



Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Desdoblamiento de la línea R3 de Cercanías a su paso por Montcada i Reixac

Treball realitzat per:

Clàudia Capdevila Vilaró

Dirigit per:

Javier Pablo Ainchil Lavin

Màster en:

Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Barcelona, 13 de juny 2017

Departament d'Enginyeria de la Construcció

TREBALL FINAL DE MÀSTER

Índice de documentos

DOCUMENTO 1: Memoria y anejos

DOCUMENTO 2: Planos

DOCUMENTO 3: Pliego de prescripciones técnicas particulares

DOCUMENTO 4: Presupuesto

DOCUMENTO 1

Memoria y anejos

MEMORIA

“Es planifica el transport, es programen les infraestructures” - Lluís Ubalde
Jornada sobre el futur de Rodalies. Col·legi de Camins, Canals i Ports de Catalunya
Abril 2017

Agradecimientos

En un trabajo académico como el que se presenta a continuación, considero que se debe empezar por agradecer; agradecer a todo el conjunto de profesores y profesionales del sector que han contribuido a hacer posible el presente Trabajo Final de Máster.

Empezaré por dar las gracias al tutor del trabajo, Javier Ainchil, Ingeniero de Caminos con una experiencia de más de 30 años en el sector de la construcción de infraestructuras ferroviarias.

A mis tutores de prácticas en Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC), Carles Casas y Adrina Bachiller. Ellos han sido cruciales en los capítulos del trabajo relacionados con el dimensionamiento y explotación de la línea; desde el diseño de la plataforma y superestructura hasta todo el conjunto de instalaciones ferroviarias. Muchas gracias por vuestras clases magistrales y por enseñarme tanto sobre el mundo ferroviario.

A Félix Martín, director de Rodalies de Catalunya, por la información proporcionada sobre la estación de Montcada Bifurcació.

Al profesor Gonzalo Ramos, por ayudarme en la planificación y programación de las obras a ejecutar.

A Raúl Giménez, del área de servicios informáticos de la UPC, un especial agradecimiento por su atención y dedicación en todo lo relacionado con el manejo del software Autocad Civil 3D.

Para acabar, a mis padres y familia. Ellos siempre están allí. Gracias !

Índice

1. RAZÓN DE SER Y ANTECEDENTES.....	6
2. DATOS DEL PROYECTO.....	8
3. OBJETO DEL PROYECTO.....	8
4. CONDICIONANTES GENERALES.....	9
4.1.- Marco geográfico.....	9
4.2.- Topografía.....	10
4.3.- Geología y geotecnia.....	10
4.4.- Climatología.....	11
4.5.- Hidrología y drenaje.....	11
4.6.- Entorno ambiental.....	12
5. CARACTERIZACIÓN DEL TRAZADO A DESDOBLAR.....	12
5.1.- Descripción del tramo 1.....	13
5.2.- Descripción del tramo 2.....	14
5.3.- Descripción del tramo 3.....	15
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	16
5.1.- Descripción de las alternativas.....	16
5.1.1.- Alternativa A: Duplicación básica de la vía actual.....	17
5.1.2.- Alternativa B: Desdoblamiento soterrado siguiendo el trazado en planta de la vía actual.....	18
5.1.3.- Alternativa C: Construcción de un nuevo túnel por el exterior del núcleo urbano.....	19
5.2.- Análisis de las alternativas planteadas.....	19
7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	22
7.1.- Trazado.....	22
7.2.- Túneles.....	23
7.3.- Estructuras.....	24
7.4.- Plataforma y superestructura.....	26
7.5.- Estaciones.....	27
7.6.- Tratamientos especiales del terreno.....	28
7.7.- Movimientos de tierras.....	28
8. EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES.....	29
9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	29
10. GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	29
11. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	30
12. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	30
13. PRESUPUESTO.....	30
14. PROPUESTA PARA LA LICITACIÓN.....	31
14.1.- Plan de obra y plazo de ejecución.....	31
14.2.- Forma de adjudicación.....	32
14.3.- Clasificación del contratista.....	32
14.4.- Fórmula de revisión de precios.....	32
15. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO.....	33
16. RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	35

1. RAZÓN DE SER Y ANTECEDENTES

La línea R3 (L'Hospitalet-Vic-Puigcerdà) destaca por ser la única de todo el sistema de Cercanías de Barcelona (RENFE) que no dispone de doble vía en la mayor parte de su trazado. La existencia de vía única representa una reducción importante de capacidad de circulaciones y compromete el nivel de servicio que se ofrece en dicha línea, suponiendo una pérdida importante de viajeros anualmente.

La línea que hoy en día se conoce como R3 se podría dividir en dos tramos bien diferenciados, tanto a nivel de características de trazado como de demanda de servicio: el tramo entre L'Hospitalet de Llobregat y Vic, y el de Vic a Puigcerdà. Para simplificar la nomenclatura, en el presente trabajo se hablará de R3 como el tramo de la línea entre L'Hospitalet y Vic.

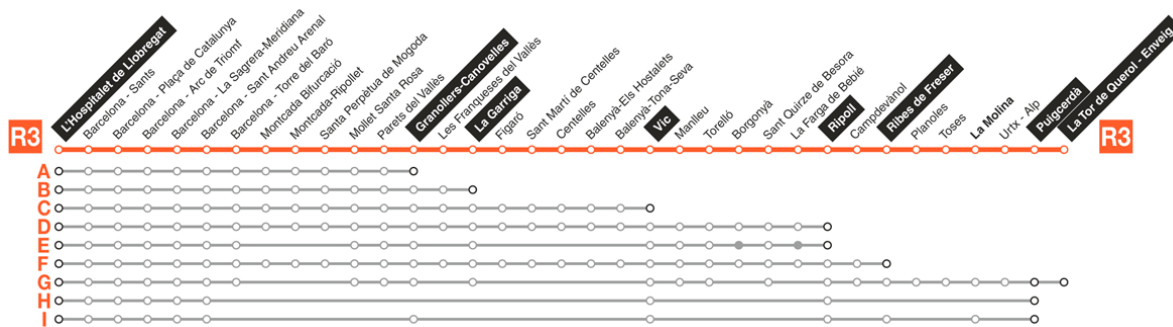


Fig 1.- Gráfico de los servicios actuales de la línea R3. Fuente: RENFE

Con una demanda de 23.000 viajeros diarios en días laborables (RENFE, marzo 2017), dicho tramo de la línea conecta los núcleos urbanos de la Catalunya central con los municipios de la primera y segunda corona del área metropolitana de Barcelona, pasando por las estaciones de Sant Andreu Arenal, La Sagrera, Arc de Triomf, Plaça Catalunya y Sants, hasta llegar a L'Hospitalet de Llobregat.

La línea R3 comparte la infraestructura ferroviaria de doble vía con los servicios de las líneas R4 y R7, con destino a Manresa y Lleida, y a Cerdanyola Universitat respectivamente, desde la estación de L'Hospitalet de Llobregat hasta Montcada Bifurcació, punto en el que se bifurcan. A partir de esta estación, la línea R3 sigue en dirección Vic en vía única, con tan solo vía doble en las estaciones para permitir el cruce de trenes.

La creciente demanda que se registra año tras año (Cercanías de Barcelona crece a un ritmo del 9,1%, según datos acumulados en marzo de 2017) y el insuficiente servicio actual hacen que la línea R3 se encuentre hoy en una situación de saturación progresiva con un nivel de servicio muy deficitario, que no se justifica con criterios de demanda.

El Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005 – 2020, en adelante PEIT, aprobado por acuerdo del Consejo de Ministros el 15 de julio de 2005, incluía como uno de sus ejes básicos de actuación el desarrollo de las redes de cercanías ferroviarias en las principales áreas metropolitanas del Estado, entre las cuales se contaba con la línea R3 de Barcelona a Vic.

En este contexto, el Ministerio de Fomento y Renfe han estudiado en reiteradas ocasiones la posibilidad de duplicación parcial de la línea. En el año 2008 se publicó el Estudio Informativo del proyecto de desdoblamiento entre Montcada y Vic, centrado en la duplicación estricta de la vía dada la elevada consolidación urbana y el gran valor medioambiental de las zonas que atraviesa. El proyecto incluía diferentes propuestas de alternativas de trazado para aquellos tramos dónde el estricto desdoblamiento era inviable, especialmente en el municipio de Montcada i Reixac.

Pero la propuesta del Ministerio no fue bien recibida por el Ayuntamiento de Montcada i Reixac, que presentó alegaciones al proyecto ya que consideraba que el desdoblamiento de la línea no sólo tenía que mejorar la conexión entre ciudades, sino que también tenía que servir para mejorar la integración del ferrocarril en el núcleo urbano de Montcada.

La principal reivindicación municipal en el proyecto de desdoblamiento de la línea R3 era el soterramiento en el tramo que atraviesa el barrio de Mas Rampinyo, una actuación clave que se enmarcaba en los acuerdos de colaboración entre Fomento, Adif y el Ayuntamiento.

Por otro lado, el desdoblamiento de la línea R3 figura como una actuación de mejora de la red estatal de ferrocarriles en el Pla Director d'Infraestructures de la Regió Metropolitana de Barcelona (PDI), tanto en el documento del período 2001-2010 (actuación XE05) como en el del período 2011 – 2020 (actuación XE04).

Cabe destacar que en el primero de ellos se incluía solamente el desdoblamiento parcial de la línea entre las estaciones de Montcada Bifurcació y La Garriga. Pero ya en el siguiente la actuación contempla la segunda fase de la operación hasta llegar a Vic, suponiendo una obra de 59 km de longitud y beneficiando a 13 estaciones de pasajeros. Con dicha actuación se preveía aumentar la capacidad de la línea y potenciar el servicio de cercanías entre las comarcas del Vallès Occidental, Vallès Oriental y Osona.

Relacionado con la actuación de desdoblamiento de la línea, el PDI 2001-2010 preveía además el soterramiento parcial de las vías a su paso por el barrio de Mas Rampinyo de Montcada i Reixac, obra que en el siguiente PDI no se contemplaría.

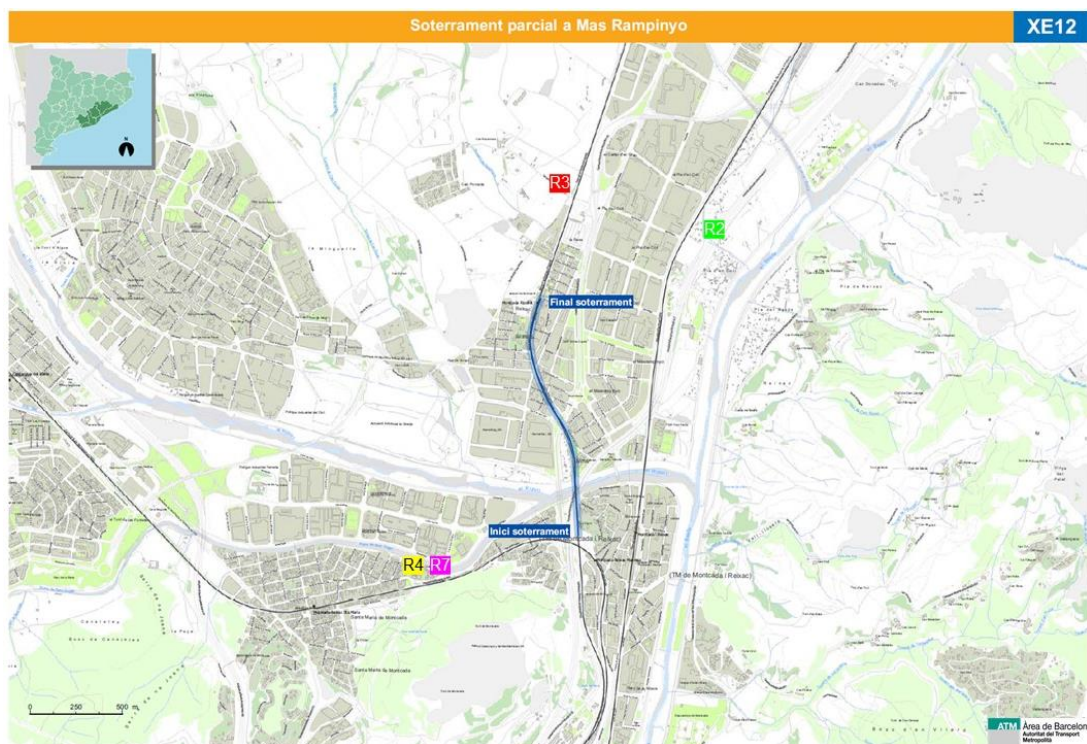


Fig 2.- Soterramiento de la línea R3 a su paso por el barrio de Mas Rampinyo (actuación XE12).
Fuente: PDI 2001-2010.

La línea R3 atraviesa el municipio de Montcada i Reixac transversalmente, por el interior y sin una buena integración al tejido urbano. La falta de permeabilidad de la vía férrea crea un efecto barrera entre distintas zonas del municipio, además de comprometer gravemente la seguridad de los habitantes por su recorrido en superficie y la proximidad de los edificios circundantes.

Los múltiples pasos a nivel presentes a lo largo del trazado han sido objeto de importantes reivindicaciones vecinales, lo que se ha resuelto con soluciones temporales que no dan respuesta al real problema urbanístico que representa el paso del ferrocarril por el núcleo urbano de Montcada i Reixac.

Además, el sinuoso trazado por el interior de Montcada i Reixac, con curvas de radio inferior a 500m, implica importantes limitaciones de velocidad si se quiere garantizar una explotación segura, lo que representa una gran pérdida en el tiempo de viaje para los usuarios.



Fig 3.- La línea R3 a su paso por Montcada i Reixac. Fuente propia

En este contexto, se ha decidido estudiar y analizar las alternativas de desdoblamiento de la actual infraestructura en el tramo de la línea R3 correspondiente al núcleo urbano de Montcada i Reixac, un auténtico cuello de botella para el proyecto de desdoblamiento de la línea en vistas de mejora del actual servicio ferroviario.

2. DATOS DEL PROYECTO

NOMBRE DEL PROYECTO: Desdoblamiento de la línea R3 de Cercanías a su paso por Montcada i Reixac

AUTORA DEL PROYECTO: Clàudia Capdevila Vilaró

ESTUDIOS: Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos (UPC)

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO: Montcada i Reixac (Vallès Occidental)

3. OBJETO DEL PROYECTO

En un municipio con un importante nivel de consolidación urbana, fragmentado por las múltiples infraestructuras de comunicación (autopistas, carreteras y ferrocarriles), situado entre dos turones y dos ríos, a las puertas del Área Metropolitana de Barcelona, se plantea el desdoblamiento de una de las líneas férreas que discurren en superficie por el núcleo urbano de Montcada i Reixac.

El objetivo del presente Trabajo Final de Master es estudiar las diferentes alternativas que presenta el contexto territorial y social en el cual se enmarca el proyecto de desdoblamiento con el fin de dimensionar la futura infraestructura ferroviaria de vía doble, buscando un resultado aceptable desde el punto de vista urbanístico y del bienestar de los habitantes de Montcada i Reixac, además de cumplir los criterios económicos y ambientales que se considerarán en todo proyecto constructivo.

De esta manera, el presente proyecto busca definir las actuaciones necesarias que se deberán llevar a cabo para la ejecución de la dimensionada infraestructura, de manera que se consiga disturbar en el menor grado posible el servicio ferroviario de la misma línea R3, así como en el resto de líneas que discurren próximas a ésta.

El proyecto también se ve especialmente condicionado por la proximidad de la vía a las viviendas colindantes y el escaso espacio disponible, hecho que ha representado históricamente importantes dificultades en la redacción del proyecto constructivo.

El presente trabajo se centra en el tramo que corresponde a los límites del término municipal de Montcada i Reixac, lo que representa una longitud de unos 5 km entre las estaciones de Montcada Bifurcació y Montcada Ripollet, hasta llegar a la Riera Seca antes de adentrarse a La Llagosta.

Así pues, el propósito primero del presente trabajo es el desdoblamiento de la actual vía única, lo que implica el dimensionamiento del trazado geométrico, de las estructuras que soportaran dicho trazado y de la plataforma y superestructura de la vía, así como de las estaciones y los tratamientos especiales que se deben prever en el terreno para una construcción segura.

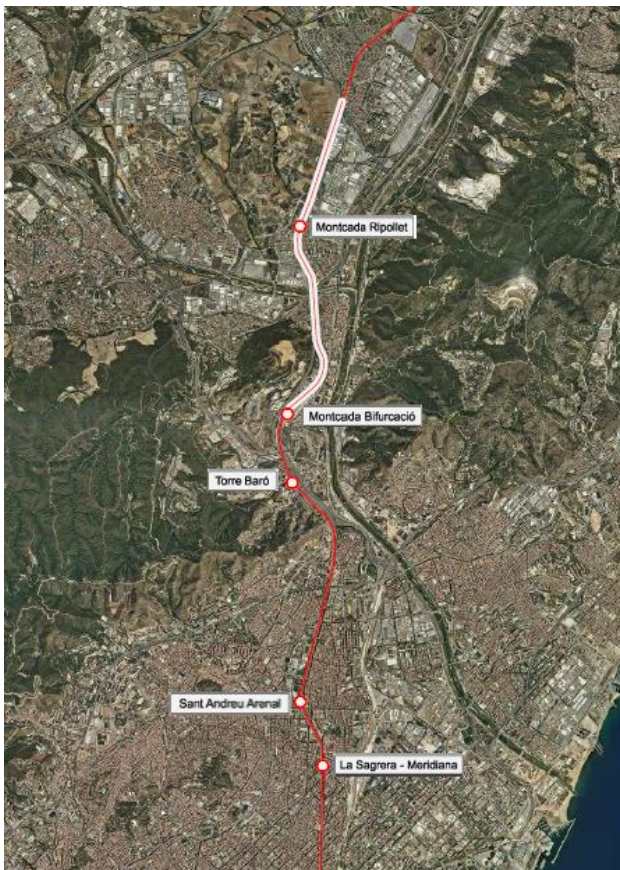
No es objeto del presente trabajo la urbanización de los terrenos que se liberarán fruto del desdoblamiento de la línea. Dichos terrenos quedarán pendientes de un posterior convenio entre ADIF y el mismo Ayuntamiento de Montcada i Reixac.

4. CONDICIONANTES GENERALES

4.1.- Marco geográfico

Montcada i Reixac es un municipio de la comarca del Vallès Occidental perteneciente al Área Metropolitana de Barcelona. Tiene 35.000 habitantes, una superficie de 24 km² y una densidad de población de 1491,09 hab./km². Está ubicado en el valle bajo del río Besos entre la sierra de Collserola y la de Marina, al norte de la ciudad de Barcelona.

Hasta bien entrado el siglo XIX, el municipio tenía como única división territorial la producida por el Turó de Montcada y los ríos que atraviesan el territorio, el Besòs, el Ripoll y la riera de Sant Cugat. Pero debido a su estratégica situación, a la salida natural de Barcelona hacia el noroeste del país, ha visto como a partir de la construcción de la primera línea de ferrocarril su estructura física ha ido cambiando, pasando de cuatro núcleos históricos a los diez núcleos de población que se han ido configurando en las últimas décadas.



En cuanto a la infraestructura viaria, Montcada i Reixac presenta diferentes ejes viarios principales, como las autopistas C-58 y C-33, y la carretera C-17. Aunque estas infraestructuras permiten una buena conexión con el resto de municipios de su entorno, suponen una barrera urbanística que fractura los diferentes barrios del municipio, creando discontinuidades y pérdida de conexión entre las diferentes zonas.

Además, algunas de estas infraestructuras viarias que atraviesan el municipio no tienen ni entradas ni salidas en el mismo, hecho que agrava aún más la situación ya que los propios habitantes no pueden acceder a una infraestructura que viven de muy cerca.

En cuanto a la red ferroviaria, son cuatro las líneas que dan cobertura al territorio a través de las cinco estaciones de Cercanías Renfe que se encuentran dentro de los límites municipales de Montcada i Reixac, además de la estación de metro de la línea L11 a Can Cuiàs.

Fig 4.- Localización geográfica de la línea R3 y del tramo objeto de estudio. Elaboración propia

Las estaciones de la red de Cercanías de Renfe son:

- Montcada Bifurcació, situada en el barrio de Can Sant Joan, paran las líneas R3, R4 y R7
- Montcada i Reixac Manresa, situada en el barrio de Montcada Centre, con las líneas R4 y R7
- Montcada i Reixac, situada también en el barrio de Montcada Centre, con parada de la línea R2
- Montcada i Reixac Santa Maria, situada en Terra Nostra, donde paran las líneas R4 y R7
- Montcada-Ripollet, situada en el barrio de Mas Rampinyo, son parada de la línea R3

4.2.- Topografía

Se han realizado varias visitas de reconocimiento de los terrenos por las que discurre la actual línea R3, para conocer y descubrir el contexto topográfico en el que se enmarca el proyecto, y así poder soluciones adaptadas a éste.

Para la redacción del presente trabajo y el diseño de la nueva infraestructura ferroviaria se han utilizado las bases cartográficas disponibles y de libre acceso del Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC) y la facilitada por el Departamento Territorial del Ayuntamiento de Montcada i Reixac, elaborada por el organismo del Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB).

A lo largo del tramo objeto de estudio se observan tres zonas bien diferenciadas desde el punto de vista topográfico; en primer lugar, la línea discurre entre el Turó de Montcada y el Turó Fermí, en un terreno irregular ocupado por el barrio de Montcada Centre, las carreteras C-17 y C-33 y las líneas de ferrocarril de las líneas R4 y R7. En segundo lugar, una vez cruzado el río Ripoll, la línea se adentra al barrio de Mas Rampinyo, una zona mayoritariamente plana, pero con algunos pequeños pendientes y con una tendencia ascendente hasta llegar al Pla de Reixac. El tercer tramo de la línea se caracteriza por ser una vasta zona completamente llana, sin ningún cambio de pendiente, hasta llegar a la Riera Seca.

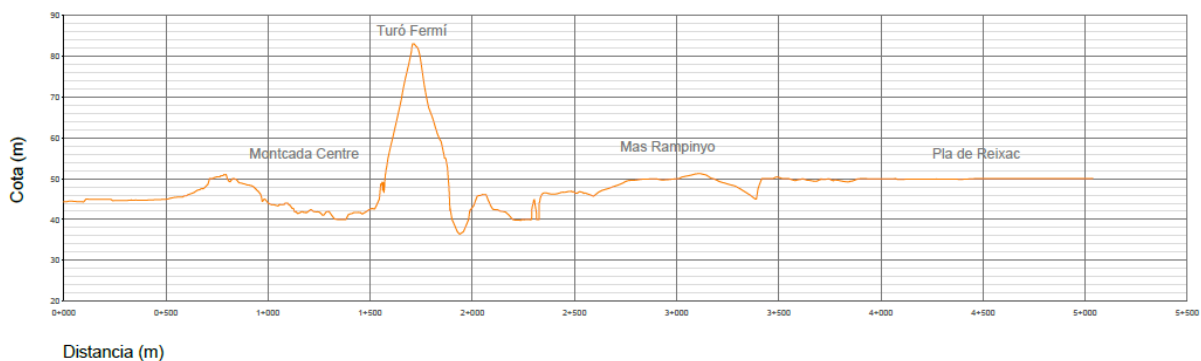


Fig 5.- Perfil longitudinal del terreno por el que discurre la actual línea R3. Elaboración propia

4.3.- Geología y geotecnia

Al tratarse de un proyecto académico, no se dispone de los recursos necesarios para la ejecución de campañas geotécnicas de campo ni ensayos de laboratorio para analizar las características del suelo de la zona, como se haría en un proyecto profesional. En este contexto, se ha decidido llevar a cabo el estudio geológico y geotécnico de la zona a partir de la recopilación de la información existente facilitada por los distintos institutos geológicos de este país.

Geológicamente el trazado estudiado atraviesa la unidad de la Depresión del Vallès – Penedès, en dirección NE-SO. La fosa tectónica de la Depresión del Vallès-Penedés separa la Cordillera Prelitoral Catalana de la cadena litoral Costero Catalana. La orientación de la fosa viene condicionada por el predominio de fallas de dirección NNE-SSO, que forman sus límites principales, aunque también las fallas de dirección NO-SE constituyen un elemento estructural importante en su evolución.

Los materiales de la zona de proyecto corresponden básicamente a dos edades, cuaternario y neógeno, aunque también se halla una gran zona de rocas intrusivas tardohercinianas. Los materiales cuaternarios aflorantes son muy recientes; su origen se encuentra fundamentalmente asociado a la actividad fluvial del

río Besòs, Caldas, Penas, Congost y a los arroyos y rieras tributarias de estos ríos. Hay también materiales cuaternarios asociados a la actividad humana denominados antropogénicos.

En las primeras capas del terreno se encuentra básicamente materiales correspondientes a la terraza aluvial: sedimentos arenosos, gravosos y lutíticos, que se atribuyen al plioceno. El Turó Fermí, atravesado por la actual línea, está compuesto por rocas magmáticas paleozoicas. En las zonas más profundas se hallan rocas sedimentarias paleozoicas, concretamente pelitas pizarrosas y areniscas.

Para acabar, en la zona de Mas Rampinyo y de Pla de Reixac se halla la zona de abanicos y llanura aluvial de la Riera de las Arenas, lo que se atribuye a la etapa del Plistoceno. Se trata de los materiales más recientes e incluyen los fondos de las rieras y la gran terraza aluvial, cuya altura sobre el techo del río no excede de los 6 a 8 metros, es decir, aproximadamente de 3 a 5 metros sobre el cauce actual del río.

Se trata normalmente de cantos rodados heterométricos de distinta naturaleza, entre ellos de pizarra, roca graníticas y areniscas con matriz arenosa y sin cementar.

4.4.- Climatología

El municipio de Montcada i Reixac se encuentra en la zona climática del Mediterráneo Litoral Central, caracterizada por un clima mediterráneo, de pluviometría irregular y estacional, con inviernos húmedos y templados, y veranos secos y calurosos.

La temperatura media mensual oscila entre los 23.3 °C y los 8.0 °C. Durante los meses de verano las temperaturas medias se sitúan ligeramente por encima de los 20 °C, mientras que en invierno se sitúan alrededor de los 8 °C.

En el marco de un proyecto constructivo en el que se prevé hormigonar, es interesante conocer las temperaturas mínimas que se pueden alcanzar en invierno, para verificar que éstas no son inferiores a los -5°C. En el caso de Montcada i Reixac, las características del clima litoral hacen que las temperaturas mínimas absolutas puedan llegar hasta los -4.7 °C (febrero de 2012), aunque como valor promedio las temperaturas mínimas anuales se presentarán alrededor de los -2 °C.

Dichas temperaturas serán causantes de heladas, lo que podría llegar a paralizar la obra y provocar retrasos importantes si no se han previsto las medidas necesarias con antelación. Pese a estos datos, la climatología litoral mediterránea no presenta frecuentemente este tipo de temperaturas por su cercanía al mar. Dichas heladas pueden producirse entre los meses de noviembre y marzo, pero en la mayoría de casos se producen en los meses de enero o febrero.

4.5.- Hidrología y drenaje

Se ha realizado un estudio hidrológico con el fin de determinar el caudal de referencia para los distintos periodos de retorno y en una cuenca concreta que permita dimensionar el sistema de drenaje transversal y longitudinal de la infraestructura ferroviaria.

La Agencia Catalana del Agua (ACA) divide la red hidrográfica catalana en siete cuencas hidrográficas. Según esta demarcación territorial, la cuenca que afecta al presente proyecto es la cuenca hidrográfica interna del Sistema Central, concretamente la del río Besòs.

Para el cálculo del caudal de diseño, se requieren los datos pluviométricos que describen los comportamientos hidrológicos del territorio. Para ello, se han utilizado los datos pluviométricos de la estación del Observatorio Fabra, disponibles en el sitio web del Meteo Cat.

La precipitación mensual media en la zona de proyecto no presenta valores muy elevados, con un máximo de 73.8 mm al mes. Sin embargo, dadas las características de la zona climática, se pueden producir lluvias torrenciales que pueden llegar a los 95.3 mm en 24h o incluso a valores de 43.7 mm en 1h.

Para el cálculo del caudal máximo, se ha utilizado el método hidrometeorológico propuesto por la A.C.A. en las "Recomendaciones Técnicas para los estudios de inundabilidad de ámbito local" junto con los métodos de la Instrucción 5.2-IC.

Cabe destacar que, al tratarse de un trazado mayoritariamente subterráneo, no se ha detectado un riesgo de inundación elevado en ningún tramo de la futura infraestructura ferroviaria.

4.6.- Entorno ambiental

El trazado de la línea R3 que se propone en el presente trabajo discurre próximo a diversos Espacios Naturales Protegidos (ENP) de alto valor faunístico catalogados con distintas figuras de protección, ya sea de ámbito regional o autonómico como son los Parques Naturales gestionados por el *Àrea d'Espais Naturals* de la Diputació de Barcelona o los que forman parte de la *Pla d'Espais d'Interès Natural de Catalunya* (PEIN), e incluso de ámbito europeo como son las *Zonas de Especial Protección para las Aves* (ZEPA) y los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC).

El proyecto ferroviario que se plantea en el presente trabajo no afecta directamente a ningún espacio protegido, pero sí que discurre cerca del LIC Río Congost.

Por otro lado, en el último tramo del trazado, la línea discurre por el Pla de Reixac, un entorno natural agroforestal situado al norte del municipio de Montcada i Reixac. Este territorio se había basado tradicionalmente en la agricultura, y la ganadería, a partir de 1917, Montcada i Reixac sufrió una importante industrialización llegando a ocupar el 70% de la población activa.

A pesar del fuerte crecimiento urbanístico, y quedar rodeado por los municipios de Ripollet, Barberà, Sta. Perpetua de la Moguda y La Llagosta, roto por polígonos industriales, el ferrocarril y la autopista, y la fuerte caída de la agricultura y la ganadería, el entorno natural agroforestal Pla de Reixac consigue llegar al día de hoy manteniendo los usos agrícolas en buena parte del territorio y con los campos de cereales como escaparate del paisaje actual.



Fig 6.- Zona de Montcada Centre. Fuente: Lafarge



Fig 7.- Pla de Reixac. Fuente: Observatorio de Montcada

5. CARACTERIZACIÓN DEL TRAZADO A DESDOBLAR

Antes de empezar a diseñar las diferentes opciones que surgen para el desdoblamiento de la actual vía única, es importante tener en cuenta las características del actual trazado, y no tan solo a nivel de características geométricas de la vía y de la plataforma ferroviaria, sino que también se deben tener en cuenta las características del territorio por el que transcurre la línea R3, así como las necesidades sociales y de movilidad de los ciudadanos de dicha zona.

Como ya se ha explicado anteriormente, el presente trabajo se centra exclusivamente en uno de los tramos de lo que sería el proyecto global de desdoblamiento de la línea R3 entre Barcelona y Vic: el tramo que corresponde al término municipal de Montcada i Reixac. Si tomamos como referencia los puntos kilométricos del actual trazado, se analizará el tramo comprendido entre el PK 9+148 (estación Montcada Bifurcació) y el PK 14+300 (justo antes de cruzar la Riera Seca y adentrarse al término municipal de La Llagosta).

Según estas consideraciones, el trazado a estudiar se divide en tres tramos con propiedades bien diferenciadas:

- **Tramo 1:** desde el límite sur de Montcada i Reixac con Barcelona, cruzando el barrio de Can Sant Joan, dónde se encuentra la estación de Montcada Bifurcació hasta llegar a la zona de Montcada Centre. Una vez atravesado el centro de la ciudad, dicho tramo finaliza justo antes de cruzar el río Ripoll, a la altura de la Avenida Mossèn Joaquim Castellví.
- **Tramo 2:** una vez franqueado el río Ripoll, la línea R3 se adentra al barrio de Mas Rampinyo hasta llegar a la estación de Montcada Ripollet.
- **Tramo 3:** desde la calle Lloret, justo después de Montcada Ripollet, hasta el límite norte de Montcada i Reixac, con La Llagosta.

5.1.- Descripción del tramo 1



Fig 8.- Tramo 1 del trazado a desdoblarse. Elaboración propia.

El primer tramo tiene una longitud de 2km, desde la estación de Montcada Bifurcació hasta el río Ripoll, y transcurre a través del barrio de Can Sant Joan y el de Montcada Centre.

Can Sant Joan es el tercer sector urbano en cuanto a número de habitantes. La geografía del barrio representa problemas evidentes de movilidad para sus habitantes, especialmente para los desplazamientos que se hacen a pie.

Es por esto que una buena oferta de transporte público es fundamental para el desarrollo del barrio y la comunicación de sus habitantes con los territorios colindantes, especialmente con el centro de Montcada i Reixac.

En este sentido, las soluciones de desdoblamiento de la línea R3 deberán tener especial consideración con la oferta de servicio ferroviario que se debe prestar en este barrio.

A la salida de la estación de Montcada Bifurcació se encuentra, a mano izquierda recorriendo la vía en sentido Vic, los terrenos de la fábrica de cemento Lafarge SA, con una superficie de 67.000 m², y en plena actividad.

Para el diseño de las diferentes alternativas de trazado, debemos tener presente que dicha fábrica está y estará (de momento) en actividad. Aun así, una opción que podremos tener en cuenta es la de ejecutar una expropiación temporal y/o definitiva de algunos de los terrenos correspondientes a la empresa Lafarge. De hecho, si analizamos la distribución de dicha parcela, vemos que las principales instalaciones y mecanismos de la fábrica se encuentran concentradas en la zona sur y próximos a la autopista, quedando la zona más libre y el parking en la zona norte más cercana a las vías férreas. Además, es a la altura de esta última zona dónde finaliza la doble vía y empieza la vía única de la línea R3.

Una vez bordeado todo el límite de la parcela de la fábrica, la vía férrea va a buscar la traza de la carretera C-17 hasta situarse paralela a ésta. Siguiendo paralela a la C-17 durante unos 450m, la vía adopta una sección en terraplén, delimitada de un lado por el muro de sostenimiento de la C-17, y por el otro, las parcelas edificadas de la calle Balmes. En este tramo, la anchura máxima es de 5,8m, medida entre el muro y el límite de la parcela.

El problema del escaso terreno disponible en superficie y de la empinada geografía de la zona convierten el desdoblamiento de dicho tramo en un verdadero desafío.

En direcció al barri de Mas Rampinyo i abans de franquejar el riu Ripoll, el traçat de la línia R3 se troba a la seva travessia amb el Turó Fermí, conegut popularment com el Turó de Vista Rica. Es tracta d'una petita collada de 80m d'altitud, travessada actualment pel túnel de via única de la R3, de 170m de longitud i a una cota de 50m.

5.2.- Descripció del tram 2

El desdoblament del tram 2 objecte del present treball comprèn 1,5km de longitud que transcorren íntegrament pel barri de Mas Rampinyo, des del riu Ripoll fins al límit amb l'Àrea Residencial Estratègica de Mas Duran, al nord.

Una vegada creuat el riu Ripoll, la línia R3 limita el Polígon Industrial Foinvasa, deixant darrere, a mà dreta, l'Institut Públic Montserrat Miró i Vilà. Amb una suau pendent ascendent el ferrocarril passa per sobre de la C-17, i seguidament de la carrer Ferrer i Guardia, configurant un pas inferior d'un sol carril per vehicles (sense andenes).

Ja en ple barri de Mas Rampinyo, el traçat segueix una tendència descendent, en secció terraplèn entre les carreres Carrerada, Tagamanent i Aragó. En aquest tram hi ha quatre punts per creuar les vies del tren; el primer d'ells es troba al creuament entre la Ctra. de Ripollet i l'Avinguda Catalunya, on hi ha un pas soterrani per peatons amb escales mecàniques per pujar. Destacar que dos ascensors seran instal·lats properament per fer accessible aquest pas a les PMR. Els altres punts de creuament es troben a l'estació de Montcada Ripollet, on s'han de creuar les vies a nivell, a la carrer Estanislao Abadal, abans per vehicles i actualment tancat i només habilitat per peatons, i finalment a la carrer Lloret, un pas soterrani per vehicles i arcenes per peatons.

El barri de Mas Rampinyo es troba ja a la plana del Vallès, al costat oest de la carretera C-17. Com es pot apreciar a la foto aèria (Fig8), el barri presenta un teixit urbà organitzat en forma d'ensamblament, el qual queda dividit en dos parts pel pas de la via fèrrea de la R3. Compta també amb l'estació de Montcada Ripollet de la línia.



Fig 9.- Tram 2 del traçat a desdoblament. Elaboració pròpia.

El present barri representa el segon sector urbà amb una major concentració de població. Entre els anys 2006 i 2010, període de crisi econòmica, Mas Rampinyo va ser el barri que va experimentar un major augment de habitants, degut en part a les noves edificacions que s'havien construïdes. Actualment disposa d'una oferta variada d'equipaments, així com una escola per cada etapa de l'educació obligatòria i un Centre d'Atenció Primària (CAP).

La proximidad de las vías del tren al límite de los edificios, el trazado por medio del núcleo urbano y la falta de pasos superiores o inferiores seguros, conduce a una falta de permeabilidad de la infraestructura sobre el territorio, hecho que conduce a un problema relacionado con el efecto barrera.

Es por esto que una de las reivindicaciones municipales en el proyecto de desdoblamiento de la línea R3 es el soterramiento de las vías del tren a su paso por el barrio de Mas Rampinyo. En este sentido, la solución que aporte cada una de las alternativas para el desdoblamiento en este tramo será determinante para la elección de propuesta más óptima, ya que ésta es una de las mayores urgencias que padece actualmente el municipio y a la cual debe darse respuesta junto con el proyecto de desdoblamiento de la línea R3.

Con el soterramiento de la línea se mejoraría la permeabilidad del barrio, creando nuevos ejes de comunicación entre puntos actualmente aislados por la infranqueable vía férrea, como es la conexión entre la Av.Catalunya y la crta. de Ripollet. El barrio necesita mejorar su conectividad viaria y ferroviaria, principalmente motivada por el uso residencial del suelo pero también por la actividad comercial, de un lado en la Av.Catalunya y del otro en el centro comercial Mas Rampinyo, detrás de los terrenos de la estación de Montcada Ripollet.

Finalmente, una vez superada Montcada Ripollet, a la parte oeste de la vía se encuentra una gran zona de aparcamiento, de 320m de longitud y una capacidad de 240 vehículos. Según varias visitas de campo que hemos realizado, hemos podido comprobar que la demanda de aparcamiento de esta instalación no es muy elevada, hecho que nos lleva a pensar que parte de dicha zona podría utilizarse para la instalación de la base de obras o de almacenaje de material para la obra.

5.3.- Descripción del tramo 3

El último tramo objeto de estudio comprende 1,6 km de longitud, entre el barrio de Mas Rampinyo de Montcada i Reixac y el municipio de La Llagosta, pasando por el Pla de Reixac.

El último tramo transcurre íntegramente por un terreno categorizado como suelo urbanizable no delimitado, conocida como el Pla de Reixac. En ella se encuentra el Área Residencial Estratégica de Mas Duran, una zona en la que se quiere optar por el desarrollo territorial siguiendo estrategias urbanas enfocadas al reciclaje del suelo urbano ya existente, cohesionando, rehabilitando y compactando usos complejos.



Fig 10.- Tramo 3 del trazado a desdoblarse. Elaboración propia.

El entorno natural agroforestal del Plan de Reixac, espacio de 450 hectáreas forma parte del conector biológico que une las cordilleras Prelitoral desde el Farell hasta la Cordillera Litoral, en la cordillera de la

Marina. Podemos observar como éste aún mantiene parte de su riqueza y potencial de naturaleza y patrimonio, y que a pesar del fuerte crecimiento urbanístico y las continuas agresiones patrimoniales y medioambientales, conserva importantes elementos de interés natural que merece la pena conservar, más aún dentro del contexto geográfico de la zona suroeste del Vallés Occidental, especialmente densificada demográficamente.

La línea R3 de ferrocarril transcurre por este particular paisaje siguiendo una alineación completamente recta, en sección a cielo abierto y a nivel del terreno natural, durante aproximadamente 1.100m, a una cota de 50m. Es importante destacar que ésta es la misma cota en la que se encuentra la boca del túnel para franquear el Turó Fermí.

Según el diagnóstico de la situación actual que se ha realizado para la redacción del presente trabajo, no se ha detectado especial necesidad para el soterramiento de la traza ferroviaria en dicho tramo.

No obstante, éste podría verse justificado en el sí del proyecto global de desdoblamiento de la línea R3, si tenemos en cuenta el trazado más allá de los límites del término municipal de Montcada i Reixac, ya que daría continuidad a la necesidad de soterramiento que existe actualmente tanto en el tramo precedente, a través del barrio Mas Rampinyo como acabamos de ver, como en el que le sucede, a través de los núcleos urbanos de La Llagosta y de Santa Perpetua de la Mogoda.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El objeto del presente capítulo es describir y analizar las diferentes alternativas de trazado que se plantean para el desdoblamiento de la actual línea R3, desde la salida de la estación de Montcada Bifurcació (punto en el que finaliza actualmente la doble vía), hasta el extremo norte del término municipal de Montcada i Reixac, justo antes de cruzar la Riera Seca y adentrarse a La Llagosta.

En base a una serie de criterios, agrupados en cuatro categorías (económicos, de movilidad, sociales y medioambientales) se analizan cada una de las alternativas planteadas, para acabar determinando de manera razonada cuál de ellas resulta ser la solución más óptima.

Junto al estudio de alternativas de trazado, se realiza en paralelo un estudio de las diferentes alternativas constructivas que se plantean para la ejecución de las obras de desdoblamiento, ya que el entorno en el que se enmarca dicho proyecto es especialmente sensible; de un lado, se deberá encontrar la solución que permita realizar las obras con el menor impacto sobre el entorno urbano, muy denso y cercano a la actual vía. De otro, al encontrarse varias vías de distintas líneas de Renfe muy próximas las unas de otras, se deberá estudiar la mejor solución para minimizar las afecciones sobre el servicio ferroviario que éstas ofrecen, además del resto de estratégicas infraestructuras de comunicación que discurren por la misma zona.

5.1.- Descripción de las alternativas

En base a las características del trazado que se vienen de detallar, el presente trabajo plantea una serie de soluciones con el objetivo último de desdoblar la actual vía única de la línea R3 de Cercanías, pero buscando a su vez multiplicar al máximo los beneficios de dicha operación. De esta manera, se han diseñado tres alternativas de trazado doble en base a los siguientes objetivos:

- Eliminar o reducir el efecto barrera que representa actualmente el paso de la línea R3 por el municipio, especialmente en el barrio de Mas Rampinyo
- Mejorar el intercambio entre las diferentes líneas de Renfe que atraviesan Montcada i Reixac
- Facilitar la intermodalidad entre diferentes sistemas de transporte
- Mejorar la seguridad de los habitantes de Montcada i Reixac
- Evitar las expropiaciones de terrenos, ya sean de suelos rústicos o urbanos
- Minimizar el impacto medioambiental fruto de la construcción de la nueva infraestructura
- Optimizar el coste económico del proyecto

Aunque se haya dividido el trazado en tres tramos bien diferenciados, se estudiarán las diferentes soluciones teniendo en cuenta la globalidad del trazado, ya que la solución que se considera para un tramo

implica automáticamente la del siguiente. Así pues, no existen alternativas para cada tramo de manera independiente, sino que se plantean diferentes alternativas para el trazado completo entre el actual PK 9+148 y el PK 14+300.

Las alternativas planteadas son tres:

- **Alternativa A:** Duplicación básica de la vía
- **Alternativa B:** Desdoblamiento soterrado siguiendo el trazado en planta de la vía actual
- **Alternativa C:** Construcción de un nuevo túnel por el exterior del núcleo urbano de Montcada

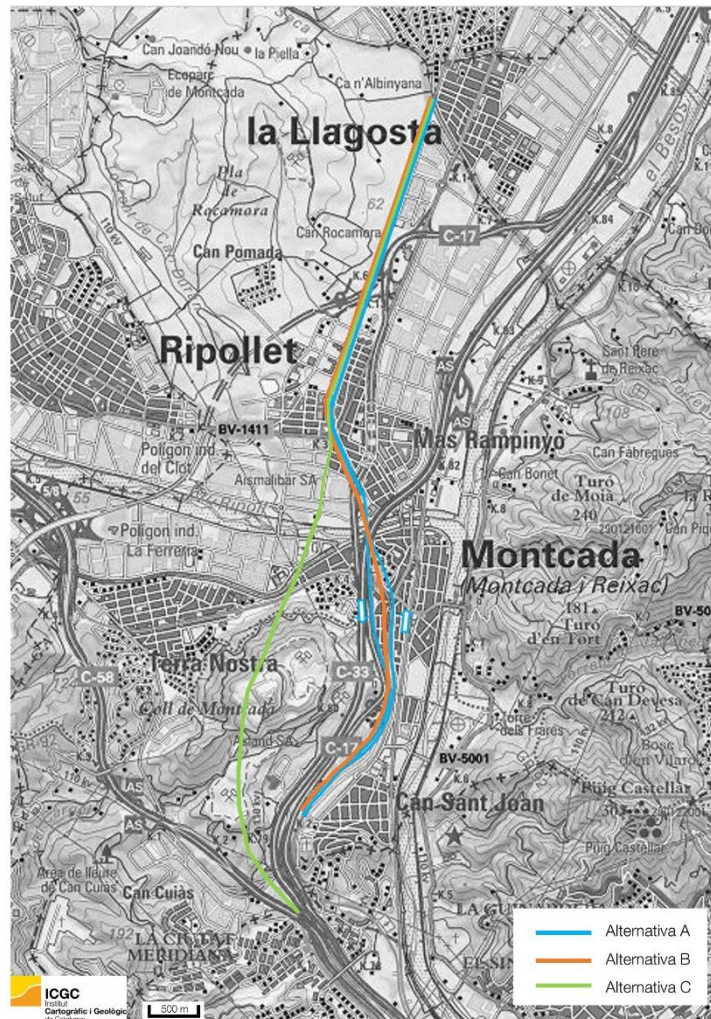


Fig 11.- Alternativas de trazado planteadas para el desdoblamiento de la línea R3. Elaboración propia.

5.1.1.- Alternativa A: Duplicación básica de la vía actual

La primera de las alternativas que se propone consiste en duplicar la vía actual de manera “básica”, buscando aprovechar en la medida de lo posible la infraestructura ya existente

Tal y como se ha descrito en el anterior capítulo, en el primer tramo resulta completamente inviable desdoblamiento la línea R3 en paralelo a la vía única actual, ya que no existe espacio suficiente para ampliar la plataforma ferroviaria existente, delimitada por el muro de la C-17, y por las viviendas de la calle Balmes, además en desmonte respecto la vía, por el otro lado. En vistas a las dificultades que presenta el territorio por absorber una nueva vía férrea en superficie, en este primer tramo se propone desdoblamiento la línea utilizando las infraestructuras férreas ya existentes.

En el barrio de Mas Rampinyo, se propone construir un tramo de 530 m en sección trinchera entre pantallas, de manera que en el punto más bajo de la rampa, a la altura de la Av.Catalunya, se pueda construir un paso superior, que permita comunicar dicha avenida con la Crta. de Ripollet.

En el resto de trazado, se propone ampliar la plataforma ferroviaria actual para el desdoblamiento de la línea actual.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de la propuesta A:

Tramo a desdoblarse a cielo abierto	2.200 m
Tramo a desdoblarse en falso túnel o trinchera	530 m
Viaducto de vía única	100 m
Viaducto de vía doble	43 m
Tramo de túnel excavado en mina	350 m
Longitud total objeto de desdoblamiento	3.223 m

En el Anejo 6 se detallan las principales ventajas e inconvenientes de esta propuesta.

5.1.2.- Alternativa B: Desdoblamiento soterrado siguiendo el trazado en planta de la vía actual

Una vez analizada la primera propuesta de trazado, y considerando el diagnóstico de la situación actual realizado, se han querido estudiar las posibilidades que ofrece el entorno para dimensionar una segunda alternativa de duplicación de la línea que permita, a su vez, mejorar los puntos débiles de la primera.

El principal punto débil que quedaría sin resolver con la primera alternativa es el efecto barrera que provoca la vía férrea a su paso por el barrio de Mas Rampinyo. El soterramiento de la línea R3 ha sido, y continúa siendo, la principal reivindicación municipal en el proyecto de desdoblamiento de la línea y, por lo tanto, un elemento que puede ser clave e imprescindible para la aceptación del proyecto por parte del Consistorio.

Para ello, se propone la construcción de un nuevo túnel para travesar no solamente Mas Rampinyo, sino todo el núcleo urbano de Montcada, para así dar solución al desdoblamiento por el dificultoso primer tramo a través de Montcada Centre. Como ya se ha explicado anteriormente, esta zona no ofrece ninguna posibilidad de desdoblamiento de la línea R3 en superficie, con lo que el túnel parece ser una buena solución a dicho problema.

El túnel será excavado con tuneladora TBM EPB y tendrá una longitud de aproximadamente 3km.

La rampa de acceso al túnel empieza justo a la salida del andén de pasajeros de la estación de Montcada Bifurcació, el cual sería ampliado hasta una longitud de 200m. La rampa tendrá una longitud de 700m y discurrirá en sección entre muros pantalla de hormigón armado.

La rampa de salida del túnel, de configuración similar a la de entrada, empezará justo después de la estación de Montcada Ripollet. Con ello, la actual estación en superficie se convertirá en una estación subterránea, lo que implicará la construcción de nuevos accesos a los niveles inferiores y la remodelación y ampliación del actual edificio de pasajeros, manteniendo éste como edificio principal.

En cuanto a los pozos de ataque y extracción de la tuneladora, la presente alternativa propone que, partiendo de la base de intentar afectar lo más mínimo a la explotación simultánea de la actual vía durante las obras, se localice el pozo de ataque de la tuneladora en la boca norte del túnel, cerca de Montcada Ripollet.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de la propuesta B:

Tramo a desdoblarse a cielo abierto	544 m
Tramo a desdoblarse en falso túnel o sección entre muros pantalla	1.927
Tramo de túnel excavado con tuneladora	2.565 m
Longitud total objeto de desdoblamiento	5.036 m

En el Anejo 6 de la presente memoria se detallan las principales ventajas e inconvenientes de esta propuesta.

5.1.3.- Alternativa C: Construcción de un nuevo túnel por el exterior del núcleo urbano

El servicio de Cercanías es un servicio de capacidad, de concentración. Dicho de otra manera, las líneas de Cercanías de Catalunya no deberían funcionar como un metro para ir de un barrio a otro dentro de un mismo núcleo urbano, ya que a priori debería ser un servicio pensado para unir los municipios de la primera y segunda corona del área metropolitana con la ciudad de Barcelona, y viceversa.

Desde mi humilde punto de vista, esto implicaría una sola parada en cada municipio, sin aceptarse la posibilidad de existir varias estaciones de la misma línea en un mismo municipio como Montcada i Reixac.

Como ya se ha explicado varias veces, el actual trazado de la línea R3 tiene dos estaciones dentro del núcleo urbano de Montcada i Reixac: una en el barrio de Can Sant Joan (Montcada Bifurcació) y la otra en Mas Rampinyo (Montcada Ripollet). Este trazado, junto con el hecho de tratarse de una línea de vía única, representa una importante pérdida en el tiempo de viaje de los usuarios.

La tercera alternativa que se plantea busca convertir la línea R3 en un servicio rápido entre municipios, huyendo del diseño actual con dos estaciones dentro del núcleo urbano de Montcada i Reixac y en busca de una reducción del tiempo de viaje entre ciudades como Vic o Granollers y Barcelona.

En la tabla siguiente se resumen las principales características de la propuesta C:

Tramo a desdoblar a cielo abierto	1.097 m
Tramo a desdoblar en falso túnel o trinchera	800 m
Tramo de túnel excavado con tuneladora	3.971 m
Longitud total objeto de desdoblamiento	5.868 m

En el Anejo 6 de la presente memoria se detallan las principales ventajas e inconvenientes de esta propuesta.

5.2.- Análisis de las alternativas planteadas

Una vez presentadas las características de las tres alternativas de trazado que se plantean para el desdoblamiento de la línea R3, se debe proceder a realizar una evaluación sostenible de cada una de ellas.

El análisis multicriterio es un instrumento de análisis multi-objetivo que permite apoyar la toma de decisiones en la selección de la solución más conveniente, especialmente en proyectos de tan grande magnitud en los que diferentes colectivos e intereses de la sociedad se ven implicados.

Con el fin de realizar el análisis multicriterio de las tres alternativas planteadas, se ha tomado como referencia el MIVES (Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible), una herramienta desarrollada por la UPC como soporte a la toma de decisiones objetivas.

La definición de las alternativas se hace dividiendo sus características en requerimientos, que son las agrupaciones de criterios que definen la función a evaluar, en criterios, que son los conceptos concretos que contienen los indicadores y por lo tanto representan la unidad mínima a cuantificar, y finalmente en los indicadores, la característica tangible que probablemente se pueda cuantificar.

De esta manera, se han definido las alternativas según cinco requerimientos, con su correspondiente peso asociado, como se muestra a continuación:

- Económico (25%)
- Social (30%)
- Movilidad (25%)
- Afectaciones temporales (10%)
- Medioambiental (10%)

En la siguiente tabla se presentan los criterios y los respectivos indicadores que se han utilizado para evaluar las tres alternativas planteadas, con los resultados obtenidos.

		PESO		NOTA			NOTA PONDERADA		
				Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
ECONÓMICO	Coste del trazado	25%	65	9	5	3	1,46	0,81	0,49
	Coste de las estaciones		20	8	5	6	0,40	0,25	0,30
	Coste de las expropiaciones		15	3	10	1	0,11	0,38	0,04
SOCIALES	Solución al efecto barrera	30%	70	2	9	10	0,42	1,89	2,10
	Seguridad		30	5	10	10	0,45	0,90	0,90
MOVILIDAD	Tiempo de viaje	25%	20	4	7	9	0,20	0,35	0,45
	Cobertura territorial de la línea R3		30	8	8	6	0,60	0,60	0,45
	Movilidad local		50	2	9	9	0,25	1,13	1,13
AFECTACIONES TEMPORALES	Afectaciones sobre el servicio de la línea R3	10%	35	2	7	9	0,07	0,25	0,32
	Afectaciones temporales sobre la movilidad local		50	0	10	6	0,00	0,50	0,30
	Molestias por ruido y vibraciones		15	6	10	5	0,09	0,15	0,08
MEDIO AMB.	Contaminación acústica	10%	20	2	9	10	0,04	0,18	0,20
	Impacto sobre espacios naturales protegidos		80	8	8	2	0,64	0,64	0,16
							4,80	8,10	6,90

7. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

En el presente capítulo se describen los diferentes elementos que configuran la solución adoptada para el proyecto de desdoblamiento de la línea R3 de Cercanías, a su paso por Montcada i Reixac. Por la línea discurren actualmente dos tipos de tráfico: de cercanías y de mercancías, aunque para el dimensionamiento y diseño de la nueva línea de vía doble se ha considerado exclusivamente el tráfico de viajeros, ya que el de mercancías es sólo de un tren por sentido y día, por lo que no se ha considerado suficientemente relevante para incluirlo en el presente trabajo académico.

La línea actual tiene un ancho ferroviario de 1.668 mm, conocido como el ancho ibérico o ancho de RENFE. Para el diseño de la futura vía doble, se ha optado por una solución de continuidad, usando el mismo ancho ferroviario. La velocidad de proyecto considerada es de 120 km/h

7.1.- Trazado

El diseño del trazado de una línea férrea no solo viene condicionado por las características geométricas que se deben cumplir, sino también por la disponibilidad del espacio y la morfología del entorno. En este sentido, cabe tener en cuenta la presencia de otras infraestructuras, así como sus cimentaciones, la amplitud de las calles y avenidas, la presencia de edificaciones, etc.

Es por ello que antes de empezar a diseñar el trazado en planta de la futura línea, debemos tener en cuenta las dimensiones de la sección transversal de la plataforma ferroviaria, para así conocer el espacio en planta que ocupará la vía, ya sea en la superficie o a unos metros bajo el nivel natural del terreno.

Las características de la sección tipo utilizada para el diseño en planta y alzado del trazado son:

- Ancho de vía: 1,668m
- Entrevía: 3,8m
- Hombro de balasto: 0,90m
- Talud de la banqueta de balasto: 5H:4V
- Talud de la plataforma: 2H:1V
- Pendiente de las capas de asiento: 4%
- Espesor mínimo de balasto bajo carril: 0,30m
- Espesor mínimo de subbalasto: 0,25m
- Espesor mínimo de capa de forma: 0,50m
- Anchura de la plataforma ferroviaria: 10,20 m

En base a estas premisas se han dimensionado las tres secciones distintas que se aplicarán según las limitaciones de cada tramo en concreto.

Trazado en planta

El trazado en planta se compone de tres tipos de alineaciones diferentes: rectas, curvas y curvas de transición situadas entre éstas. Los parámetros geométricos que se han considerado para el dimensionamiento del trazado en planta, con una velocidad de proyecto de 120 km/h son:

Parámetro	Valor
Ancho de vía	1,668 m
Entrevía	3,8 m
Peralte máximo	160 mm
Insuficiencia de peralte máxima	115 mm
Radio mínimo de las curvas	711 m
Longitud mínima de la clotoide	154 m
Parámetro de la clotoide	330
Rampa máxima de peralte	1,285 mm/m

En el anejo 7 de la presente memoria se adjunta el listado y el detalle de los elementos que conforman el trazado en planta de la nueva infraestructura.

Trazado en alzado

El perfil longitudinal de una vía está formado por un conjunto de rasantes rectas (rampas o pendientes) unidas entre sí por curvas de acuerdo. Los parámetros geométricos que se han considerado para el dimensionamiento del trazado en alzado son:

Parámetro	Valor
Máxima inclinación de las rampas o pendientes	20‰
Longitud máxima con rampa máxima	3.000 m
Radio mínimo de los acuerdos verticales	3.600 m
Radio recomendado de los acuerdos verticales	7.200 m
Longitud mínima de alineaciones con inclinación constante	42 m

En el anejo 7 de la presente memoria se adjunta el listado y el detalle de los elementos que conforman el trazado en alzado de la nueva infraestructura.

7.2.- Túneles

En base a la alternativa de trazado seleccionada, el desdoblamiento de la línea R3 prevé realizarse mediante la construcción de un túnel que permita atravesar el núcleo urbano de Montcada i Reixac eliminando la actual traza ferroviaria en superficie, generadora de importantes problemas urbanísticos. Para ello, se prevé la construcción de tres tramos de túnel, uno excavado en tuneladora y dos de ellos en estructura de falso túnel (sección entre pantallas).

Referencia del túnel	PK inicio	PK final	Longitud	Tramo del trazado	Terreno atravesado	Método constructivo
Rampa acceso sur	0+000	0+705	705 m	Tramo 1	Qv ₄ - gravas angulosas, arenas y limos.	Falso túnel
Túnel R3 Montcada	0+705	3+276	2.565 m	Tramo 2	Sf - pizarras ampelíticas Qt ₁ - terraza aluvial (gravas, arenas y lutitas del holoceno) Qva ₁₋₃ - abanicos y llanura aluvial del plistoceno	Túnel con tuneladora
Rampa acceso norte	3+378	4+489	1.111 m	Tramo 3	Qva ₁₋₃ - abanicos y llanura aluvial del plistoceno	Falso túnel

El presente capítulo pretende describir y detallar las características generales del túnel excavado con tuneladora. El dimensionamiento del citado túnel se ha realizado según las siguientes premisas:

- Mantener el servicio de la línea R3 actual durante la ejecución de las obras del nuevo trazado, en la mayor medida posible. Esto no impide que durante determinados y cortos plazos de tiempo se deba interrumpir el servicio.
- Mantener la accesibilidad de los pasajeros a las actuales estaciones de Montcada Bifurcació y Montcada Ripollet.
- Mantener la permeabilidad de la población durante las obras, es decir, mantener en la medida de lo posible la posibilidad de circulación de vehículos, bicicletas y peatones.

La boca de entrada del túnel se sitúa en el PK 0+705 (a la salida de la estación de Montcada Bifurcació), a una cota de 30,28m respecto el nivel del mar. En cuanto a la boca de salida, ésta se encuentra detrás de la actual estación de Montcada Ripollet, en el PK 3+270 del nuevo trazado, a una cota de 31,19m.

La pendiente máxima entre la boca de entrada y la de salida es de 19 milésimas. En planta, el túnel se describe por una combinación de alineaciones rectas (815,65m en total), curvas de transición (1.027m) y curvas (722m). El radio mínimo de las curvas del túnel es de 711m y el máximo de 1.500m.

El túnel será de tipo monotubo excavado con tuneladora EPB.

La sección tipo es la siguiente:

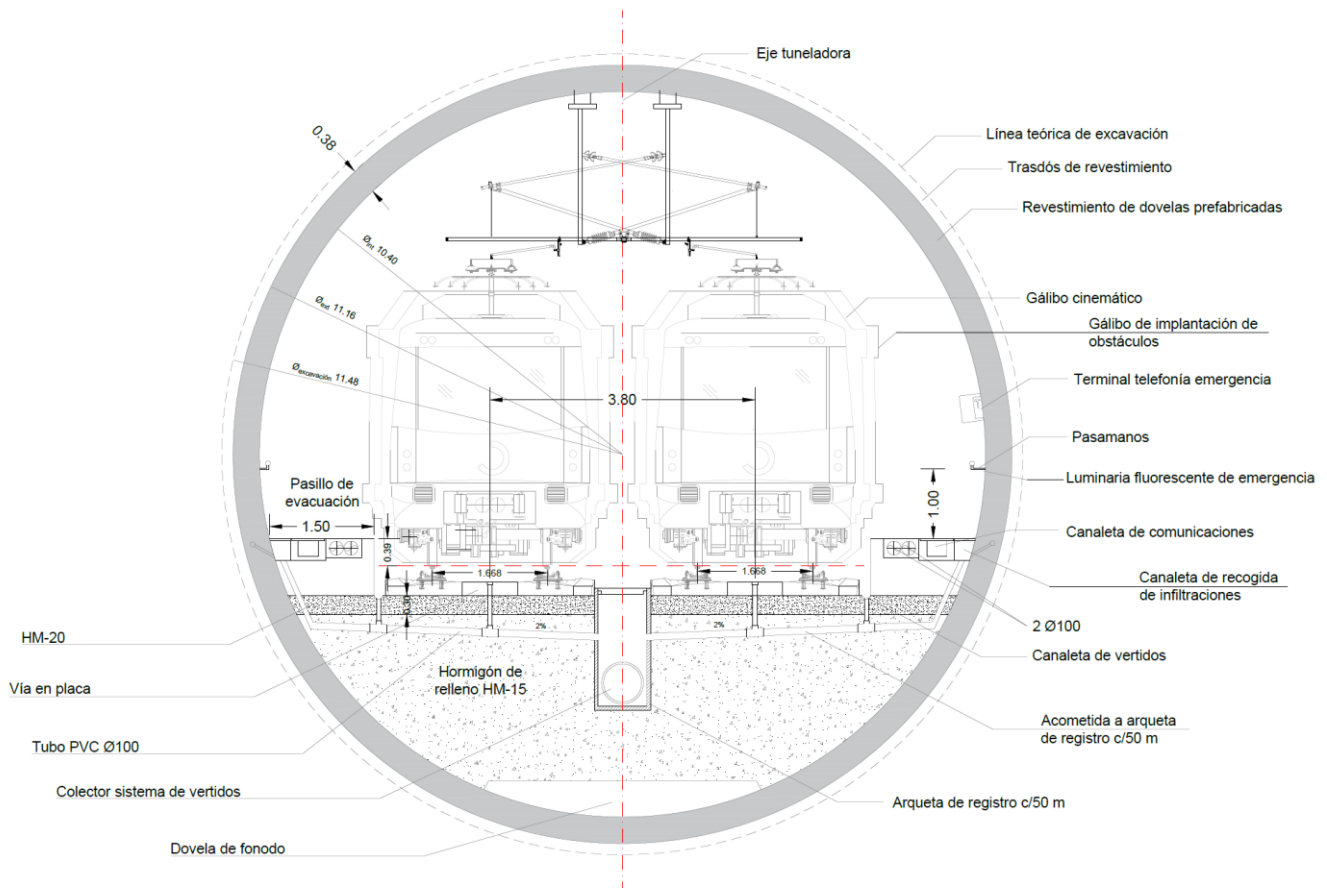


Fig12.- Sección tipo túnel con tuneladora. Elaboración propia

La posición de las bocas del túnel se establecerá en el lugar dónde se disponga de una superficie suficientemente extensa para localizar las instalaciones exteriores, y además se encuentre a una distancia suficientemente alejada de la actual vía R3 como para permitir, en la mayor medida posible, la simultánea circulación de trenes durante la ejecución de las obras.

A grosso modo, se pueden estimar unos requerimientos de espacio mínimo de aproximadamente 20.000 m² como zona reservada a las instalaciones exteriores del pozo de ataque de la tuneladora. En base a esto, y como ya se ha detallado en el anejo 6, se decide situar el pozo de ataque de la tuneladora en uno de los terrenos próximos a la actual estación de Montcada Ripollet, de unos 15.300 m² de superficie. Se dispone además de una parcela actualmente libre de 6.050 m² dónde se podrían localizar algunas de las instalaciones auxiliares.

Para la extracción de la tuneladora se requiere mucho menos espacio que para su introducción. Es por ello que se ha decidido instalar dicho pozo en la boca sur del túnel, dónde el espacio es más escaso.

7.3.- Estructuras

En este capítulo se presenta el diseño de las rampas de acceso desde la superficie hasta la profundidad en la que se encuentra la boca norte y la boca sur del túnel, respectivamente. Se requiere una estructura que permita aportar a la vía férrea la continuidad necesaria con los tramos anterior y posterior, lo que significa salvar, con una pendiente máxima del 2%, la diferencia de cota entre la rasante de la línea actual y el futuro túnel excavado con tuneladora.

Para ello, se propone utilizar una sucesión de tipologías estructurales basadas en el concepto del falso túnel del tipo sección entre pantallas, lo que permitirá construir la rampa de acceso norte y sur desde la superficie hasta una profundidad de hasta 19,65 m (cota).

La construcción de un falso túnel con pantallas consigue una importante reducción de la zona de obra, ya que se limita la anchura de la trinchera excavada provisionalmente durante la construcción del falso túnel. Así pues, se trata de una tipología adecuada en casos donde se debe limitar la banda de afección por la construcción del túnel, ya que permite limitar el ancho de excavación al ancho libre entre pantallas.

Las tipologías estructurales que se proponen para la construcción de las rampas, desde la cota de la rasante de la actual vía R3 hasta las respectivas bocas del túnel, son las siguientes:

- **Tipo 1:** Sección entre muro pantalla en voladizo: para el tramo en el que no se dispone de gálibo vertical suficiente para ejecutar una losa superior. El muro es autoportante. Esta tipología estructural, dada la altura del muro en voladizo, se prevé ejecutarla en ciertos tramos con anclajes provisionales.
- **Tipo 2:** Sección de falso túnel entre pantallas: para los tramos con gálibo vertical suficiente para ejecutar una losa superior (sección cerrada).
- **Tipo 3:** Sección de falso túnel entre pantallas con losas intermedias: para los tramos con gálibo vertical suficiente para ejecutar una losa superior (sección cerrada) en los que, dada la altura de la pantalla, se requiere la disposición de una o varias losas intermedias para limitar el gálibo vertical disponible.

Rampa de acceso sur

La rampa de acceso sur corresponde al tramo de trazado que permite dar continuidad a la actual línea R3, desde la salida de la estación de Montcada Bifurcació, en el PK 0+000 y a una cota de 44,35m, hasta la llegada a la boca sur del túnel, situada en el PK 0+706 a la cota 30,38. La rampa tiene una longitud aproximada de 700m y un pendiente del 1,99%.

Está previsto que una vez superado el andén de pasajeros de la estación de Montcada Bifurcació, el cual será prolongado unos 10m para alcanzar una longitud total de 200m (Anejo11.Estaciones), empiece el tramo en pendiente descendiente entre muros pantalla, ejecutándose los primeros metros a cielo abierto sin necesidad de disponer muros laterales.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las principales características de las tres secciones empleadas:

Sección	PK inicial	PK final	Canto (m)	Arriostr. Prov.	Espesor solera	Altura pantalla
1	0+000	0+380	1,00	No	-	8,60 – 18,40
2	0+380	0+566	1,00	Sí	1,00	12,80 – 17,10
3	0+566	0+706	1,00	Sí	1,00	17,10 – 22,90

A la hora de definir la sección a atribuir a cada tramo se ha tenido en cuenta las características y usos del suelo en la superficie afectada. En este sentido, se han considerado dos aspectos:

- Circulación de trenes por los terrenos colindantes:

La rampa de acceso sur se encuentra en la zona más extrema de la actual playa de vías de la estación de Montcada Bifurcació, lo que representa una intensa circulación de trenes por las vías colindantes a la zona de obras.

Esto obliga a dimensionar una rampa con reducida afectación a la superficie, especialmente por la parte este, que es dónde se encuentran las vías de la línea R4 y R7, así como la propia vía única de la R3. Con ello, se ha adoptado un sistema de cimentación profundo que no requiera de sistemas auxiliares para contener las tierras, dada la reducida distancia que existe entre el límite de la futura plataforma ferroviaria y el gálibo de imposición de obstáculos de las vías colindantes.

- Tramo de trazado en falso túnel que discurre por los terrenos de la fábrica de cementos Lafarge:

La rampa de acceso sur al túnel discurre entre el PK 0+480 y el PK 0+706 por lo que corresponde actualmente a la zona de accesos viarios a la fábrica y la zona de parking. Dicha superficie será sometida a una ocupación temporal con el fin de realizar la rampa, además del pozo de extracción de la tuneladora.

Con el fin de reducir las afectaciones temporales en la superficie a causa de las obras, se ha decidido adoptar en este tramo una sección cerrada de falso túnel entre pantallas. Este procedimiento permite reducir considerablemente el plazo de construcción del falso túnel, ya que, una vez realizada la losa superior, se puede ejecutar el relleno del terreno sobre la losa y así restablecer los usos correspondientes a la superficie lo antes posible, mientras se realizan los trabajos en el interior del túnel.

Rampa de acceso norte

La rampa de acceso norte se localiza en el tramo 3 del futuro trazado y corresponde a los metros lineales de vía que permiten dar continuidad entre el tramo de túnel y la actual línea R3, plataforma ferroviaria de la cual discurre a cielo abierto y que se ampliará por la izquierda aportando el ancho suficiente para el desdoblamiento de la vía.

Después del tramo plano de 230m correspondiente a la estación de Montcada Ripollet, la rasante de la vía empieza a ganar altura en el PK 3+378, a 30m de la salida de la estación. En ese punto, la vía se encuentra a la cota 31,19 y el terreno natural a 45,194.

Con un pendiente del 1,9%, la rasante de la vía alcanza la rasante del terreno (y por lo tanto la rasante de la vía actual) después de 1.111m, al PK 4+489. A partir de ese punto el desdoblamiento se realizará a cielo abierto ampliando la plataforma ferroviaria por la izquierda (Anejo 10. Plataforma y superestructura)

En la tabla siguiente se presenta un resumen de las principales características de las tres secciones empleadas:

Sección	PK inicial	PK final	Canto (m)	Arriostr. Prov.	Espesor solera	Altura pantalla
3	3+378	3+744	1,00	No	1,00	23,70 – 17,20
2	3+744	3+970	1,00	Si	1,00	17,20 – 13,00
1	3+970	4+489	1,00	Si	-	18,00 – 4,29

7.4.- Plataforma y superestructura

El dimensionamiento de la plataforma ferroviaria se realiza en función de la explotación que se prevé en la línea o tramo estudiado. Para ello, se debe caracterizar y determinar el tipo de línea de que se trata en función del tráfico de trenes (viajeros y/o mercancías) y el volumen de éste. Posteriormente, conforme a la ficha UIC-719-R "Earthworks and track bed for railway lines", 3rd edition (February 2008), juntamente con la información geotécnica que se tiene de la zona, se podrá realizar el cálculo del espesor de las diferentes capas que conforman la plataforma.

La clasificación de la línea ferroviaria que se va a dimensionar corresponde al Grupo 5, con un tráfico sobre la línea en toneladas de 14.000 a 28.000 toneladas diarias.

A lo largo de la traza se han planteado diferentes tipologías de superestructura. Puesto que la mayor parte del tramo es subterráneo, y teniendo en cuenta el aumento de intensidad de tráfico prevista en la línea, resulta necesario minimizar las operaciones de mantenimiento de la geometría de la vía. Con vía en balasto sería muy complicado realizar dichas operaciones en las horas disponibles, además de la dificultad añadida de realizar la nivelación en el interior del túnel y falso túnel. Por ello, está previsto que la superestructura en este tramo se resuelva mediante vía en placa.

Sin embargo, por compatibilidad con el resto de la línea, se prevé que, para el tramo a cielo abierto, a la salida de la rampa de acceso norte, se disponga de vía sobre balasto.

En la tabla siguiente se indica la superestructura a emplear en cada tramo del trazado:

PK inicial	PK final	Tramo	Descripción	Tipo	Catenaria
0+000	0+104	Rampa de acceso sur	Sección a cielo abierto entre pantallas	Vía en balasto (zona de transición)	Flexible
0+104	0+380		Sección a cielo abierto entre pantallas	Vía en placa	Rígida
0+380	0+705		Sección cerrada entre pantallas	Vía en placa	Rígida
0+705	3+267	Túnel con tuneladora	Túnel R3 Montcada	Vía en placa	Rígida
3+267	3+970	Rampa de acceso norte	Sección cerrada entre pantallas	Vía en placa	Rígida
3+970	4+240		Sección a cielo abierto entre pantallas	Vía en placa	Rígida
4+240	4+489		Sección a cielo abierto	Vía en balasto (zona de transición)	Flexible
4+489	5+037	Pla de Reixac	Sección a cielo abierto	Vía en balasto	Flexible

En el Anejo 10 de la presente memoria se describen los detalles de los dos sistemas de vía empleados, sobre balasto y en placa.

7.5.- Estaciones

Montcada Bifurcació

En base a la propuesta de trazado que se propone en el proyecto de desdoblamiento de la línea R3, en la estación de Montcada Bifurcació se prevén dos categorías de actuación: sobre la infraestructura ferroviaria y de mejora de los accesos a la estación para los usuarios.

Montcada Ripollet

Los diferentes condicionantes de trazado y las características de la nueva infraestructura ferroviaria que se ha previsto en el marco del proyecto de desdoblamiento de la línea R3, implican la construcción de una nueva estación subterránea para la actual Montcada Ripollet.

La nueva estación será subterránea y se encontrará a tan solo 110m de distancia de la actual, lo que corresponde a la zona de aparcamiento de la actual estación, entre las calles Amadeu Vives y Victòria dels Àngels.

La estación tendrá un solo acceso desde la calle Marià Fortuny, formado por una escalera fija, dos escaleras mecánicas (subida y bajada) y un ascensor. El soterramiento de la línea permitirá recuperar el espacio actualmente ocupado por las vías férreas, hecho que facilitará el acceso de los usuarios desde cualquier punto de Montcada i Reixac a la estación, al no tener que cruzar las vías a nivel, como sucede actualmente.

El acceso llevará al vestíbulo, dónde se encontrarán las máquinas vendedoras de billetes y las barreras tarifarias de control de acceso, entre otras dependencias.

Los trenes circularán por el nivel inferior, formado por dos vías generales de circulación, una en sentido ascendente en dirección Vic, y la otra en dirección Barcelona.

Los andenes que darán acceso a dichas vías tendrán una longitud de 200m para permitir la parada de trenes largos y una anchura de 5m cada uno. Cada uno de los andenes se comunicará con el vestíbulo mediante una escalera fija, una escalera mecánica y un ascensor, ubicado al extremo del andén del lado de la calle Amadeu Vives. Al otro extremo de cada andén se instalará la salida de emergencia que comunicará directamente con la calle.

7.6.- Tratamientos especiales del terreno

Aunque se ha diseñado el trazado en planta buscando siempre la traza de calles anchas y grandes avenidas, así como parques y otras zonas verdes urbanas, ha sido imposible no pasar por debajo de edificios en determinados puntos del proyecto.

En efecto, en el proceso de dimensionamiento del trazado en planta de la nueva línea férrea, se ha optado por respetar, en primer lugar, los parámetros geométricos, buscando a su vez respetar el criterio de evitar excavar debajo zonas edificadas, por el riesgo que esto supone.

El óptimo diseño desde el punto de vista de ferroviario ha hecho imposible no atravesar en ningún punto de la traza algún edificio, en un núcleo urbano tan densamente poblado como es Montcada i Reixac, y más especialmente la zona de Montcada Centre.

Para ello, se prevé dos tipos de tratamientos especiales del terreno, en aquellas zonas del trazado identificadas como sensibles.

- Entre el PK 1+220 y el PK 1+260 el túnel pasaría por debajo del edificio de la Carretera Vella nº41.
- Entre el PK 1+280 y el PK 1+360 la traza del túnel pasa muy cerca del límite de las edificaciones presentes a la izquierda de éste.
- Justo antes de llegar a la estación de Montcada i Reixac Manresa, de las líneas R4 y R7, el túnel interseca con dichas líneas para atravesar el Turó Fermí. Además, en ese punto la Carretera Vella cambia de dirección con un giro de 45° al norte, lo que hace que las edificaciones dejen de encontrarse en una línea paralela al túnel intersecando de pleno con el eje del túnel y por consecuente, deberse excavar por debajo de los edificios residenciales presentes. Esto sucede entre el PK 1+480 y el PK 1+520, lo que corresponde a los números 1, 5 y 7 de la Carretera Vella.

En la siguiente tabla se resumen los diferentes puntos del trazado en los que se deberá aplicar un tratamiento especial al terreno.

PK inicial	PK final	Tratamiento propuesto
1+220	1+260	Inyección de compensación
1+280	1+480	Protección lateral
1+280	1+530	Inyección de compensación

7.7.- Movimientos de tierras

El estudio del movimiento de tierras se realiza en base al dimensionamiento de la infraestructura proyectada en este trabajo y con la información topográfica que se dispone del ICGC, a escala 1:5000 y con una precisión del orden de 1,5m en altimetría y de 1m en planimetría. Es por ello que, dada la poca precisión de la información disponible y de las posibles imprecisiones en el cálculo de los volúmenes, especialmente en las zonas de transición, los resultados presentados son aproximados.

Destacar que el objetivo de este trabajo es meramente académico, pues se trata de presentar un orden de magnitud del movimiento de tierras a prever, sin pretender aportar una cifra exacta, que ya de por sí es difícil de obtener incluso en los proyectos profesionales.

Debido a la excavación del túnel y de los tramos en falso túnel, existe una gran cantidad de tierras sobrantes, por lo que se debe comprobar que la capacidad de los vertederos disponibles es suficiente para la totalidad del material sobrante.

Una vez calculados los volúmenes totales que se debe excavar o terraplenar en cada tramo de la obra (Anejo 13), se procede a analizar las necesidades y disponibilidades de materiales, así como las cantidades de material que deberán ser transportadas a vertederos.

Los vertederos que se consideran en el presente proyecto son dos:

- Antigua cantera de la fábrica de cementos Lafarge
- Cantera abandonada de Can Donadeu

8. EXPROPIACIONES Y OCUPACIONES TEMPORALES

En base a la Ley 39/2003 de 17 de noviembre del Sector Ferroviario, se determina la superficie total de terreno que deberá expropiarse.

El proceso de análisis desarrollado ha partido del trazado en planta definido en el presente proyecto (Anejo 7) y por tanto de su necesaria ocupación, la cual ha sido superpuesta con los límites de la propiedad de ADIF, obteniéndose así, las zonas o franjas de propiedad que se verán afectadas por el trazado ferroviario considerado.

La valoración de los terrenos que se consideran de necesaria expropiación, así como los que deberán ser ocupados de manera temporal durante la ejecución de las obras, se recoge en la siguiente tabla:

PK inicio	PK final	Superficie	Tipo de suelo	Tipo de ocupación	Importe (€)
0+540	0+760	7051,77	Urbano	Ocupación temporal	52.888,28
3+970	5+033	12.756,12	Rústico	Expropiación	31.890,30
		4.252,54	Urbano	Expropiación	318.940,05

El presupuesto total de expropiaciones y ocupaciones temporales se estima ascenderá a un montante aproximado de **CUATROCIENTOS TRES MIL SETECIENTOS DIECINUEVE CON OCHO CÉNTIMOS (403.719,08 €)**.

9. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Diversas normativas sectoriales establecen la obligatoriedad respecto a que ciertos tipos de proyectos e instalaciones sigan el trámite de evaluación de impacto ambiental. En Catalunya el marco jurídico actual respecto de la evaluación de impacto ambiental de proyectos es el regulado mediante la Ley 21/2013, de diciembre de 2013, de evaluación ambiental (BOE nº. 296 11.12.2013).

En cumplimiento de la citada Ley, en el Anejo 16 del presente proyecto se presenta el Estudio de Impacto Ambiental del desdoblamiento de la línea R3 a su paso por Montcada i Reixac, con el que se determinan las afecciones e impactos que pueda generar el proyecto en el entorno y definir las medidas necesarias para evitar o en su caso minimizar dichos impactos.

10. GESTIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Durante la ejecución de las obras se generarán una serie de residuos que deberán ser gestionados correctamente, con el fin de minimizar los impactos generados en el medio ambiente y en el entorno más próximo a la zona de obras.

El volumen de residuos de la construcción generados en Catalunya es importante, aunque, por sus características, tienen un gran potencial para su reutilización y reciclaje. Por lo tanto, debido a su relevancia, estos residuos disponen de un programa de gestión y de un modelo de gestión específicos que, una vez superada una etapa de consolidación en la que se pretendía conseguir una gestión final correcta, se orientan a la prevención, al reciclaje y al impulso de los mercados de materiales reciclados.

En el Anejo 15 del presente proyecto se detalla el procedimiento de gestión de residuos que se prevé llevar a cabo durante los trabajos de construcción del desdoblamiento de la línea R3. Dicho procedimiento se ha diseñado en base al modelo catalán de gestión de residuos de la construcción de la Agencia de Residuos de Catalunya, respetando la normativa vigente.

11. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de Seguridad y Salud establece las disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud aplicables a las obras de construcción del proyecto de desdoblamiento de la línea R3 a su paso por Montcada i Reixac.

Sirve para dar las directrices básicas a la empresa contratista para llevar a cabo su obligación de redacción de un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución, las previsiones contenidas en este Estudio.

Todo ello se realizará en cumplimiento del Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, en el que se ordena incluir un estudio de Seguridad y Salud en los Proyectos de Obras cuyo presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 (75 millones de pesetas); en los que su duración sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento más de 20 trabajadores simultáneamente; en los que el volumen de la mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500 y en las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

El importe del presupuesto en materia de Seguridad y Salud es de UN MILLÓN TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS NUEVE Y CINCUENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (1.379.209,59€).

12. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

La finalidad final del Plan es definir las operaciones de control necesarias durante la ejecución de las obras para alcanzar los niveles de calidad exigidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas del presente proyecto. Sin perjuicio de estas, el contratista puede ofrecer unas condiciones más exigentes en su plan de autocontrol de la calidad.

Este plan será ejecutado por el contratista bajo estricta supervisión de la Dirección de Obra. Además, dada la envergadura de la obra ferroviaria y la proposición de medidas de aprovechamiento de materiales sobrantes de la excavación como materiales constructivos, el plan de calidad puede estar sujeto a cambios para adaptarse a los imprevistos, siempre según criterio de la dirección de obra.

En el Anejo 18 del presente proyecto se desarrolla el Plan de Control de Calidad que se debe cumplir durante la ejecución de las obras del proyecto de desdoblamiento de la línea R3.

13. PRESUPUESTO

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:

Capítulo 1: Pozo de ataque	2.242.778,05 €
Capítulo 2: Tratamientos del terreno	43.863,70 €
Capítulo 3: Túnel	246.231.115,41 €
Capítulo 4: Pozo de extracción	880.791,20 €
Capítulo 5: Rampas de acceso entre pantallas	23.034.146,01 €
Capítulo 6: Estación Montcada Ripollet	19.252.548,98 €
Capítulo 7: Estación Montcada Bifurcació	171.519,08 €
Capítulo 8: Duplicación vía a cielo abierto	2.953.461,79 €
Capítulo 9: Seguridad y Salud	1.379.209,59 €
Capítulo 10: Gestión de residuos	15.000.000,00 €
Capítulo 11: Control de calidad	2.758.419,18 €
Capítulo 12: Acción cultural	3.149.298,54 €
Capítulo 13: Procedimientos legales	1.000.000,00 €

TOTAL:	318.097.152,26 €
---------------	-------------------------

El Presupuesto de Ejecución Material resultante es de **TRESCIENTOS DIECIOCHO MILLONES NOVENTA Y SIETE MIL CIENTO CINCUENTA Y DOS Y VEINTISEIS CÉNTIMOS (318.097.152,26 €)**

Presupuesto Base de Licitación

Incrementando el Presupuesto de Ejecución Material con el 13% de Gastos Generales y de 6% de Beneficio Industrial, y aplicando al resultado el 21% de Impuesto sobre Valor Añadido (IVA), resulta un Presupuesto Base de Licitación de **CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MILLONES VEINTIOCHO MIL OCHENTA Y NUEVE Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (458.028.089,54 €)**

Presupuesto para conocimiento de la Administración

Las expropiaciones e indemnizaciones por ocupación temporal del terreno necesarias para la ejecución de las obras se encuentran justificadas en el Anejo 14 del presente proyecto. Su valor asciende a **CUATROCIENTOS TRES MIL SETECIENTOS DIECINUEVE Y OCHO CÉNTIMOS (403.719,08€)**.

El importe de la reposición de todos los servicios afectados por las obras, inclusive los de las compañías privadas, se encuentra incluido en el Presupuesto de Ejecución Material de las obras, formando parte del mismo.

Con esto, el presupuesto total de la inversión, para conocimiento de la Administración, será considerado a efectos del presente proyecto como:

Presupuesto de Ejecución Material:	318.097.152,26 €
Presupuesto Base Licitación:	458.028.089,54 €
Expropiaciones e Indemnizaciones:	403.719,08 €
Presupuesto para Conocimiento de la Administración:	458.431.808,60 €

El presupuesto para Conocimiento de la Administración asciende a la expresada cantidad de **CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL OCHOCIENTOS OCHO Y SESENTA CÉNTIMOS (458.431.808,60 €)**

14. PROPUESTA PARA LA LICITACIÓN

14.1.- Plan de obra y plazo de ejecución

La programación de las obras que se presenta en este trabajo tiene un carácter meramente indicativo, ya que todos los equipos indicados son orientativos a efectos de rendimientos y plazos de ejecución. Es el contratista adjudicatario de las obras el responsable final de la elaboración de un programa de trabajos detallado y acorde a los medios (humanos y de maquinaria) de que éste disponga.

Se plantea el desarrollo de las obras en dos fases, de forma que se optimicen los trabajos y las afectaciones sobre el entorno sean mínimas, especialmente en lo referente al tráfico ferroviario de la actual vía única de la misma R3. Sin embargo, la circulación de trenes se verá afectada durante determinados periodos de tiempo, de manera inevitable como se verá más adelante, debido a que el nuevo trazado coincide en planta con el existente, en dos puntos del trazado.

La duración total de las obras se estima que será de 44 meses, divididos en dos fases de ejecución de obras, como se detalla en la siguiente tabla:

Fase	Fecha inicio	Fecha final	Duración
1	02/01/2018	01/02/2020	760 días (2 años y 1 mes)
Interrupción del servicio de la línea R3			
2	03/07/20	17/08/2021	410 días (1 año y 1,5 meses)

La primera fase consiste esencialmente en la excavación del túnel con tuneladora EPB; comprende desde el momento en que se realiza el pedido de fabricación de la tuneladora hasta el día en que finaliza la excavación de los 2.565m de túnel.

Con el fin de reducir al máximo las afectaciones sobre la línea actual, no se realizará la interrupción del servicio ferroviario hasta que no empiecen los trabajos de construcción de las rampas de acceso sur y norte, los cuales se han programado de tal manera que finalicen al mismo tiempo que lo harán los trabajos en el interior del túnel.

Por otro lado, el inicio de la interrupción del servicio de la línea R3 se ha hecho coincidir con el período de verano, ya que en los meses de julio y agosto la demanda del servicio es menor y por lo tanto la adaptación de los usuarios al nuevo escenario se hará de manera gradual.

Paralelamente a la ejecución de las principales unidades de obra, se realizarán las obras de menor magnitud y aquellas que no se encuentran en el camino crítico de planificación del proyecto, como es la construcción de la nueva estación de Montcada Ripollet, la duplicación básica de la vía a cielo abierto o los tratamientos especiales del terreno (inyecciones de compensación y pantallas de jet-grouting).

14.2.- Forma de adjudicación

La infraestructura ferroviaria objeto de este proyecto requiere de una tecnología especial y de una ejecución compleja, por lo que para su correcta construcción se requiere que el contratista esté especializado en este tipo de instalaciones y cuente con la colaboración o patentes de casas de sistemas suficientemente experimentados.

De esta manera, se considera que el sistema de adjudicación más adecuado es el de Concurso según lo estipulado en la Ley 2/2000 de 16 de febrero de Contratos de las Administraciones Públicas y el Real Decreto 1098/2001 de 12 de octubre por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.

14.3.- Clasificación del contratista

De acuerdo con lo estipulado en el "Reglamento General de Contratación del Estado" para la Clasificación de Contratista de Obras del Estado, así como los puntos 13 y 14 de la Orden del Ministerio de Hacienda de 28 de Marzo de 1968, modificada por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de Octubre para la Clasificación de Contratista de Obras del Estado, se proponen los siguientes requisitos para los contratistas encargados de la realización de las obras objeto del presente trabajo, cuya duración total, según figura en el Plan de Obra (Anejo 19) es de 44 meses:

- Grupo A: Movimiento de tierras y perforaciones.
Subgrupo 5. Túneles
Categoría f
- Grupo B: Movimiento de tierras y perforaciones.
Subgrupo 2. Estructuras de hormigón armado
Categoría f
- Grupo D: Ferrocarriles
Subgrupo 1. Tendido de vías
Categoría f

14.4.- Fórmula de revisión de precios

Según el Decreto 3650/1970 de 19 de diciembre, la fórmula propuesta para la revisión de precios de la obra objeto del presente proyecto es:

$$K_t = 0,34 \cdot \frac{H_t}{H_0} + 0,26 \cdot \frac{E_t}{E_0} + 0,05 \cdot \frac{C_t}{C_0} + 0,18 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0,02 \cdot \frac{L_t}{L_0} + 0,15$$

Los símbolos empleados son los siguientes:

K_t = Coeficiente teórico para el momento de ejecución t

H_0 = Índice de coste de la mano de obra en el momento de la licitación

H_t = Índice de coste de la mano de obra en el momento de la ejecución

E_0 = Índice de coste de la energía en el momento de la licitación

E_t = Índice de coste de la energía en el momento de la ejecución

C_0 = Índice de coste del cemento en el momento de la licitación

C_t = Índice de coste del cemento en el momento de la ejecución

S_0 = Índice de coste de materiales siderúrgicos en el momento de la licitación

S_t = Índice de coste de materiales siderúrgicos en el momento de la ejecución

L_0 = Índice de coste de ligantes bituminosos en el momento de la licitación

L_t = Índice de coste de ligantes bituminosos en el momento de la ejecución

15. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

En base al contenido de los trabajos a realizar, expuestos en los puntos anteriores, el proyecto se conforma de la siguiente manera:

DOCUMENTO Nº1 : MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo 1: Antecedentes

Anejo 2: Diagnóstico de la situación actual

Anejo 3: Topografía

Anejo 4: Geología y geotecnia

Anejo 5: Climatología, hidrología y drenaje

Anejo 6: Estudio de alternativas

Anejo 7: Trazado geométrico

Anejo 8: Túneles

Anejo 9: Estructuras

Anejo 10: Plataforma y superestructura

Anejo 11: Estaciones

Anejo 12: Tratamientos especiales del terreno

Anejo 13: Movimiento de tierras

Anejo 14: Expropiaciones y ocupaciones temporales

Anejo 15: Gestión de residuos en obra

- Anejo 16: Estudio de impacto ambiental
- Anejo 17: Estudio de Seguridad y Salud
- Anejo 18: Plan de Control de Calidad
- Anejo 19: Plan de obra
- Anejo 20: Justificación de precios
- Anejo 21: Presupuesto para Conocimiento de la Administración

DOCUMENTO N°2 : PLANOS

1.- PLANOS GENERALES

- 1.1. Localización geográfica del proyecto
- 1.2. Plano de situación. Tramo de la línea R3 objeto de estudio
- 1.3. Topografía del terreno. Curvas de nivel
- 1.4. Perfil longitudinal del terreno

2.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

- 2.1. Alternativa A
 - 2.1.1 Plano de conjunto
 - 2.1.2 Plano de trazado por tramos
- 2.2. Alternativa B
 - 2.2.1 Plano de conjunto
 - 2.2.2 Plano de trazado por tramos
- 2.3. Alternativa C
 - 2.3.1 Plano de conjunto
 - 2.3.2 Plano de trazado por tramos
- 2.4. Plano de alternativas. Comparativa de trazados

3.- LA SOLUCIÓN PROPUESTA

- 3.1. Plano de conjunto. Director de hojas
- 3.2. Detalle del trazado de la solución propuesta

4.- PLANOS DE TRAZADO

- 4.1. Trazado en planta
- 4.2. Trazado en alzado
- 4.3. Director de hojas
- 4.4. Trazado en planta y perfil longitudinal

5.- SECCIONES TIPO

- 5.1. Sección tipo entre muros pantalla
 - 5.1.1. Definición por tramos
 - 5.1.2. Sección a cielo abierto entre muros pantalla en voladizo
 - 5.1.3. Sección a cielo abierto entre muro pantalla ejecutada con puntales provisionales
 - 5.1.4. Sección de falso túnel entre muros pantalla
 - 5.1.5 Sección de falso túnel entre muros pantalla y losa intermedia
- 5.2. Sección tipo túnel excavado con tuneladora
 - 5.2.1. Definición del tramo afectado
 - 5.2.2. Sección tipo túnel con tuneladora
- 5.3. Sección a cielo abierto
 - 5.3.1. Definición del tramo afectado
 - 5.3.2. Sección tipo cielo abierto

6.- TÚNEL

- 6.1. Localización del pozo de ataque y extracción de la tuneladora
 - 6.1.1 Plano general
 - 6.1.2 Detalle del emplazamiento del pozo de ataque
 - 6.1.3 Detalle del emplazamiento del pozo de extracción
- 6.2. Definición del anillo de revestimiento
- 6.3. Sistema de drenaje en el interior del túnel
- 6.4. Pozo de salida de emergencia

DOCUMENTO N°3 : PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

DOCUMENTO N°4 : PRESUPUESTO

- 4.1.- AMIDAMIENTOS
- 4.2.- CUADRO DE PRECIOS N°1
- 4.3.- CUADRO DE PRECIOS N°2
- 4.4.- PRESUPUESTO
- 4.5.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

16. RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo tiene por objeto la definición de las obras necesarias para la construcción del proyecto de desdoblamiento de la línea R3 de Cercanías a su paso por Montcada i Reixac.

Estimado que el presente proyecto reúne los requisitos exigidos en las normativas vigentes, y con lo expuesto en esta memoria y en todos los documentos que constituyen el proyecto, se considera que se verifican los objetivos de redacción y se somete a la aprobación de los organismos competentes.

Barcelona, 11 de junio de 2017

El ingeniero autor del proyecto,

Clàudia Capdevila Vilaró

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos