x 1,00 m^2 de sección. Este primer nivel de arriostramiento

genera vanos en las pantallas de luz libre variable entre 8,00 y 3,50 metros en el primer nivel de excavación y de 6 metros en el segundo nivel.

- Losa de Fondo. Para la losa de fondo del túnel en el que no se sitúa debajo la futura línea de cercanías, se ha diseñado una contrabóveda de hormigón armado de espesor variable entre 1,00 y 0,70 metros que se ancla mediante conectores a las pantallas laterales. El resto del túnel y la estación se han proyectado con una losa de fondo plana de 1 metro de espesor, dimensionada para soportar la subpresión que recibirá una vez cerrado el túnel.
- Tratamientos del terreno. Dado que la capa de margas en la que se empotran las pantallas no dispone de la impermeabilidad suficiente para realizar la excavación del interior del túnel con garantías de que no se produzcan entradas de agua, se ha previsto un tapón de fondo de jet-grouting tipo 3, de 3 metros de espesor situado 1 metro por debajo de la losa de fondo y con una malla triangular regular al tres bolillo, con diámetros de columna estimados de 1,6 metros. Además, para limitar la deformación de las pantallas previamente a la construcción de la contrabóveda, se han previsto unos puntales de jet-grouting 1 metro por debajo de ella, con sección estimada de 2 metros de canto y 2,90 metros de ancho, distribuidos en el túnel cada 5 metros.

Para construir los elementos estructurales descritos se hace necesario realizar dos obras singulares, sin las cuales la ejecución del túnel no resulta viable. Estas obras son:

- Puente de Tetuán. El túnel del metro se sitúa bajo el tablero norte del Puente de Tetuán, que salva el río Guadalmedina para unir la Alameda Principal con la Avenida Andalucía. Para ejecutar el túnel del metro es necesario demoler el tablero norte y sus pilas y estribos asociados. Una vez ejecutado el túnel, se restituye el puente de Tetuán, con la misma tipología estructural. Así pues, se ha definido un puente de 4 vanos, con luces 16,73+22,70+23,41+17,74 metros. El tablero tiene una anchura de 23,4 metros y está formado por vigas doble T de hormigón pretensado de 0,9 metros de canto y con separación entre ejes de 1,07 metros. Entre las vigas se ha previsto una prelosa de hormigón armado sobre la que se ha definido una capa de compresión de 20 centímetros de espesor. El tablero se apoya en 3 pilas tabique y dos estribos todos ellos de alturas variables comprendidas entre los 7,5 y 5 metros. Tanto las pilas como los estribos se cimentan parte en la estructura del túnel y parte en pantallas-pilas dispuestas al norte del túnel del metro bajo el lecho del río Guadalmedina.
- Rampa de extracción de tierras. Se ha previsto una rampa de extracción de tierras y ejecución de todos los elementos de la estructura y superestructura del túnel y de la estación en prolongación de la estación de Atarazanas. La rampa se ha diseñado con el mismo ancho que la estación y que el túnel de la Alameda Principal, de 8,50 metros y con una longitud de 40 metros. Las pantallas diseñadas son análogas a las proyectadas en el resto de la Alameda, para hacerlas compatibles con la eventual prolongación de la línea de cercanías y del propio metro hacia el este de la ciudad. Estas pantallas dispondrán de un nivel de apuntalamiento provisional mediante estampidores metálicos para acortar la luz libre de la pantalla en un tramo de entorno a 20 metros de longitud.

5.11.2. Cálculos estructurales

En el Anejo nº 15 se incluyen los cálculos de todos los elementos estructurales del proyecto. Estos elementos estructurales se han tramificado de la siguiente manera:

- Túnel de línea
- Estación de Atarazanas
- Puente de Tetuán
- Rampa de trabajo de extracción de tierras.
- Pozo de ventilación y salida de emergencia del PK 0+080

En los cálculos se han tenido en cuenta las siguientes normas e instrucciones:

- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural
- IAP 11 - Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera
- CTE - Código Técnico de la Edificación
- EAE – Instrucción de Acero Estructural
- NCSE-02 - Norma de Construcción Sismorresistente
- NCSP-07 - Norma de Construcción Sismorresistente Puentes

Los materiales de proyecto y considerados en los cálculos son los siguientes:

Tabla 20: Características de los materiales utilizados en el proyecto

Materiales	Características	Resistencia
Hormigón en pantallas	HA-30/F/20/IIIb+Qb	f_{ck} = 30 N/mm^2 (MPa)
Hormigón en contrabóvedas	HA-30/B/20/IIIb+Qb	f_{ck} = 30 N/mm^2 (MPa)
Hormigón en vigas	HP-50/B/20/IIIa	f_{ck} = 50 N/mm^2 (MPa)

prefabricadas		
Hormigón en resto de elementos	HA-30/B/20/IIIa	f_{ck} = 30 N/mm^2 (MPa)
Acero pasivo en armaduras	B 500 SD	f_{yk} = 500 N/mm^2 (MPa)
Acero estructural en arriostramientos	S 275 JR	f_{yk} = 275 N/mm^2 (MPa)

Para las estructuras del túnel y estaciones, teniendo en cuenta que se trata de estructuras enterradas, no se ha realizado cálculo símico de estos elementos. Sin embargo se han adoptado las disposiciones constructivas marcadas por la norma sísmica NCSE-02 y la EHE-08.

Los coeficientes de mayoración de acciones y de minoración de materiales son los recogidos en la normativa de referencia, básicamente en le EHE-08. En las pantallas y contrabóvedas se ha considerado un nivel de control de ejecución normal, mientras que en el resto de elementos se ha considerado un nivel de control intenso.

Para el cálculo de las pantallas, tanto del túnel de línea como de las estaciones, se ha usado el programa *RIDO* (versión 4.11.04 y 4.12.01). Este programa realiza cálculos planos no lineales, considerando los empujes horizontales del terreno mediante un diagrama tensión-deformación elastoplástico. Realiza cálculos evolutivos, teniendo en cuenta en cada fase las deformaciones previas. Sólo realiza cálculos en dirección horizontal, no considerando, por tanto, cargas verticales. Con la ayuda de RIDO se han calculado todas las pantallas, considerando en cada caso el terreno atravesado y las fases de ejecución correspondientes a cada tramo.

El tablero del Puente de Tetuán se ha calculado con varios módulos del programa CUBUS. El tablero se estudia mediante un emparrillado de barras en el que se simulan las vigas prefabricadas y la losa superior. El programa estudia los esfuerzos sobre las vigas en las distintas fases de ejecución, definiendo a partir de ellos el pretensado de las mismas. Se realiza un modelo adicional para el análisis local de la losa superior.

Para el cálculo del resto de elementos estructurales de las estaciones y del túnel se ha utilizado el programa de elementos finitos SAP2000 (versión 12 y 14). Con él se han modelizado las losas de cubierta, losas intermedias, contrabóveda, escaleras, etc., mediante modelos planos de barras (*frames*) o tridimensionales de elementos tipo barra y placa (*shell*). De estos modelos se extraen los esfuerzos de cálculo de las diferentes secciones, las cuales se arman con la ayuda del "*Prontuario informático del hormigón estructural 3.1*" y con hojas de cálculo de elaboración propia, basadas en la norma EHE-08.

5.12. Diseño arquitectónico de las estaciones

En el presente proyecto se describe y justifica el diseño propuesto para la estación de metro Atarazanas, junto con el diseño de las obras singulares correspondientes a un pozo de ventilación, bombeo y evacuación.

5.12.1. Emplazamiento

El emplazamiento previsto para la estación de Atarazanas se encuentra situado en un lugar central de la Alameda Principal, a la altura de la calle Torregorda, con la intención de dar cobertura al máximo número posible de viajeros con origen/destino en el centro de la ciudad Málaga.

La ubicación de la estación en este punto supondrá ocupar parte de la superficie ocupada actualmente por el vial de servicio norte de la propia Alameda. De este modo se en el presente proyecto se propone la peatonalización de esta via de servicio norte, uniendo la actual acera norte de la Alameda con la acera central, en la que se sitúa la hilera norte de ficus centenarios.

La posición exacta del andén viene determinada por el trazado del tramo Guadalmedina Atarazanas y su compatibilidad con una futura prolongación de la línea 1 hacia el este de la ciudad.

Figura 13: Ubicación de la estación de Atarazanas

5.12.2. Normativa urbanística aplicable

En el diseño de la estación que se desarrolla en el presente documento se ha tenido en cuenta la normativa urbanística municipal recogida en el Plan General de Ordenación Urbana de Málaga aprobado en julio de 2011.

Si bien no se encuentra todavía aprobado, también se ha utilizado para la elaboración del presente proyecto El Borrador del Plan Municipal de Movilidad Sostenible, que se encuentra disponible en la web del Área de Movilidad del Ayuntamiento de Málaga.

5.12.3. Tipología de la estación

La estación de Atarazanas se proyecta en el espacio interior del túnel definido en el proyecto original, Guadalmedina – La Malagueta, por lo que debe adaptarse a un ancho libre teórico de 8,50 metros.

La necesidad de ubicar esta estación en la mitad norte de la Alameda Principal, ha obligado a que se encaje en el ancho del túnel previsto en el proyecto original, dado que no es posible ejecutar un recinto entre pantallas de mayor anchura, debido a la cercanía de los edificios situados al norte de la traza y a las distancias necesarias para preservar los ficus centenarios situados al sur de ella.

Este requerimiento hace que la tipología seleccionada para el desarrollo de la estación sea la de andén lateral, ya que no se cuenta con el ancho necesario para desarrollar un andén central.

Como en el resto de estaciones de las líneas 1 y 2 del Metro de Málaga el diseño de la estación y la situación de los núcleos de comunicación vertical (escaleras y ascensores) se ha planteado de modo que los flujos de circulación de los viajeros sean claros y directos.

La ubicación del acceso a la estación dentro de la propia sombra del túnel y en la parte central de la vía de la actual vía de servicio norte de la Alameda hace que la solución más adecuada para la reposición de la urbanización una vez ejecutada la estación sea la peatonalización de esta vía de servicio, de modo que una la actual acera norte de la Alameda con la acera en la que se sitúan los la hilera de ficus centenarios situados en la mitad norte.

Esta propuesta de peatonalización se encuadra dentro de los criterios incluidos en el Plan Municipal de Movilidad Sostenible, que prevé para la Alameda Principal adoptar medidas que prioricen en ella la utilización del trasporte público (bus y metro) y los modos de transporte sostenibles (a pie y en bicicleta) frente a la utilización del transporte en vehiculo privado.

Por otro lado con esta propuesta de repsición se logra generar un espacio público más amable y mucho más adecuado a una zona central y emblemática de la ciudad como es la Alameda Principal.

5.12.4. Características generales y dimensiones

A continuación se realiza un breve resumen de las características generales de la estación.

Tabla 21: Características generales de la estación

Número de vías	1
Longitud del andén	66 m
Ancho de andén	4,30 m
Pantallas	Norte 1,20 m / Sur 1,00 m
Cota media terreno	+4,45 m
Cota cabeza de carril en andén	-10,69 m
Cota andén	-10,41 m
Desnivel total	15,40 m

5.12.5. Accesos

El edículo de acceso se ha ubicado, como en el resto de estaciones de las líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, de acuerdo a dos criterios fundamentales:

- Situarlo de forma que pueda dar cobertura al mayor número de viajeros posible.
- Integrarlo en la trama urbana de forma que se convierta en un elemento de referencia fácilmente reconocible pero que no suponga un nuevo obstáculo urbano.

Como resultado de la aplicación de estos principios el edículo que alberga los núcleos de escaleras, pedestres y mecánicas, de la estación de Atarazanas se ubica en la zona central de la Alameda Principal, próximo a la calle Torregorda.

El edículo de escaleras se ha situado próximo a la pantalla sur del túnel, de modo que se separa todo lo posible de los edificios situados en el lado norte de la Alameda, situándose a unos 5,5 m de estos.

El ascensor se sitúa a la espalda del núcleo de escaleras, muy cerca de la confluencia de la Alameda Principal con la calle Torregorda.

Ambos elementos quedan correctamente integrados en el importante entorno urbano en que se sitúan y se diseñarán de modo que sirvan como referentes que permitan localizar de un modo intuitivo el acceso al metro.

5.12.6. Programa funcional

Dentro del programa funcional se distinguen dos grandes grupos de espacios:

- Espacios de atención y uso público, como accesos, vestíbulos, venta de billetes e información y andén.
- Locales técnicos, como los cuartos de acometidas, comunicaciones, control, señales, energía, seguridad, PCI, ventilación o bombeo.

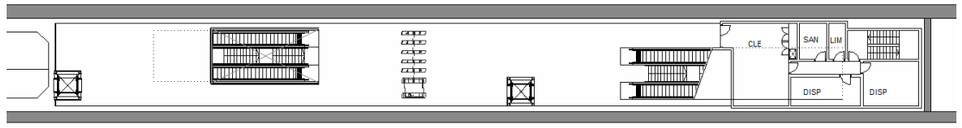
A continuación se describe la organización de estos recintos entre los distintos niveles de la estación.

Vestíbulo (cota: -4,64m):

El vestíbulo de la estación se proyecta a la cota -4,64 m para compatibilizar la profundidad a la que se debe construir la losa de dintel para permitir el paso del agua del nivel freático en la dirección norte – sur, con el nivel del trazado de la vía y el gálibo necesario para la circulación del Metro.

El acceso a la estación desde la superficie se realizará por medio de unas escaleras fijas de cuatro tramos que salvan una diferencia de cota de 8,50 m, situadas entre dos escaleras mecánicas para facilitar un acceso al sistema lo más rápido y cómodo posible.

Figura 14: Planta arquitectónica del vestíbulo de la estación de Atarazanas



Una vez alcanzada la cota del vestíbulo (-4,64 m) el flujo queda frente a la línea de cancelación, siguiendo de este modo la misma secuencia que en el resto de estaciones, en las que tras pasar las validadoras encontramos la escalera que baja al andén de metro.

En el extremo este de la estación se sitúan una serie de locales técnicos, en parte bajo el núcleo de escaleras.

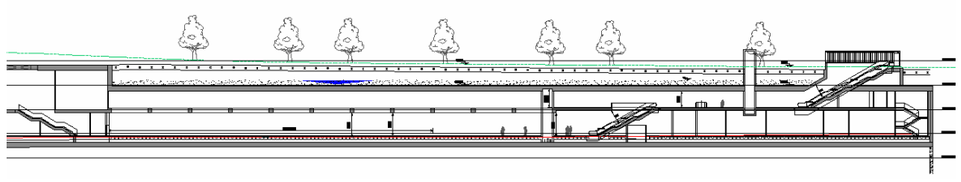
Así mismo se sitúa en esta zona el control local de estación (CLE) que se tratará como una oficina de atención al viajero del mismo modo que se ha hecho en el resto de estaciones de las líneas 1 y 2.

En el extremo oeste del vestíbulo se sitúan el bloque de escaleras y el ascensor que lo comunican con el nivel de andén. Con objeto de mejorar la percepción del espacio, el vestíbulo se abre en este extremo a una doble altura sobre el propio andén, limitada visualmente por la presencia de los estampidores que estabilizan las pantallas.

Andén (cota -10,41m):

Debido a las necesidades ferroviarias se plantea un andén lateral de 4,30 m de ancho y 66,00m de longitud. La planta de andén se sitúa a la cota -10,41m.

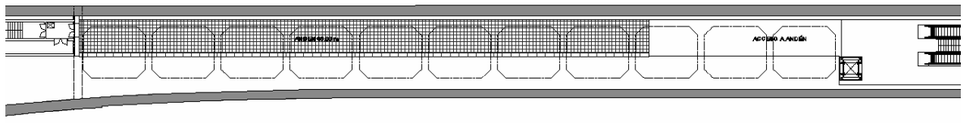
Figura 15: Sección longitudinal de la estación de Atarazanas



El andén se desarrolla entre el PK 0+127,40 y el PK 0+193,40 y cuenta con la señalización podotáctil necesaria para las personas con deficiencia visual y con la señalética necesaria para ordenar los flujos de circulación y mantener informados a los viajeros.

A lo largo del andén se sitúa el equipamiento y mobiliario necesario; bancos, papeleras y paneles informativos.

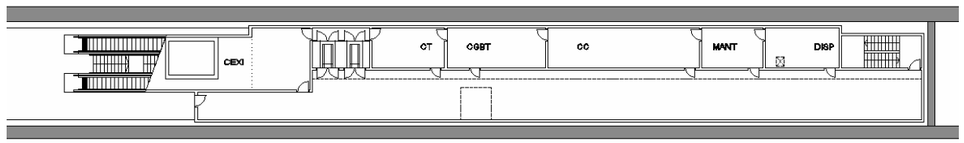
Figura 16: Planta arquitectónica del andén de la estación de Atarazanas



El núcleo de escaleras que comunica el vestíbulo con el nivel del andén es similar al que sirve de acceso a la estación, es decir, está formado por una escalera fija central que se sitúa entre dos mecánicas.

En la zona este de la planta de andén se sitúan una serie de cuartos, a los que se puede acceder por el núcleo principal de escaleras o por unas escaleras de servicio que se sitúan tras la zona del CLE en la planta de vestíbulo.

Figura 17: Zona este de la planta de andén de la estación de Atarazanas



Al fondo del andén se sitúa una escalera de evacuación, que en su recorrido ascendente confluye con la que sirve de evacuación en el pozo de ventilación situado en el PK 0+101,80.

Flujos. Niveles y elementos de acceso-conexión

Los núcleos de acceso a los diferentes niveles son principalmente mecanizados, lo que facilita un uso más cómodo, en especial para las personas con ciertas dificultades de movilidad. Además las conexiones entre niveles se refuerzan con ascensores.

Para la ubicación de todos estos elementos de acceso y comunicación se siguen dos criterios básicos, por un lado los recorridos deben ser claros, evitando en todo momento cruces innecesarios de viajeros que acceden o salen de la estación, y por otro lado se deben agrupar en paquetes fácilmente identificables. Todo ello con la intención de favorecer y simplificar los flujos de circulación.

El esfuerzo realizado para facilitar la percepción de la estación y hacer que las circulaciones sean claras en intuitivas para los viajeros cobra una mayor importancia en el caso de que por algún motivo fuera necesaria una evacuación de la estación.

5.12.7. Obras singulares

Pozo de ventilación, bombeo y evacuación PK 0+101,80

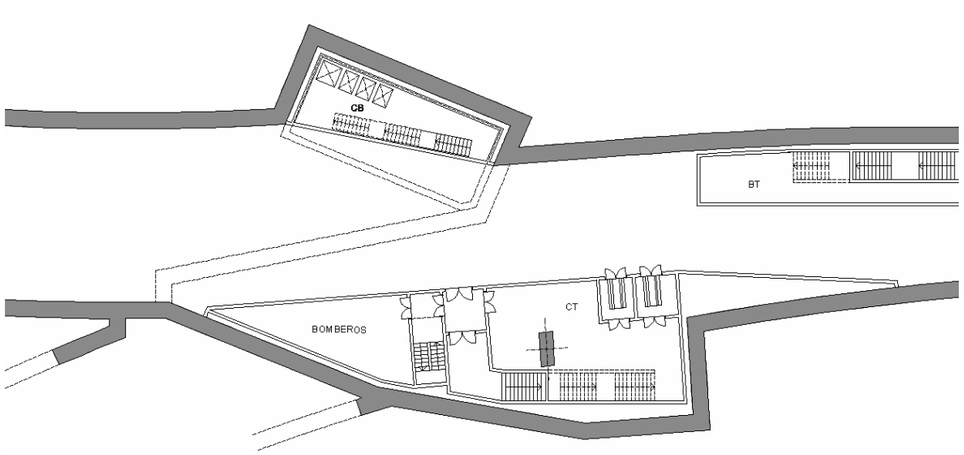
Este punto singular comprende el pozo de ventilación, el de bombeo y la salida de evacuación.

A nivel de rasante de vías encontramos un depósito de drenaje en el lado norte, al que solo se puede acceder desde el nivel superior, y una salida de evacuación en el lado sur,

que queda enmarcada entre un local destinado al almacenamiento de equipos por parte de bomberos, que se sitúa al oeste, y el Centro de Transformación (CT), que se sitúa al este.

Entre el vestíbulo de independencia que da acceso a la escalera de evacuación y la sala de Bomberos se encuentra una escalera de servicio que comunica este nivel con el superior para permitir el acceso a una serie de cuartos técnicos que se encuentran en este y que enumerarán más adelante.

Figura 18: Planta del pozo de ventilación. Nivel -10,40m



El siguiente nivel se sitúa a la cota -4,64. En él se encuentra el acceso al cuarto de bombeo situado al norte sobre el propio cuarto y el depósito de drenaje, el cuarto de ventilación de emergencia del túnel en la zona oeste y el de ventilación de emergencia y confort de la estación en la zona este.

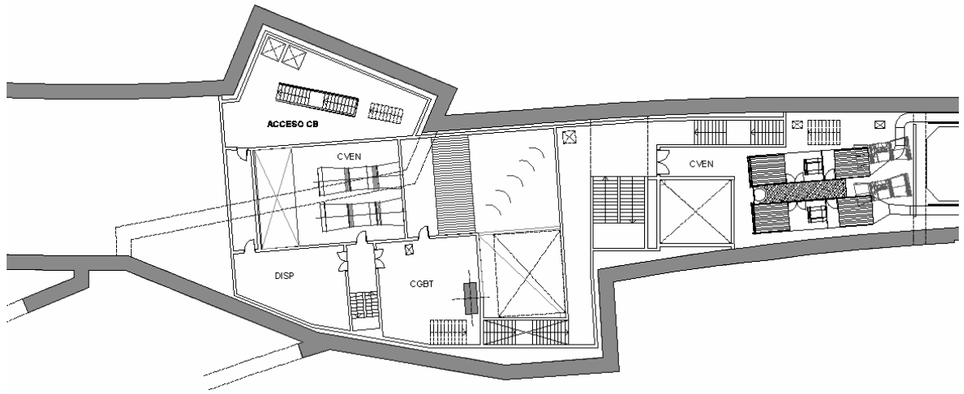
Entre ambos cuartos de ventilación se encuentra la vía de evacuación y las escaleras que recogen tanto la evacuación del túnel como la situada en el extremo oeste del andén, y siguen ascendiendo hasta el nivel de calle.

En la zona central se encuentran también los huecos de extracción de humos en caso de emergencia, y de admisión de aire para la ventilación de confort en su caso.

Al este del cuarto de ventilación del túnel se encuentra un hueco que permite la entrada del aire desde el túnel hasta dicho cuarto.

Por último en la zona sur se encuentran el cuarto que alberga el cuadro general de baja tensión y un local disponible, situados a ambos lados de la escalera de servicio que permite acceder tanto a estos cuartos como al de ventilación del túnel y al de bombeo, situados más al norte.

Figura 19: Planta del pozo de ventilación. Nivel -4,64m



La salida al exterior se realiza mediante una puerta de tipo “clapeta” situada en la acera de la Alameda, justo antes del puente de Tetuán.

5.12.8. Seguridad en caso de incendio

A la hora de aplicar en las estaciones medidas de protección contra incendios, los criterios fundamentales con los que se ha trabajo son los siguientes:

- Reconocimiento de las estaciones como unidad funcional y espacial que puntualmente contiene elementos a los que aplicar condiciones de protección contra el fuego especiales y que siempre tendrán el nivel de andén conectado al túnel de circulación de los trenes.
- Por ello se considera que están constituidas por un sólo sector de incendios del que se separarán, mediante elementos constructivos y estructurales con especial protección al fuego, los locales de riesgo especial, locales técnicos y áreas privadas de las de uso público.
- Se cumplirán todos los requerimientos del Código Técnico de la Edificación (CTE) relativos a resistencia al fuego para sectores bajo rasante, para elementos estructurales principales y secundarios y reacción al fuego de elementos constructivos.

- Para la ocupación de los trenes se tomarán los valores proporcionados por el fabricante del material móvil, y las densidades de ocupación en andén marcadas por el CTE.
- Se calcularán los tiempos de evacuación según las comprobaciones dadas por la Instrucción NFPA-130, sin añadir ocupación adicional.
- La longitud de recorridos de evacuación y el número de salidas debe adaptarse a la singularidad del proyecto.
- Se consideran hábiles para la evacuación las escaleras de uso habitual de pasajeros, tanto fijas como mecánicas, y de hecho se incluyen en los cálculos de capacidad de las salidas tal y como admite la NFPA-130.
- En relación a las vías de evacuación, se realizarán a través del sector de pública concurrencia desde cualquier punto de la estación, considerándose como salidas de estación la escalera de emergencia que evacua desde el nivel de andén directamente al exterior y para los vestíbulos la salida de uso habitual mediante las escaleras abiertas existentes.

En el Anejo nº 15 “Diseño arquitectónico de estaciones” se desarrollan con mayor profundidad todos estos puntos, y se incluyen los cálculos justificativos de cumplimiento de los tiempos de evacuación de la estación.

5.12.9. Compatibilidad con las instalaciones

Se ha analizado el proyecto para hacerlo compatible con las necesidades de las instalaciones que requiere el metro de Málaga. Para ello se han visitado varias estaciones de arquitectura semejante y con las mismas necesidades de cuartos técnicos.

Las dimensiones de los espacios previstos para alojar los cuartos técnicos son suficientes, permitiendo que cuando éstos se definan en el proyecto de arquitectura tengan una superficie adecuada para albergar los equipos que deben ubicarse en su interior. Se ha observado un condicionante importante que es permitir la futura prolongación de la vía sur sin afectar a la operatividad de la estación. Para ello los cuartos técnicos del nivel de andén se han previsto de una anchura menor a la anchura disponible en la totalidad del túnel.

Se han previsto huecos para la ventilación normal y de emergencia de dimensiones semejantes a las existentes en otras estaciones. En el caso de la ventilación de emergencia, las dimensiones deberán ser ajustadas en el proyecto de instalaciones, dónde quedarán definidos los parámetros principales de caudal de humos a extraer.

También se prevén dos huecos para la aspiración de aire limpio destinados a la presurización de las vías de evacuación de la estación y del pozo inter estación.

En la losa intermedia se han previsto huecos para el paso de cables entre el cuarto del centro de transformación (CT) y el que aloja el cuadro general de baja tensión (CGBT) así como entre el cuarto de comunicaciones (CC) y el del control local de estación (CLE).

Para las canalizaciones del túnel se han previsto una serie de cruces bajo la plataforma de superestructura que permitirán realizar las conexiones del cableado de distintas instalaciones bien con los cuartos técnicos necesarios o bien con los equipos distribuidos por el túnel.

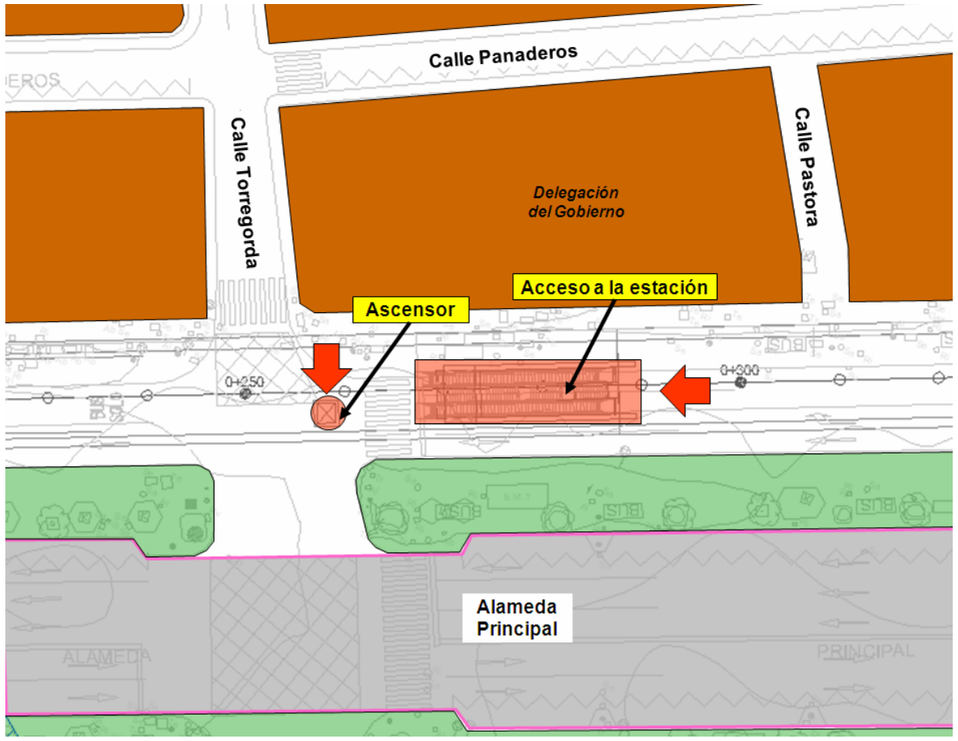
5.13. Urbanización e integración urbana

5.13.1. Integración urbana de los nuevos elementos superficiales

Acceso a la estación de Atarazanas

El acceso a la estación de Atarazanas se sitúa en el actual vial de servicio situado al norte de la Alameda Principal, a la altura de la calle Torregorda. La situación en planta de los elementos de acceso puede observarse en la siguiente figura:

Figura 20: Ubicación de los accesos a la estación de Atarazanas

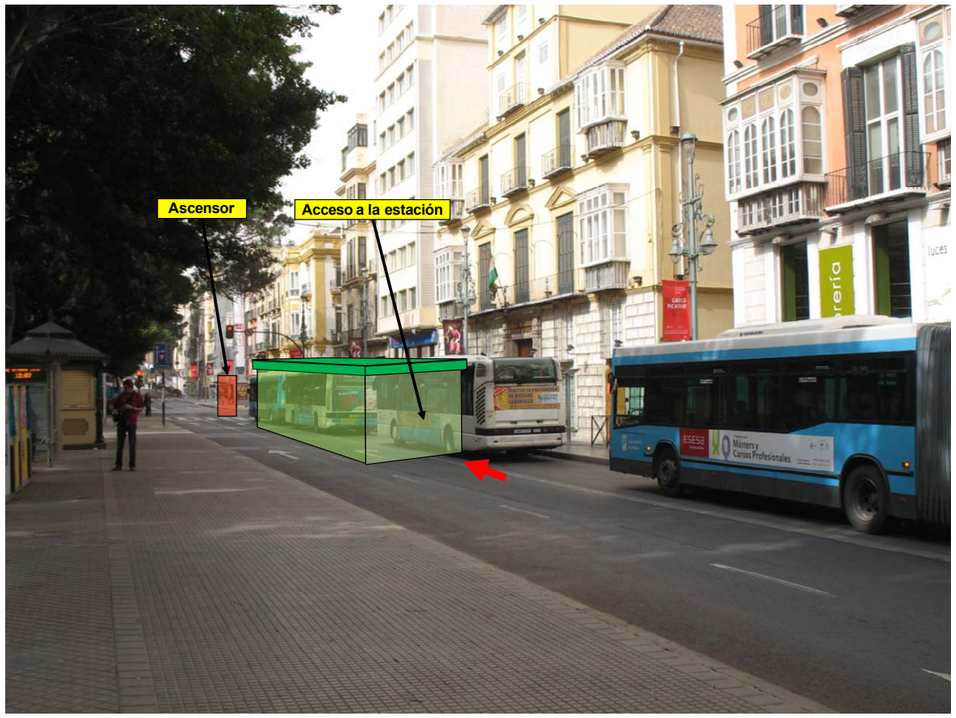


La posición del edículo del acceso peatonal se ha estudiado de forma que encaje en todo momento con la configuración del espacio urbano futuro. La posición del núcleo de escaleras se alinea con la Alameda Principal, recogiendo los flujos de las calles Pastora y Torregorda de formal lateral y los de la Alameda de forma frontal.

La posición del edículo del ascensor en la confluencia entre la calle Torregorda y la Alameda Principal marca la posición de la estación de metro de forma visual desde las calles Torregorda y Tomás Heredia (al otro lado de la Alameda).

Ambos edículos quedarán emplazados en una nueva zona peatonal creada a partir de la peatonalización de la vía de servicio norte de la Alameda.

Figura 21: Perspectiva esquemática de la disposición de los accesos a la estación



Salidas de emergencia

La salida de emergencia se plantea como compuerta enrasada con la superficie del pavimento, que puede abrirse desde el interior. También es accesible por los bomberos, que pueden abrirla desde la calle para acceder al túnel en caso de emergencia.

Dicha compuerta se sitúa en la acera y se protegerá con bolardos, para evitar que un vehículo pueda estacionar sobre ella, impidiendo o dificultando la evacuación de personas desde el interior.

La salida de emergencia incluida en el tramo se sitúa en la ubicación esquematizada en la siguiente imagen:

Figura 22: Ubicación aproximada de la compuerta de la salida de emergencia

Rejillas de ventilación

Las rejillas de ventilación tienen unas dimensiones de 5,20m x 5,80m y de 5,40m x 6,70m, y se sitúan en la zona de la Alameda más cercana al Puente de Tetuán.

Figura 23: Ubicación aproximada de las rejillas de ventilación

5.13.2. Reposición de urbanización de las áreas afectadas por la obra

Se han definido distintos tipos de pavimentación en función del uso público que se prevé dar a cada zona a solar,.Así pues, el proyecto incluye los siguientes tipos de pavimentos:

- Sección completa de firme flexible: Se empleará en las zonas de circulación general que se hayan excavado por completo durante las obras.
- Sección completa de firme en estructuras: Se empleará para el firme sobre el nuevo tablero del Puente de Tetuán.
- Regeneración superficial de firme flexible: Se empleará en las zonas de circulación general que no se hayan excavado durante las obras, pero que se hayan afectado y/o deteriorado por los desvíos de tráfico y la circulación de maquinaria.

Por su parte, la reposición de las zonas peatonales se ha previsto con una terminación similar a la existente actualmente en la calle Larios y en otras actuaciones de peatonalización que se han realizado durante los últimos años en el Centro Histórico (calles Granada y Alcazabilla, Paseo del Parque, etc.).

Tanto en la acera norte de la Alameda que, como se ha indicado anteriormente, se amplía hasta alcanzar la acera que rodea a la hilera norte de los ficus, como en los entronques con las calles perpendiculares, se incluye un vial restringido que será utilizado por vehículos de residentes, servicios públicos y vehículos de emergencias, pavimentado con la misma piedra pero con distinto despiece, así como un carril-bici acotado sobre el pavimento de la acera por unos elementos de acero inoxidable anclados a este.

Los tipos de terminaciones serán los siguientes:

- Adoquín y losas de caliza ámbar flameada: Se empleará en la acera norte de la Alameda y en la zona afectada de las calles perpendiculares a esta.
- Baldosa de terrazo blanca y roja: Se empleará fundamentalmente en la reposición de las aceras sobre el Puente de Tetuán.
- Baldosa hidráulica gris de 36 pastillas: Se empleará en las zonas que se vean afectadas por la actuación pero cuya pavimentación no se ha planteado en piedra caliza.
- Baldosa hidráulica roja de botones: Se empleará para los vados de PMR en los pasos de peatones, marcando la zona rebajada al nivel de la calzada, excepto en las zonas que se reponen con pavimento de piedra caliza, en las que se plantean una serie de losetas de piedra con la textura y el contraste necesario para que sean correctamente detectadas y entendidas por las personas con dificultades de visión.

El drenaje superficial de la zona peatonalizada se ha resuelto mediante caces de piedra caliza ámbar, situados en las limahoyas generadas por las pendientes adoptadas en el pavimento, que vierten en sumideros dispuestos cada 10 metros que se conectan a la red de saneamiento existente en la zona.

Señalización

Para el diseño de la señalización horizontal y vertical se han seguido las recomendaciones de las Instrucciones de Carreteras 8.1-IC “Señalización vertical” y 8.2-IC “Marcas viales”, manteniendo en general la misma configuración existente actualmente en los viales afectados (número y anchura de los carriles, zonas de estacionamiento permitido y prohibido, giros permitidos o prohibidos, etc.).

Semaforización y control de tráfico

Se reponen todos los cruces semafóricos existentes actualmente, que son afectados por la ejecución del túnel o por los desvíos de tráfico.

La configuración de la semaforización es la misma que existe actualmente tanto en número y tipo de elementos, como en su disposición, fases, etc, adaptándola a la nueva configuración urbana que se restituye en la Alameda Principal. Se han repuesto las canalizaciones correspondientes, así como el cableado y los reguladores.

Se ha incorporado al proyecto la canalización necesaria para unir todos los cruces semafóricos entre sí, y con el Centro de Control del Ayuntamiento de Málaga.

También se incluyen las espiras para detección de paso de vehículos y las cámaras de vigilancia del tráfico afectadas por las obras.

Alumbrado público

El alumbrado público incluido en el proyecto es la reposición del alumbrado existente actualmente, con el mismo número y tipo de luminarias, y con la reparación, restauración, refuerzo, limpieza y pintura necesarios para cada unidad. El proyecto considera que las luminarias, columnas y báculos se retiran y se guardan en almacén, para volver a colocarlos una vez terminada la afección de la obra en superficie. No obstante, se ha reservado una partida de unidades nuevas con características similares a las existentes en caso de que alguna de las luminarias sufra un deterioro irreparable.

El proyecto incluye la instalación eléctrica completa: cableado y cuadro de mandos.

Mobiliario urbano

En la Alameda Principal se han considerado los siguientes elementos de mobiliario urbano:

- Delimitadores del carril bici de acero inoxidable
- Bancos de piedra caliza ámbar
- Aparca bicicletas
- Bolardos de acero

- Fuentes de agua potable
- Papeleras
- Equipos de contenedor soterrado
- Paneles indicativos de lugar turístico de interés
- Bolardos de piedra para delimitar el vial restringido de servicio
- Recuperación, reparación y reposición de los quioscos de flores, estanco o loterías existentes
- Reposición de los aseos existentes

Por otra parte, el mobiliario urbano considerado en las zonas que se afectan por la obra pero no entran dentro de la actuación principal de urbanización es la reposición del existente actualmente, en las mismas ubicaciones. Se considera que los elementos se retiran y se guardan en un almacén, para volver a colocarse una vez terminada la afección en superficie de las obras.

Otros elementos, como las casetas de información y servicio de la EMT, solamente son desplazados de su posición a otra de manera provisional durante las obras, y se deberán reponer posteriormente a su ubicación original.

Jardinería

En este proyecto reviste especial importancia la afección al arbolado urbano que flanquea la traza, principalmente la alineación de ficus bicentenarios (Ficus microcarpa L.f.) localizados en la Alameda Principal. Por ello, debido a la especial relevancia de este proyecto, se ha elaborado un completo estudio del arbolado ornamental de la Alameda Principal de Málaga utilizando una metodología basada en afectar lo mínimo posible a los árboles, empleando para ello las técnicas más modernas disponibles en arboricultura urbana, el cual se incluye en el Anejo nº 19 del proyecto “Estudio Ambiental”.

En relación a la vegetación ornamental, la principal medida preventiva va a consistir en el trasplante de ejemplares y posterior reposición. Dentro de esta actuación se consideran las jardineras situadas en las aceras norte y sur del Puente de Tetuán.

5.14. Desvíos provisionales de tráfico

5.14.1. Características generales de los desvíos propuestos

En el Anejo nº 18 se justifican y definen los desvíos de tráfico necesarios para la ejecución de las obras objeto de este proyecto.

Para su definición se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

Los desvíos de tráfico definidos en el presente proyecto se basan, con ciertas simplificaciones, en los previstos en el proyecto original, coordinados en su día con el Área de Tráfico del Ayuntamiento de Málaga (en el anejo nº 21 de coordinación con otros organismos se incluyen las actas de reunión con los técnicos de esta área municipal, celebradas para la definición de los desvíos de tráfico incluidos en el proyecto original).

La restricción del ambito de actuación del presente proyecto en relación al proyecto original, provoca que no sea necesario ocupar la plaza de la Marina, el Paseo del Parque, la Plaza del General Torrijos y el Paseo de Reding, con lo cual la afección al tráfico debida a las obras se verá reducida en gran medida. Por tanto, su afección se ciñe a la ocupación del tablero norte del Puente de Tetuán y a la ocupación de la vía de servicio norte de la Alameda.

Además, se ha supuesto en el presente proyecto que esta fase de la obra coincide en el tiempo con la fase final de la obra del tramo adyacente “Renfe-Guadalmedina”, que produce una afección al tráfico similar a la indicada anteriormente en el eje formado por la Alameda y la Avda Andalucía, al restringir la sección destinada al tráfico rodado den este eje entre el Puente de Tetuán y la Plaza de Manuel Alcántara. Esta actuación también esta actuación coordinada con los técnicos del Área de Tráfico.

Por tanto, la ocupación prevista en el presente proyecto tan solo extiende la restricción del tráfico provocada por el tramo RENFE - Guadalmedina al tablero del Puente de Tetuán, de manera que los desvíos previstos en el presente proyecto colaboran a minimizar las afecciones producidas por la ocupación de obra del tramo anterior y del presente tramo, desviando la mayor parte del tráfico rodado a otros ejes alternativos.

Se han considerado tres fases en lo correspondiente a los desvíos de tráfico necesarios:

- Fase 0: Es la fase previa a la ejecución de las pantallas: reposición de servicios.
- Fase 1: Es la fase en la que se ejecutan las pantallas continuas y la losa superior del túnel. Es la fase que exige más ocupaciones y la más conflictiva desde el punto de vista de los desvíos de tráfico.

- Fase 2: Una vez repuesto el pavimento, son los trabajos realizados en subterráneo con acceso mediante rampa de ataque, situada en la vía de servicio norte de la Alameda entre las calles Torregorda y Puerta del Mar.

5.14.2. Desvíos en la Fase 0

La Fase 0 no requiere de desvíos generales de tráfico. Durante esta fase se realizarán diversos desvíos localizados, los necesarios para la ejecución de zanjas y la reposición de los servicios afectados por la obra: saneamiento, abastecimiento, electricidad, gas y telecomunicaciones.

Estos desvíos no supondrán apenas incidencia en el tráfico, y la duración de cada uno de ellos será muy limitada. Los cortes y desvíos más conflictivos podrán efectuarse de madrugada o en fines de semana, para causar menor incidencia sobre el tráfico.

La duración total prevista de esta fase es de **8 meses**.

5.14.3. Desvíos en la Fase 1

La Fase 1 es la que requiere unos desvíos de tráfico más importantes, ya que se ocupan durante meses zonas que actualmente tienen un tráfico de gran intensidad: tablero norte del Puente de Tetuán y calzada norte de la Alameda Principal.

El esquema general de desvíos de tráfico para la fase de ejecución de las pantallas y losa superior (fase 1) puede observarse en los planos del proyecto (plano 12.1).

Las principales hipótesis de trabajo del proyecto son las siguientes:

- Toda la ocupación de la zona de obra se realiza en una única fase, simultaneándose el trabajo de hasta 3 equipos de ejecución de pantallas, con objeto de reducir en todo lo posible el plazo de la ocupación.
- Se efectúa un desvío del tráfico general en el sentido de Avda. Andalucía hacia El Palo por la Avda. Aurora, Puente de la Misericordia, Alameda de Colón, Muelle Heredia, Paseo de los Curas, Avda. Cánovas del Castillo y Paseo Marítimo. Se mantiene dos carriles de circulación en este sentido en el tablero sur del Puente de Tetuán para uso exclusivo de servicios públicos y residentes.
- Se efectúa un desvío del tráfico general en el sentido de El Palo hacia la Avda. Andalucía por Paseo de los Curas, Muelle Heredia, calle Córdoba, Alameda Principal (calzada central), Puente de Tetuán (tablero sur) y Avda. Andalucía.
- Se mantienen cuatro carriles de circulación en la calzada central de la Alameda Principal en sentido El Palo Avda. de Andalucía, dos para uso de EMT y dos para tráfico general. Esta disposición se restringe sobre el tablero sur del Puente de Tetuán a dos carriles de circulación, uno reservado a EMT y otro para el tráfico general.
- La vía de servicio sur de la Alameda Principal queda reservada para autobuses de la EMT, tráfico de carga/descarga y residentes.
- La ejecución de la obra civil garantiza en todo momento de la obra el cruce transversal de tráfico desde calle Córdoba hacia Puerta del Mar.
- Se dota a la Alameda de Colón de doble sentido de circulación, al objeto de introducir el tráfico de residentes y servicios públicos de Muelle Heredia en el sentido de circulación Avda. Andalucía dirección El Palo de la Alameda Principal.

Se establece un desvío general en dirección Ciudad Jardín hacia la Avda. Andalucía a través del eje formado por las calles Armegual de la Mota, Jaboneros, Don Juan de Austria y la Avda. del Doctor Gálvez Ginachero, con objeto de interrumpir el tráfico rodado por las calles José María García Caparrós y Pasillo de Santo Domingo, para así posibilitar la demolición y posterior reconstrucción del tablero norte del Puente de Tetuán.

Las principales actuaciones que deben realizarse para disponer los desvíos de Fase 1 son las siguientes, que se describen con más detalle en el Anejo nº 18:

1) Remodelación de las Glorietas de Manuel Alcántara y Albert Camus: Se modifican estas dos glorietas para desviar el tráfico general de Avda. Andalucía hacia Málaga Este por la Avda. Aurora. También se adecúa a la circulación en el tramo de Avda. Andalucía hasta el Puente de Tetuán, modificado por las obras del tramo Renfe-Guadalmedina.
2) Ampliación de capacidad en sentido este de la Avda. Aurora: Se elimina el sentido de circulación hacia el oeste del tramo de la Avda. Aurora comprendido entre Albert Camus y el río Guadalmedina, excepto un carril reservado a servicios públicos. Esto permite disponer cuatro carriles de circulación en sentido este.
3) Ampliación a tres carriles del Puente de la Misericordia y calle Linaje: Se eliminan las aceras peatonales del Puente de la Misericordia, lo que permite disponer tres carriles para la circulación rodada. El tráfico peatonal se desvía por una pasarela provisional construida junto al puente. La calle Linaje se amplía también a tres

carriles, reduciendo las aceras. Se requiere un pequeño muro para mantener el acceso al aparcamiento privado cuya entrada está en esta calle.

4) Ampliación de capacidad de la Alameda de Colón: Se amplía la capacidad de la Alameda de Colón hasta cuatro carriles (dos por sentido de circulación), modificando los bordillos para aumentar la anchura de la calzada. Se eliminan los aparcamientos del lado este y se mantienen los del lado oeste (derecho) ampliando las zonas de carga y descarga.

5) Ampliación de capacidad de la calle Córdoba: Se dejan tres carriles libres sin aparcamientos, lo que obliga a modificar los bordillos de la zona de la parada de taxis, reduciendo la anchura de la acera.

6) Remodelación de la intersección de Paseo de los Curas con Avda. Cánovas del Castillo: Se modifica esta intersección para permitir el movimiento desde el Paseo de los Curas hacia la Plaza de Torrijos y el Túnel de la Alcazaba (ahora no es posible). También se reduce a un carril el tráfico de Cánovas del Castillo hacia la Plaza de Torrijos, conduciendo el tráfico mayormente hacia el Paseo de los Curas.

7) Ampliación de capacidad de la calle Jaboneros: En calle Jaboneros se dejan dos carriles exentos y banda de aparcamiento sólo en el lado derecho, lo que obliga a modificar uno de los bordillos de la calle, ampliando la calzada.

8) Cambio del sentido de la circulación de las calles Juan de Austria y Jaboneros: Estas dos calles en prolongación una de otra quedan para tráfico general en sentido de norte a sur, como desvío del Pasillo de Santo Domingo, que queda cortado por las obras. Se modifica la señalización horizontal y vertical y se elimina la banda de estacionamiento izquierda, para dejar dos carriles exentos para la circulación.

9) Doble sentido de circulación en Avda. Doctor Gálvez Ginachero: Eliminando la banda izquierda de aparcamiento actual, y modificando la línea de bordillos, puede dejarse doble sentido de la circulación en esta avenida, con dos carriles por sentido. Se modifica además la intersección del Paseo de Martiricos con la Avda. Doctor Gálvez Ginachero para permitir el nuevo giro a la izquierda.

10) Cambio del sentido de la circulación de la calle Sevilla: Como consecuencia de la actuación nº 8, la calle Sevilla debe cambiar su sentido de la circulación para mantener un acceso adecuado a las fincas de la zona. Se modifica la señalización, pero no la sección de la calle ni las bandas de aparcamiento actuales.

La duración total prevista de esta fase es de **17 meses**.

Será necesario en esta fase de la obra efectuar modificaciones en el recorrido y en la ubicación de paradas de muchas de las líneas de autobuses de la EMT, ya que la gran mayoría de ellas tienen su origen o pasan por el centro de la ciudad.

En el Apéndice nº 1 del Anejo nº 18 se han incluido unos esquemas con las modificaciones propuestas para todas las líneas afectadas.

5.14.4. Desvíos en la Fase 2

En la fase 2 se habrán ejecutado los muros pantallas y losa de cubierta habiendo procedido en la zona del túnel a la reposición de urbanización de acuerdo con lo indicado en el anejo nº17 “Urbanización” del presente proyecto.

En consecuencia, solo se prevé mantener ocupada la rampa de extracción de tierras situada a continuación de la estación de Atarazanas, ocupando la vía de servicio norte de la Alameda entre las calles Torregorda y Puerta del Mar.

Dado que la reposición de urbanización prevista en el presente proyecto prevé peatonaizar la vía de servicio norte de la Alameda, y que durante esta fase de la obra se mantendrá abierta al Tráfico la conexión de la Alameda Principal y C/ Córdoba con Puerta del Mar, los desvíos de trafico de esta fase serán análogos a los indicado para la fase anterior, y que se describen en el siguiente epígrafe.

La duración total prevista de esta fase es de **8 meses**.

Una vez ejecute la infraestructura y superestructura del túnel desde esta rampa de extracción de tierras se podrá retirar la ocupación asociada a ella, y se procederá a la reposición de urbanización de la zona ocupada por la rampa.

La propuesta de reposición en esta zona es similar a la del resto de la vía de servicio norte de la Alameda, es decir, peatonalizándola, por lo que a partir de ese momento, se implantará en la Alameda Principal y resto de viales afectados por los desvíos de tráfico la reordenación definitiva de viales prevista en el anejo nº17 y definida en los planos correspondientes a urbanización.

5.15. Medidas ambientales

5.15.1. Generalidades

En el Anejo nº 19 del Proyecto se definen las medidas necesarias para lograr la minimización, o en su caso corrección, del impacto que sobre el medio ambiente ocasiona la construcción del tramo Guadalmedina-Atarazanas del Metro de Málaga.

La base de partida para el diseño de las medidas protectoras y correctoras la constituyen los siguientes documentos:

- El Estudio Ambiental del "Estudio Informativo de la Red de Metro de Málaga".
- Informe Ambiental del Estudio Informativo sobre el Proyecto "Red de Metro de Málaga", emitido por la Comisión Interdepartamental Provincial de Medio Ambiente de Málaga con fecha de 12 de junio de 2003.

En el capítulo 4 de la presente Memoria queda recogido el cumplimiento de cada una de las condiciones impuestas por el Informe Ambiental.

5.15.2. Inventario ambiental

Se ha realizado un inventario ambiental, en donde se efectúa una interpretación del territorio con el fin de describir y localizar los recursos naturales y culturales de mayor interés que pueden considerarse condicionantes ambientales, y que han sido tenidos en cuenta en la redacción del Proyecto.

Los principales condicionantes ambientales han sido:

- Ficus centenarios existentes en la Alameda Principal: Dada la especial relevancia de estos ejemplares de Ficus, se ha procedido a realizar un estudio específico de los mismos, el cual queda recogido íntegramente en el apéndice 3 del Anejo nº 19, con el cual se ha pretendido conocer el estado actual de éstos árboles singulares, de forma que ha servido de base para poder valorar la posible afección provocada por las obras del metro objeto del proyecto y definir las medidas adecuadas para su protección.
- Patrimonio arqueológico: Se conoce la existencia de numerosos restos arqueológicos en toda el área del centro de Málaga, desde tiempos de los fenicios a la época de la revolución industrial en el siglo XIX. Por esta razón se ha llevado a cabo un completo estudio de evaluación de impacto arqueológico a través de la empresa Taller de Investigaciones Arqueológicas, S.L. que se ha incluido íntegramente en el Apéndice 2 del Anejo nº 19.

5.15.3. Medidas preventivas y correctoras

Se han planteado una serie de medidas tendentes a la protección de la calidad ambiental en el entorno del proyecto de construcción de la infraestructura, así como a la minimización de las alteraciones más significativas identificadas.

Entre las medidas protectoras se encuentran las propuestas de carácter preventivo dirigidas al control de las operaciones en la fase de construcción, cuyo fin es evitar o reducir en origen los posibles daños provocados por la obra, y que serán de aplicación en los momentos y lugares en que se realicen dichas operaciones.

El grupo de medidas correctoras está dirigido a reparar los efectos ambientales ocasionados por las acciones del proyecto, mediante la aplicación de diversos tratamientos, básicamente dirigidos a la integración paisajística y la protección del medio, a la mitigación del efecto barrera ocasionado, así como del incremento potencial de los niveles de ruido.

De especial importancia son destacables todas las medidas proyectadas a fin de minimizar la afección sobre los ficus de la Alameda.

Entre todas las medidas proyectadas, se destacan las siguientes:

- Arqueología:
  - Control arqueológico de la fase de movimientos de tierras en todo el trazado, con la delimitación correcta de los yacimientos inventariados.
  - Diagnosis en los sectores cercanos a las necrópolis de Avda. Andalucía y Fuerte de San Lorenzo, ante la posibilidad de encontrar enterramientos o restos de estructuras. De acuerdo con las prescripciones dadas por la delegación provincial de la Delegación de cultura se ha previsto una excavación arqueológica en extensión en la zona en que se prevé que esté ubicado el Fuerte de San Lorenzo, concretamente, en la vía de servicio norte de la Alameda Principal.
- Protección de los Ficus de la Alameda:
  - Delimitación de las áreas de protección del arbolado, mediante jalonamiento específico.

- Corte de raíces en el zanjeo y tratamiento.
- Profundidad de terreno útil para las raíces del arbolado, bajo la rasante de la calle.
- Presencia de técnico especialista en arboricultura, en los tramos de ejecución del proyecto de especial conservación de los árboles, mientras duren dichos trabajos.
- Establecimiento de puntos de agua en las inmediaciones de los árboles a salvaguardas y la instalación de riego por goteo en toda el área bajo la copa.

- Jardinería: al tratarse de una obra urbana, la vegetación afectada es la ornamental que forma parte de las alineaciones de calles y parterres de jardines existentes actualmente en las zonas afectadas por las obras. Con referencia a dicha vegetación urbana, el inventario ambiental ha puesto de manifiesto la existencia de una notable diversidad de especies vegetales, que en algunos casos son susceptibles de trasplante. Por ello, la principal medida preventiva sobre la vegetación ornamental va a consistir en el trasplante de ejemplares. También se contemplan otras como la construcción de protecciones especiales.

  El resto de árboles no trasplantables, y que serán afectados por el trazado, serán repuestos, recuperando la ordenación que existía antes de la obra, tanto con relación a las especies como a su ubicación a lo largo de las diferentes calles y jardines.

- Zona de depósito de tierras sobrantes de la excavación del túnel: De acuerdo con las indicaciones recibidas de la Delegación Provincial de Medioambiente se prevé en el presente proyecto la utilización del Vertedero Municipal de “Los Ruices” para la entrega y tratamiento de todos los excedentes de tierras procedentes de la excavación.

- Estudio de Gestión de Residuos, de acuerdo a lo dispuesto en el Real Decreto 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición. Todas las medidas contempladas en el mencionado estudio tienen como objeto extremar el control de los residuos potenciales que se generen en la obra. Para llevar a cabo dicho control, el contratista deberá elaborar y presentar a la Dirección de Obra, un plan que refleje como llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en el artículo 4.1 del R.D. 105/2008 de 1 de febrero. Este plan, una vez aprobado por la dirección de obra y aceptado por el promotor de las obras, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

  El Contratista estará obligado a entregar los residuos a un gestor de residuos autorizado. La entrega de los residuos a un gestor por parte del poseedor (Contratista) habrá de constar en documento fehaciente en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o metros cúbicos, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

5.15.4. Plan de Seguimiento y Control

De manera general, los objetivos del Plan de Seguimiento y Control (PSC) Ambiental de la obra son los siguientes:

- Controlar la correcta ejecución de las medidas preventivas y correctoras previstas en el Estudio Ambiental, y su adecuación a los criterios establecidos por el informe Ambiental.
- Verificar los estándares de calidad de los materiales (tierra, planta, agua, etc.) y medios empleados en el proyecto.
- Comprobar la eficacia de las medidas protectoras y correctoras establecidas y ejecutadas. Cuando tal eficacia se considere insatisfactoria, determinar las causas y establecer los remedios adecuados.
- Detectar impactos no previstos en el Estudio Ambiental y de las Medidas Correctoras y proponer las medidas adecuadas para reducirlos, eliminarlos o compensarlos.
- Informar a la Dirección de Obra sobre los aspectos objeto de vigilancia y ofrecerle un método sistemático, lo más sencillo y económico posible, para realizar la vigilancia de una forma eficaz.
- Describir el tipo de informes, la frecuencia y el período de su emisión con el que deben remitirse a la Consejería de Medio Ambiente, para la prevención de la contaminación y el cambio climático.

Para alcanzar estos objetivos se va a contar con dos instrumentos clave:

- El Programa de Seguimiento y Control, propiamente dicho, para la fase de obra y explotación del metro.

- El Sistema de Gestión Medio Ambiental certificado (SGMA), especialmente indicado para la fase de obra.

La perfecta coordinación entre ambos instrumentos posibilitará el correcto control medio ambiental de las actuaciones.

El PSC va dirigido tanto al Contratista, como al Director de las Obras, como al Organismo Medioambiental Competente y a otros organismos encargados de la gestión ambiental del territorio, facilitando la labor de seguimiento y control.

En el Anejo nº 19 se exponen las misiones de seguimiento y control para el Contratista y para la Dirección de las Obras y, seguidamente, los puntos o actuaciones de Vigilancia Ambiental a desarrollar, en su caso, por ambas instancias.

El PSC se estructura en dos grandes áreas de vigilancia, para cada una de las cuales se establecen los seguimientos a realizar durante la fase de obras:

- El área A comprende la comprobación de los efectos de la ubicación de instalaciones auxiliares y zonas de depósito de tierras, así como el control de las principales emisiones contaminantes de la obra (grasas y aceites de maquinaria, etc.), del comportamiento del flujo subterráneo del agua en sus proximidades y de la protección del balizamiento.

- El área B abarcará el seguimiento de todas las medidas de restauración empleadas, su evolución y arraigo, durante el período de garantía y la explotación.

Por último indicar que la empresa encargada de la construcción del Proyecto de Construcción de la infraestructura y superestructura de vía del tramo Guadalmedina-Atarazanas del Metro de Málaga, deberá contar con un Sistema de Gestión Medioambiental (SGMA) que, además de garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos aplicables, lleve a cabo la mejora continua de actuaciones con vistas a reducir el impacto medioambiental a niveles que no sobrepasen los correspondientes a una aplicación económicamente viable de la mejor tecnología disponible.

5.16. Reposición de servicios afectados

Se ha realizado un meticuloso análisis de las afecciones que implica la construcción del tramo de metro sobre los servicios urbanos existentes en la zona, estudiando su desvío y posterior reposición de forma que se permita la ejecución de las obras sin provocar incidencias o importantes cortes de suministro que afecten a los usuarios y a las compañías titulares de los servicios.

La información de base para el análisis de afecciones ha sido la suministrada por las diferentes compañías concesionarias o distribuidoras de servicios, que ha sido contrastada con la realización de un levantamiento taquimétrico en el que se han identificado todos los pozos, arquetas, farolas, semáforos y demás elementos de servicios urbanos existentes en los viales sobre los que se emplazan las obras. En algunos servicios además, se han realizado comprobaciones in situ, como de las profundidades de pozos y colectores afectados (en el caso del saneamiento) o de las instalaciones existentes.

Aún así, es difícil precisar el trazado de otros servicios que disponen de pocos registros en superficie o cuyo trazado entre estos no es rectilíneo. A esto se añade la dificultad de situarnos en el centro histórico de la ciudad, en que algunas redes son muy antiguas y apenas existe documentación gráfica, además de estar construida con cánones muy distintos a los actuales.

Debido a este margen de incertidumbre, el presupuesto se ha enfocado a la situación más desfavorable para cada caso, es decir, asumiendo las circunstancias que supondrían mayores costes. Por ejemplo, ante la posibilidad de que las líneas eléctricas de algunas calles se encuentren sin canalización o en mal estado, se contempla la reposición de las mismas hasta los centros de transformación..

En la siguiente tabla se resumen todos los tipos de servicios que se afectan con las obras, y cuya reposición se estudia con detalle en el Anejo nº 20 y se define en el Plano nº 14 del proyecto. Se indican también todas las compañías afectadas.

Tabla 22: Compañías titulares de los servicios públicos en el ámbito de la obra

SERVICIO AFECTADO	COMPAÑÍA TITULAR DEL SERVICIO
Saneamiento de aguas fecales y pluviales	EMASA
Abastecimiento de agua potable	• EMASA • Cuenca Mediterránea Andaluza
Riego y baldeo de calles	Ayuntamiento de Málaga
Suministro eléctrico en baja y media tensión	ENDESA
Suministro de gas natural	GAS NATURAL ANDALUCÍA
Telefonía y telecomunicaciones	• TELEFÓNICA DE ESPAÑA • ONO • JAZZTEL • ORANGE- France Telecom Group • VODAFONE • British Telecom

5.17. Coordinación con otros organismos y servicios

En el Anejo nº 21 se recopilan todos los contactos mantenidos con las diversas administraciones, organismos oficiales, entidades o empresas suministradoras de servicios cuya consulta se ha tenido en cuenta en la redacción del presente proyecto. Estos contactos se han materializado mediante cartas, faxes, llamadas telefónicas, correo electrónico y visitas a los diferentes organismos y compañías de servicios.

Los organismos y compañías consultadas han sido los siguientes:

Administración Local:
Excmo. Ayuntamiento de Málaga:
- Oficina Municipal de Coordinación de Infraestructuras Básicas (OCIB)
- Gerencia Municipal de Urbanismo.
- Área de Tráfico.
- Sociedad Municipal de Aparcamientos y Servicios (SMASSA).
- Empresa Municipal de Aguas (EMASA).
- Parques y Jardines.

Administración Autonómica:
Consejería de Medio Ambiente:
- Delegación Provincial de Málaga. Sección de Patrimonio y Vías Pecuarias.
- Cuenca Mediterránea Andaluza.

Consejería de Cultura:
- Delegación Provincial de Málaga.

Administración Estatal:
Ministerio de Fomento:
- Administrador de Infraestructuras Ferroviarias

Ministerio de Medio Ambiente:
- Instituto Nacional de Meteorología.

Ministerio de Economía y Hacienda:
- Gerencia Territorial del Catastro de Málaga.

Empresas suministradoras de servicios:
Energía eléctrica:
- Sevillana-Endesa.

Gas:
- Gas Natural Andalucía, S.A.

Telecomunicaciones:
- Telefónica de España.
- ONO
- Jazztel.
- Orange
- Vodafone
- BT Telecomunicaciones.
- ALÓ

Empresas implicadas:
Sociedad Concesionaria Metro de Málaga

En la siguiente tabla se indica la información solicitada y la respuesta recibida, en cada caso.

Tabla 23: Contactos realizados con los distintos organismos y servicios (1 de 3)

SECTOR/ ACTIVIDAD	ORGANISMO/ COMPAÑÍA	INFORMACIÓN SOLICITADA	INFORMACIÓN RECIBIDA
Administración Local	Gerencia Municipal de Urbanismo	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	No se recibe contestación
Administración Local	Gerencia Municipal de Urbanismo. Obras e Infraestructuras	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Se mantiene una reunión para conocer las actuaciones en materia de saneamiento proyectadas en el ámbito.
Administración Local	Gerencia Municipal de Urbanismo Servicio de Parques y Jardines	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Se mantienen reuniones en que se facilita información y se acuerdan las reposiciones.
Administración Local	Empresa Municipal de Aguas EMASA	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Se reciben planos con los servicios existentes y se mantienen diversas reuniones.
Administración Local	Oficina de Coordinación de Infraestructuras Básicas.	Infraestructuras previstas en el ámbito	En la reunión mantenida el 31/03/2009, aporta documentación gráfica acerca de todas las infraestructuras previstas por el Ayuntamiento.
Administración Local	Excmo. Ayuntamiento de Málaga. Área de Tráfico.	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Se mantienen varias reuniones para coordinar los desvíos de tráfico. Remiten croquis de las instalaciones de comunicaciones y CTV existentes. Así como inventario de red viaria y semaforización.
Administración Local	Empresa Municipal de Aparcamientos y Servicios.	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Remiten planos del aparcamiento de la Marina (en papel) y del Cervantes (digital). Además, de este último, facilitan informe inspecciones geológicas y plano de instalación de fibra óptica en Reding. Remiten planos de las instalaciones de FO del Cervantes.
Administración Autonómica	Consejería de Medio Ambiente. Delegación Provincial de Málaga	Información o indicaciones con carácter general.	Se establecen unas indicaciones generales.
Administración Autonómica	Consejería de Medio Ambiente. Agencia Andaluza del Agua.	Infraestructuras afectadas por las obras, información de la explotación de la Presa del Limonero	Se nos informa de la afección a la tubería de 1000 de la Viñuela, se facilita información de la presa.
Administración Autonómica	Consejería de Medio Ambiente. Agencia Andaluza del Agua.	Ocupación del DPH cauce del Guadalmedina	En la reunión se establecen una serie de criterios que deben respetarse a la hora de ejecutar las obras en el Puente de Tetuán.

Tabla 24: Contactos realizados con los distintos organismos y servicios (2 de 3)

SECTOR/ ACTIVIDAD	ORGANISMO/ COMPAÑÍA	INFORMACIÓN SOLICITADA	INFORMACIÓN RECIBIDA
Administración Autonómica	Consejería de Cultura. Delegación Provincial de Málaga.	Información sobre yacimientos arqueológicos y bienes de interés cultural que puedan ser afectados	Se recibe carta de respuesta. Además se mantienen diversas comunicaciones y reuniones.
Administración del Estado	Ministerio de Medio Ambiente. Agencia Estatal de Metereología	Pluvio resumen de las estaciones meteorológicas presentes en la zona de estudio	Se reciben por correo electrónico los datos solicitados de las estaciones meteorológicas disponibles.
Administración del Estado	Ministerio de Economía y Hacienda Gerencia del Catastro de Málaga	Nota simple de las parcelas afectadas por expropiación	No nos dan información alguna por no estar registradas estas parcelas en el Catastro
Transporte y distribución de energía eléctrica	SEVILLANA-ENDESA	Servicios de este organismo que puedan verse afectados	Se reciben planos el 10/02. Se subcontratan los trabajos de campo y la coordinación con Endesa a la empresa autorizada TELCO.
Telecomuni-caciones	Telefónica, de España	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras	Se recibe carta y CD indicando la situación aproximada de las líneas de telecomunicaciones pertenecientes a Telefónica, S.A.U.
Telecomuni-caciones	ONO	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Se mantiene varios contactos y reuniones, y se recibe toda la información solicitada, incluida valoración de las reposiciones.
Telecomuni-caciones	Jazztel Telecomuni-caciones	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Se recibe información y se acuerdan las reposiciones. No nos envían presupuesto, pues sólo poseen canalizaciones en vacío.
Telecomuni-caciones	B.T. España	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Después de varios contactos e incluso una reunión en campo para comprobar las instalaciones, se acuerdan reposiciones y se facilita una valoración.
Telecomuni-caciones	Vodafone	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Tras varios encuentros se acuerdan las actuaciones para reponer la red. Además de planos se nos facilita presupuesto aproximado.
Telecomuni-caciones	Orange	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Tras la recepción de la información de partida, se acuerdan las reposiciones y se recibe una valoración de las mismas.
Telecomuni-caciones	ALÓ	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Tras reiterados intentos por diferentes vías, no se ha recibido información alguna acerca de esta compañía

Tabla 25: Contactos realizados con los distintos organismos y servicios (3 de 3)

SECTOR/ ACTIVIDAD	ORGANISMO/ COMPAÑÍA	INFORMACIÓN SOLICITADA	INFORMACIÓN RECIBIDA
Transporte y distribución de Gas	Gas Natural Andalucía S.A.	Instalaciones de esta empresa que puedan verse afectadas por las obras.	Se facilita memoria, pliego y presupuesto de las instalaciones. Se han realizado las reuniones y comunicaciones necesarias para acordar todos los desvíos y reposiciones
Empresa implicada	Concesionaria METRO MALAGA	Alternativas al esquema de la Estación de la Malagueta	Informe sobre las alternativas planteadas.

5.18. Expropiaciones e indemnizaciones

En el Anejo nº 22 se efectúa la recopilación de los bienes y derechos que han de ser expropiados para asegurar la disponibilidad de los terrenos sobre los que se implanta la obra proyectada.

En el presente proyecto resulta que los terrenos afectados por la propia infraestructura del metro, los desvíos provisionales y las instalaciones de obra, son todos suelos urbanos declarados públicos, al formar parte de la red viaria, plazas y jardines de la ciudad de Málaga, así como al cauce del río Guadalmedina. Por lo tanto, no existe ningún terreno afectado que deba ser expropiado.

5.19. Replanteo

En el Anejo nº 23 “Replanteo” se incluye la información necesaria para poder realizar los trabajos de replanteo del eje de referencia y de las pantallas continuas de hormigón a lo largo de todo el trazado. Se proporcionan puntos cada 5 m a lo largo del eje de referencia y del intradós de las pantallas, que distan 2.35 m de los ejes de las dos vías.

Se incluyen los datos necesarios para replanteo mediante GPS, que es el sistema más habitual, y también para el replanteo clásico por bisección desde las bases instaladas sobre el terreno.

Se ha partido de las Bases de Replanteo materializadas en el terreno, cuyas reseñas se encuentran en el Anejo nº 3 “Cartografía y Topografía”.

5.20. Plan de control de calidad

En el Anejo nº 29 se describen los ensayos a realizar sobre los distintos materiales y unidades de obra del proyecto, dentro del Plan de Aseguramiento de la Calidad. Para la determinación de los ensayos a realizar se han tenido en cuenta, principalmente, la Instrucción de Hormigón Estructural EHE y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG-3, así como otras normativas.

Se han estudiado los ensayos a realizar sobre las unidades de obra más significativas. Las más importantes son las siguientes:

- Pantallas continuas de hormigón
- Pilotes
- Jet-grouting
- Hormigones armados y acero en armaduras
- Acero estructural
- Zahorras y áridos
- Mezclas bituminosas en caliente

5.21. Estudio de Seguridad y Salud

En cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 107.1.g) de la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público, y en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Real Decreto 1627/97), se incluye dentro del presente Proyecto de Construcción el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud (en el Anejo nº 30), que incluye la identificación de los riesgos previsibles durante la ejecución de las obras, las medidas dispuestas para evitarlos (definidas en Planos y Presupuesto), así como la descripción de los servicios sanitarios de los que deberá estar dotado el centro de trabajo. Su presupuesto se ha incorporado como un capítulo más dentro del presupuesto de ejecución material de la obra.

6. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo previsto para la ejecución de las obras incluidas en el presente Proyecto es de treinta y tres (33) meses. En el Anejo nº 24 se justifica este plazo a partir de unos rendimientos medios estimados para las principales unidades de obra, y se incluye una programación indicativa para el desarrollo de los trabajos, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 107.1.e) de la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público.

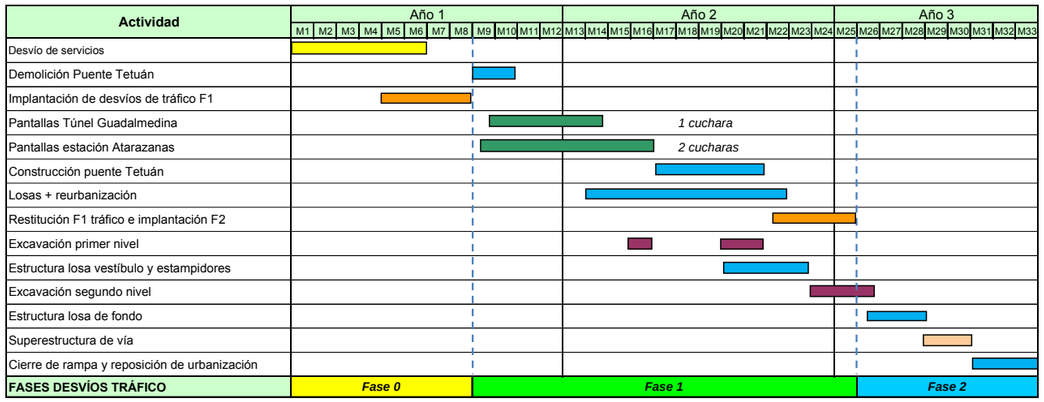
En la figura adjunta se observa un diagrama de barras simplificado de la ejecución de la obra, en el que se consideran tres fases a efectos de afecciones al tráfico. Las fases son las siguientes:

- Fase 0: Con una duración de 8 meses, es la fase en que se realizan los preparativos e instalaciones de obra, y se realizan gran parte de las reposiciones de servicios afectados. Las afecciones al tráfico son solamente puntuales y de corta duración.

- Fase 1: Es la fase de mayor afección, correspondiente a la ejecución de las pantallas continuas y losa superior del túnel, hasta reponer el pavimento de las calles afectadas. Para esta fase se definen los desvíos de tráfico descritos arriba. La duración de esta fase es de 17 meses.

- Fase 2: En esta fase se realiza la excavación del túnel bajo cubierto y se ejecutan las estructuras interiores de estaciones y túneles. Su duración es de 8 meses. Las afecciones al tráfico se limitan a las dos rampas de ataque, situadas en la Cortina del Muelle y en la calle Santa Cristina, cuya incidencia es apenas relevante.

Figura 24: Diagrama de barras simplificado de la ejecución de las obras



7. PRESUPUESTO

7.1. Presupuesto de Ejecución Material

El Presupuesto de Ejecución Material de las obras se desglosa según los distintos capítulos considerados de acuerdo con lo indicado a continuación:

Tabla 26: Presupuesto de Ejecución Material

CAPÍTULO 1: Túnel de línea	8.491.783,31 €
CAPÍTULO 2: Estaciones	10.223.999,65 €
CAPÍTULO 3: Obras singulares	2.899.350,20 €
CAPÍTULO 4: Urbanización	3.282.620,08 €
CAPÍTULO 5: Reposición de servicios	2.468.491,81 €
CAPÍTULO 6: Desvíos de tráfico	1.004.514,44 €
CAPÍTULO 7: Medidas ambientales	822.676,99 €
CAPÍTULO 8: Obras complementarias	818.119,10 €
CAPÍTULO 9: Superestructura de vía	530.332,85 €
CAPÍTULO 10: Seguridad y salud	477.700,31 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	31.019.588,74 €

El importe del Presupuesto de Ejecución Material de las obras del presente Proyecto asciende a la cantidad TREINTA Y UN MILLONES DIECINUEVE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (31.019.588,74 €).

7.2. Presupuesto Base de Licitación

Incrementando el Presupuesto de Ejecución Material con el 13% de Gastos Generales y el 6% de Beneficio Industrial, y aplicando al resultado el 21% de Impuesto sobre el Valor Añadido (I.V.A.), resulta un Presupuesto Base de Licitación de CUARENTA Y CUATRO MILLONES SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO MIL CIENTO CINCO EUROS CON OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS (44.665.105,83 €€).

7.3. Presupuesto para Conocimiento de la Administración

El Presupuesto total de la inversión para conocimiento de la Administración, según se detalla en el Anejo nº 26, tiene el siguiente desglose:

- Presupuesto Base de Licitación	44.665.105,83 €
- Expropiaciones e Indemnizaciones	0 €
- Dirección de Obra y Ensayos de Calidad	446.651,06 €
- Conservación del Patrimonio Histórico Andaluz	1.116.627,65 €
- **Presupuesto para Conocimiento de la Admón.**	**46.228.384,54 €**

Asciende el Presupuesto para Conocimiento de la Administración a la cantidad de CUARENTA Y SEIS MILLONES DOSCIENTOS VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (46.228.384,54 €)

7.4. Clasificación del Contratista

En cumplimiento de las consideraciones del artículo 54.1 de la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público, se propone que al Contratista que vaya a ejecutar las obras objeto del presente Proyecto se le exija la siguiente clasificación, de acuerdo con la justificación incluida en el Anejo nº 25:

GRUPO B. Puentes, viaductos y grandes estructuras

Subgrupo 2: De hormigón armado — Categoría (f)

GRUPO K. Especiales

Subgrupo 1: Cimentaciones especiales — Categoría (e)

7.5. Fórmula de Revisión de Precios

Según las disposiciones de los artículos 77 y siguientes de la Ley 30/2007 de Contratos del Sector Público, se propone la siguiente fórmula polinómica para las revisiones de precios a efectuar durante la ejecución de las obras, según la justificación incluida en el Anejo nº 28:

Fórmula nº 244: “Plataformas ferroviarias con preponderancia de túneles”, que es la siguiente:

$$K_t = 0{,}11 \cdot \frac{C_t}{C_0} + 0{,}11 \cdot \frac{E_t}{E_0} + 0{,}01 \cdot \frac{M_t}{M_0} + 0{,}03 \cdot \frac{P_t}{P_0} + 0{,}01 \cdot \frac{Q_t}{Q_0} + 0{,}06 \cdot \frac{R_t}{R_0} + 0{,}17 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0{,}03 \cdot \frac{X_t}{X_0} + 0.15$$

Esta fórmula será aplicable a todos los capítulos del Presupuesto.

8. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA Y ANEJOS

- MEMORIA
- ANEJOS A LA MEMORIA
  - Anejo 1: Antecedentes
  - Anejo 2: Características generales del proyecto
  - Anejo 3: Cartografía y topografía
  - Anejo 4: Geología y procedencia de materiales
  - Anejo 5: Efectos sísmicos
  - Anejo 6: Climatología e hidrología
  - Anejo 7: Inventario de edificios
  - Anejo 8: Explotación y superestructura ferroviaria
  - Anejo 9: Trazado geométrico
  - Anejo 10: Movimiento de tierras
  - Anejo 11: Drenaje y bombeo
  - Anejo 12: Estudio geotécnico y de túneles
  - Anejo 13: Auscultación y control
  - Anejo 14: Superestructura de vía
  - Anejo 15: Cálculo de estructuras
  - Anejo 16: Diseño arquitectónico de estaciones
  - Anejo 17: Urbanización e integración urbana
  - Anejo 18: Desvíos de tráfico
  - Anejo 19: Estudio ambiental y jardinería
  - Anejo 20: Reposición de servicios afectados
  - Anejo 21: Coordinación con otros organismos y servicios
  - Anejo 22: Expropiaciones e indemnizaciones
  - Anejo 23: Replanteo
  - Anejo 24: Plan de Obra
  - Anejo 25: Clasificación del Contratista
  - Anejo 26: Justificación de precios
  - Anejo 27: Presupuesto de Conocimiento de la Administración
  - Anejo 28: Fórmula de Revisión de Precios
  - Anejo 29: Plan de control de calidad
  - Anejo 30: Estudio de Seguridad y Salud
    - 1.- Memoria
    - 2.- Pliego de condiciones
    - 3.- Planos
    - 4.- Mediciones y presupuesto

DOCUMENTO Nº 2: PLANOS

- Plano nº 1: Situación e índice
- Plano nº 2: Plano de conjunto
- Plano nº 3: Planta general
- Plano nº 4: Perfil longitudinal
- Plano nº 5: Trazado de vía y replanteo
- Plano nº 6: Secciones tipo
- Plano nº 7: Perfiles transversales
- Plano nº 8: Drenaje
- Plano nº 9: Definición arquitectónica
- Plano nº 10: Superestructura de vía
- Plano nº 11: Estructuras
- Plano nº 12: Urbanización
- Plano nº 13: Desvíos de tráfico
- Plano nº 14: Reposición de servicios
- Plano nº 15: Medidas ambientales
- Plano nº 16: Obras complementarias

DOCUMENTO Nº 3: PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

- Parte 1ª: Introducción y generalidades
- Parte 2ª: Materiales básicos
- Parte 3ª: Movimiento de tierras
- Parte 4ª: Drenaje
- Parte 5ª: Superestructura de vía
- Parte 6ª: Estructuras
- Parte 7ª: Túneles, auscultación y tratamientos del terreno
- Parte 8ª: Urbanización
- Parte 9ª: Reposición de servicios afectados
- Parte 10ª: Medidas ambientales y jardinería
- Parte 11ª: Varios

DOCUMENTO Nº 4: MEDICIONES Y PRESUPUESTO

- 1.- Mediciones
- 2.- Cuadro de Precios nº 1
- 3.- Cuadro de Precios nº 2
- 4.- Presupuestos parciales
- 5.- Resumen del presupuesto

9. CONCLUSIÓN

Considerando que el presente Proyecto de Construcción de la Infraestructura y Urbanización de las Líneas 1 y 2 del Metro de Málaga, tramo: Guadalmedina – Atarazanas reúne todos los requisitos establecidos por la normativa vigente, se somete a la superioridad para su aprobación si procede.

Málaga, febrero de 2014

EL AUTOR DEL PROYECTO:

Fdo.: Juan de Dios Cruz Fernández
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos