



**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

VARIANTE FERROVIARIA DE CUENCABUENA. LÍNEA 610 (BIFURCACIÓN TERUEL-SAGUNTO).

Autor:

ÓSCAR PIRIS GARCÍA

Directora:

ROSA VICTORIA VICENTE VAS

Fecha:

DICIEMBRE 2.015

INDICE DE CONTENIDO

1.	DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE LAS OBRAS	3
2.	UBICACIÓN Y ACCESOS	3
3.	SITUACIÓN PREVIA A LAS OBRAS	4
3.1.	ACONDICIONAMIENTOS PREVIOS	4
3.2.	ESTADO ACTUAL	5
3.2.1.	Situación	5
3.2.2.	Caracterización	5
3.2.3.	Infraestructura de vía	5
3.2.4.	Superestructura de vía	5
3.2.1.	Trazado	7
3.2.1.	Servicios eléctricos y comunicaciones	8
4.	NORMATIVA A CUMPLIR	10
5.	EXPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	11
5.1.	DESCRIPCIÓN	11
5.2.	PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TRAMO	12
5.3.	SECCIÓN TRANSVERSAL ADOPTADA	13
5.4.	ESPESORES DE BALASTO SELECCIONADOS	13
5.1.	SUPERESTRUCTURA A ADOPTAR	13
6.	CONEXIÓN CON EL TRAZADO ACTUAL	14
7.	GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA	15
7.1.	RECORRIDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	15
7.2.	APROVECHAMIENTO DE MATERIALES	16
7.3.	ESTABILIDAD EN DESMONTES Y RELLENOS	16
7.3.1.	TALUDES EN UNIDAD CA1	16
7.3.2.	TALUDES EN UNIDAD L1 Y L2	16
7.3.3.	MEDIDAS PARA ESTABILIZAR TALUDES	17
7.3.4.	RELLENOS	17
7.4.	EXCAVABILIDAD	18
7.5.	CIMENTACIONES	18
7.6.	FUENTES CONSULTADAS	18

8.	COMPENSACIÓN DE TIERRAS	18
9.	EMPLEO Y GESTIÓN DE EXCEDENTES	19
10.	OBRAS SINGULARES	20
10.1.	DRENAJE LONGITUDINAL	20
10.1.1.	Cuneta tipo A tierra	21
10.1.2.	Cuneta tipo B hormigón	21
10.1.3.	Cuneta tipo C hormigón	21
10.2.	CONSTRUCCIÓN PASOS INFERIORES	21
10.2.1.	P.I. PK 0+840	21
10.2.2.	P.I. PK 3+920	22
10.2.3.	P.I. PK 6+020	22
10.2.4.	P.I. PK 6+140	22
10.2.5.	P.I. 6+250	22
10.2.6.	P.I. PK 7+660	22
11.	RECTIFICACIÓN DE CAMINOS	22
12.	CARÁCTER DE LA OBRA A EFECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD	22
13.	DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO	23
14.	ANEJOS A LA MEMORIA	23
15.	DURACIÓN Y PRESUPUESTO DE LA OBRA	23
16.	CONCLUSIONES	23

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Tren Media Distancia a su paso por PK 20+600.....	4
Ilustración 2.	PK 20+200 en sentido Teruel, con limitación de 30 Km/h en el terraplén.	5
Ilustración 3.	Sujecciones elásticas y placas de fondo completamente desarmadas. PK 20+350.	6
Ilustración 4.	Estado de sujecciones Vossloh con carril-54 E1 y traviesas PR-90 fisuradas.	6
Ilustración 5.	Actuales traviesas PR-01 en buen estado. PK 28+900.....	6

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

Ilustración 6. Carril 60 E1 (año 2.007) en estado de conservación aceptable. PK 28+900. .6	
Ilustración 7. Vía en trinchera en PK 20+400, 70 Km/h (trenes tipo N).7	
Ilustración 8. PK 20+800 en alineación recta y terraplén a media ladera.7	
Ilustración 9. PK 26+200 en alineación recta, 90 Km/h (trenes tipo N).....7	
Ilustración 10. Servicios eléctricos sin protección y al descubierto. Sentido Teruel.8	
Ilustración 11. Paso de líneas eléctricas sin protección por un emboquille de ODT.....8	
Ilustración 12. PK 20+100 en terraplén, con servicios eléctricos en base talud de banqueta.8	
Ilustración 13. Inicio de traza en PK 19+730. Vista PK 20+000, sentido Teruel.9	
Ilustración 14. PK 20+000 de la actual vía, objeto de ampliación de plataforma.9	
Ilustración 15. PK 29+050, final de tramo de variante y acceso a estación de Ferreruela. Paso superior de carretera autonómica A-2511.....9	
Ilustración 16. Entrada a estación y apartadero. PK 29+200.....9	
Ilustración 17. Trazado de variante objeto de proyecto. Elaboración propia..... 11	
Ilustración 18. Representación de la tipología estructural adoptada.13	
Ilustración 19. Solución adoptada.13	
Ilustración 20. Trazado esquemático de las traviesas polivalentes (PR-01). Fuente: ADIF.14	
Ilustración 21. Elementos de un desvío. Fuente: <i>Desvíos</i> . Manuel Sanchez Doblado, CSIC. 15	
Ilustración 22. Volúmenes correspondientes a desvíos de conexión con el trazado actual. 19	
Ilustración 23. Gestión de movimientos de tierras y excedentes de la excavación.20	
Ilustración 24. Definición geométrica sección tipo de muro de escollera. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Ministerio de Fomento.21	
Ilustración 25. Reposición de caminos.22	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Volúmenes de compensación de tierras, en m ³19
Tabla 2. ODT a disponer en la traza.20

1. DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE LAS OBRAS

Dadas las determinaciones de ADIF de la ejecución de obras de mejora y renovación de vía de la red convencional dentro del plan global de actuaciones para la mejora permanente de infraestructuras de ancho ibérico, se ejecutará el tramo de variante de vía única convencional entre el PK 19+730 al PK 29+050 de la Línea 610 (Bif. Teruel-Sagunto) con una velocidad máxima de proyecto de 160 Km/h para trenes tipo N.

El objetivo es homogeneizar la línea con los restantes tramos finalizados, reduciendo los tiempos de viaje, aumentando la rentabilidad de la vía y mejorando parámetros de seguridad, confort y rapidez.

El tramo de vía actual se mantendrá una vez construida la variante, permitiendo el servicio al tráfico que realice paradas en el actual apeadero de Cuencabuena, además de servir como vía para tráfico lento o apartadero para convoyes de longitud mayor a 500 m.

La longitud del nuevo tramo de variante será la suficiente para mantener unas pendientes máximas no superiores al 20 por mil y radios de curvatura no inferiores a 1.300 metros, optimizando el nuevo trazado a las necesidades reales del tráfico directo entre Zaragoza y Valencia.

La velocidad de proyecto se establecerá en 160 km/h para trenes tipo N con ancho ibérico (1.668 mm). No obstante, se dispondrán traviesas polivalentes que permitan el cambio a ancho de vía internacional.

Ancho de vía	1.668 mm
Traviesas	Hormigón pretensado monobloque polivalente (PR-01-EA)
Carriles	60 E1 (90)
Espesor mínimo de balasto	20 cm
Espesor mínimo de subbalasto	20 cm
Espesor mínimo de capa de forma	30 cm
Radio máximo alineación curva	1.300 m
Radio mínimo acuerdo vertical	6.600 m

Longitud mínima de clotoide	160 m
Ancho de plataforma en recta	9 m
Ancho de plataforma en curva	9 m
Peralte máximo	160 mm

El tramo de ferrocarril convencional se diseñará como vía única sin electrificar, dado que la ejecución de doble vía sería una gran inversión en un tramo cuyo tráfico actual se considera insuficiente para ello, y por la existencia de corredores de alta velocidad. No obstante se introducirán medidas como la adopción de una plataforma de dimensiones adecuadas para una futura electrificación y/o duplicación de vía.

Las obras comprenderán el diseño y ejecución de estructuras como obras de drenaje transversal (ODT) y longitudinal para drenar la escorrentía procedente de cauces y vertientes que atraviesan la traza, y la preservación de zonas de paso para fauna y ganado. Se dispondrán los pasos superiores o inferiores necesarios para reponer los servicios de comunicación por la nueva obra a proyectar, en caso de que sean afectados.

2. UBICACIÓN Y ACCESOS

El área objeto de la obra pertenece a los términos municipales de Calamocha y Ferreruela de Huerva (Teruel). Se localiza en las hojas del M.T.N., E: 1:50.000, nº 491 denominada "Calamocha" y en la hoja nº 465 "Daroca". El acceso a la zona de estudio para vehículos y maquinaria es posible a través de dos vías principales:

- Carretera provincial TE-V-9 (Lechago a Cuencabuena).
- Carretera provincial TE-19 (Cuencabuena-Ferreruela de Huerva).
- Carretera autonómica A-2511 (Burbáguena-Segura de los Baños).

El tramo de vía objeto de variante tiene la función de conectar el valle del río Jiloca con el valle del río Huerva, atravesando las formaciones montañosas que ejercen de divisoria para posteriormente descender en dirección a Zaragoza.

3. SITUACIÓN PREVIA A LAS OBRAS

El tramo en el cual se proyecta la variante comprende desde el PK 19+730 hasta PK 29+050, lo que correspondería a los PK 0+000 al PK 9+295,741 de la nueva traza, respectivamente.

3.1. ACONDICIONAMIENTOS PREVIOS

La última mejora realizada en el trayecto objeto de variante fue una renovación de vía realizada en 2.007, dentro de un tramo de 29,9 kilómetros, en el cual no se modificó el trazado proyectado a principios de siglo XX.

Tramo Caminreal-Ferreruela de Huerva

- Longitud tramo: 29,9 kms.
- Licitada obra: 30 de Marzo de 2007 por 22'9 M. € y un plazo de ejecución de 12 meses.
- Adjudicación obra: ACCIONA – 25-Mayo-2007 por 17'7 M. €
- Inicio obra: Mayo 2.007

Las actuaciones ejecutadas en el tramo según ADIF fueron las siguientes:

- Depuración de la plataforma. Regeneración de la plataforma con la sustitución de material de espesor de 50 centímetros a partir de la capa inferior bajo el balasto. Ampliación de la plataforma por ripados (traslados) de vía.
- En la superestructura, la sustitución del carril, balasto, traviesas y sujeciones. El antiguo carril se sustituyó por **carril 60 E1** en vías generales y vías de apartado. También se instalaron **traviesas monobloque polivalentes PR-01** (aptas para dos anchos) y se utilizó nuevo balasto, nuevos aparatos de vía tipo P y una travesía de unión doble.
- La limpieza y adecuación del drenaje longitudinal, apertura de cunetas, limpieza, ampliación y nueva construcción de obras de drenaje transversal.
- La remodelación de las estaciones de Calamocha Nueva, Navarrete, Lechago, Cuencabuena y Ferreruela de Huerva, mediante nuevos andenes, alumbrado, marquesinas, señalización y mobiliario urbano. Pasos inferiores entre andenes y rampas de acceso con dificultades de movilidad.
- Actuaciones sobre estructuras e integración ambiental de los trabajos.
- Pantallas como medida de protección para reducir los efectos de la climatología, y nuevos muros guardabalasto.

Estas mejoras ejecutadas en 2.007 se consideran insuficientes, dado que el material móvil no es capaz de alcanzar la suficiente velocidad y seguridad ante un trazado totalmente inadecuado para las necesidades actuales de seguridad, rentabilidad y explotación de la línea. Existen limitaciones de carga para convoyes de mercancías debidas al precario estado de la vía en toda la línea.

La dificultad que ofrece la orografía del terreno trae como consecuencia unas velocidades máximas actuales del material móvil de 80 Km/h debido radios de curvatura inferiores a 500 metros, siendo 1.000 metros el radio mínimo que la normativa actual (NRV 0200) define para un ferrocarril de vía convencional. La pendiente máxima es algo inferior al 20 por mil mientras que los acuerdos verticales no cumplen la normativa vigente.

Un trazado obsoleto y el precario estado de la infraestructura por falta de mantenimiento, implica una falta de rentabilidad, deficiente explotación y disminución de la capacidad de un eje de comunicaciones vital para el desarrollo entre el levante y el norte peninsular, por lo que es imperativo ejecutar una variante del tramo que se adecue a los estándares y normativas actuales.



Ilustración 1. Tren Media Distancia a su paso por PK 20+600.

3.2. ESTADO ACTUAL

3.2.1. Situación

El tramo actual comprende desde PK 19+730 al PK 29+050 de la Línea 610 (Bif. Teruel-Sagunto). En primer lugar asciende paralelo al barranco de Cuencabuena por su margen derecha. En el tramo medio de este tramo ascendente entorno en un 17-19 por mil, se encuentra el apeadero ferroviario de Cuencabuena.

Posteriormente asciende hasta coronar en el paraje denominado "Las Hoyas" (1060,2 m.s.n.m), mediante un trazado en planta con curvas de radio máximo de 300-400 metros. Finalmente desciende con pendiente entorno al 17 por mil hasta el valle del río Huerva, en la que se encuentra la estación de Ferreruela de Huerva.

3.2.2. Caracterización

Todo el tramo de vía actual objeto de estudio está compuesto por alineaciones obsoletas que condicionan tanto la infraestructura como la superestructura.

Los primeros metros que comprenden el inicio de la nueva traza (PK 19+730) hasta la estación o apartadero de Cuencabuena (PK 22+000), se caracteriza por una infraestructura con problemas de mantenimiento, falta de bateo de vía, y una superestructura en estado pésimo por desgaste y falta de mantenimiento.

Los servicios de comunicaciones, tales como cable telefónico o líneas eléctricas se encuentran al descubierto y sin protección en determinados puntos de la vía.

Desde la estación de Cuencabuena (PK 22+000) hasta la estación de Ferreruela de Huerva, el estado de la actual superestructura se considera bueno. La plataforma no tiene síntomas de inestabilidad, mientras que el balasto parece estar en buen estado tanto por su naturaleza como por su colocación (bateo de vía).

3.2.3. Infraestructura de vía

El trazado se caracteriza por disponer de una infraestructura con problemas de estabilidad y hundimientos. La causa de estos problemas se encuentra en que la construcción de la línea a principios de siglo XX se basó en realizar las plataformas según las exigencias de la nivelación longitudinal de las vías, por lo que se consiguió la rasante deseada sin preocuparse de la calidad del terreno.

Una dilatada vida operativa de la plataforma unida a un escaso mantenimiento justifica una insuficiente capacidad portante y por lo tanto un servicio deficiente en determinados puntos del tramo. La consecuencia fue la limitación de la carga máxima a 20 toneladas por eje y la reducción de la velocidad a 30 Km/h en varios puntos, por ejemplo en los primeros metros de la nueva traza hasta el PK 20+200, sección en terraplén.



Ilustración 2. PK 20+200 en sentido Teruel, con limitación de 30 Km/h en el terraplén.

3.2.4. Superestructura de vía

La vía discurre en alternancia entre terraplén, trinchera y media ladera con la superestructura de vía compuesta por carril 54 E1 y 60 E1 en barra larga soldada (BLS), y traviesas de hormigón monobloque con balasto de tipo A silíceo.

La superestructura que compone los primeros metros de la nueva traza por la vía actual (PK 19+730) hasta la estación o apartadero de Cuencabuena (PK 22+000) se encuentra en un estado deficiente. Parte de las traviesas monobloque PR-90 fabricadas en 1.991 se encuentran fisuradas, de las cuales parte de sus sujeciones elásticas Vossloh entre carril 54 E1 y correspondientes placas de asiento están deterioradas y desarmadas. Esta composición de carril 54 E1 y traviesa PR-90 se prolonga hasta la estación o apartadero de Cuencabuena en el PK 22+000.



Ilustración 3. Sujeciones elásticas y placas de fondo completamente desarmadas. PK 20+350.



Ilustración 5. Actuales traviesas PR-01 en buen estado. PK 28+900.



Ilustración 4. Estado de sujeciones Vossloh con carril-54 E1 y traviesas PR-90 fisuradas.



Ilustración 6. Carril 60 E1 (año 2.007) en estado de conservación aceptable. PK 28+900.

3.2.1. Trazado

El tramo a renovar presenta curvas de con radios desde 300 metros y con una pendiente no superior al 20 por mil. Las rampas características en el tramo en estudio oscilan entre un 19 por mil en sentido par (Apartadero de Navarrete-Ferreruela), mientras que en sentido impar son de 18 por mil (Apartadero de Cuencabuena-Villarreal de Huerva).

La velocidad máxima del trayecto en determinados puntos es de 80-90 km/h, para trenes tipo N, incluyendo limitaciones puntuales de 30 Km/h., consecuencia de una deficiente conservación unida a la deformación de las vías provocada por la insuficiente capacidad portante e inestabilidad de la plataforma.



Ilustración 7. Vía en trinchera en PK 20+400, 70 Km/h (trenes tipo N).

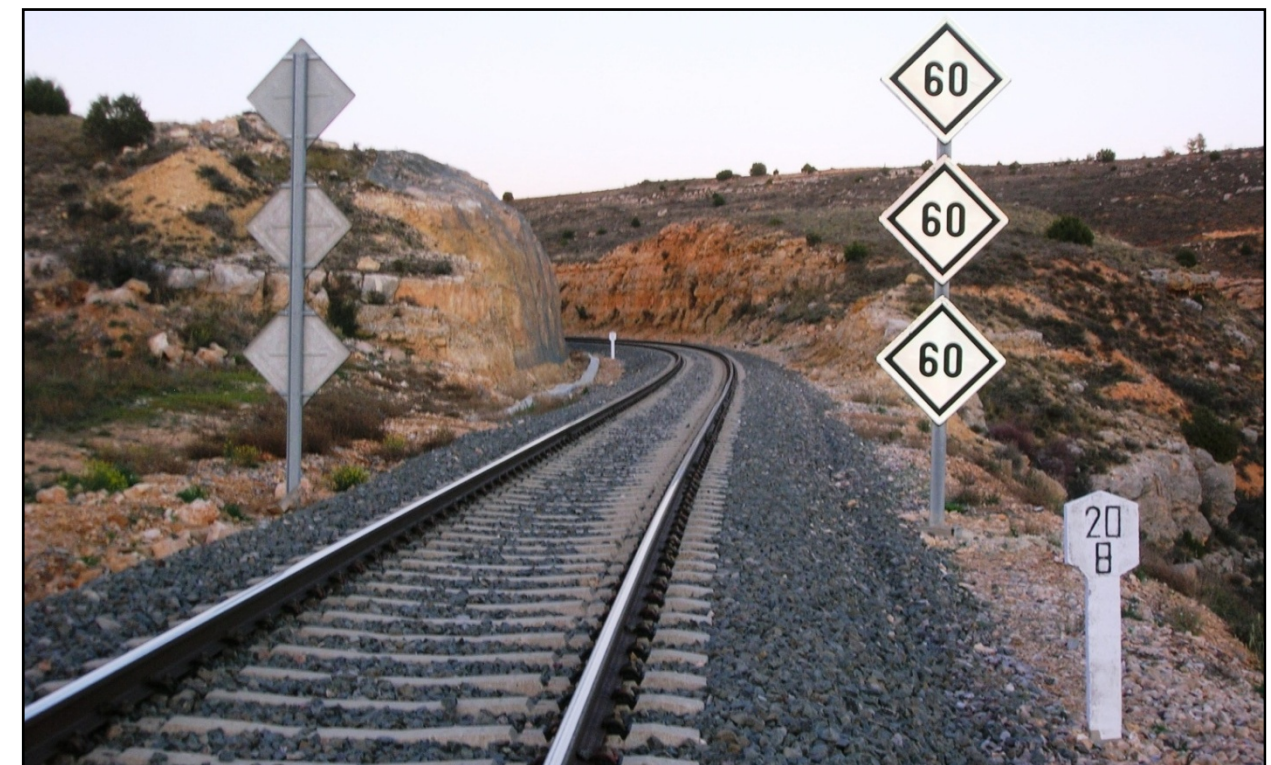


Ilustración 8. PK 20+800 en alineación recta y terraplén a media ladera.



Ilustración 9. PK 26+200 en alineación recta, 90 Km/h (trenes tipo N).

3.2.1. *Servicios eléctricos y comunicaciones*

Los servicios eléctricos existentes en la traza actual transcurren por la base de la banqueta de balasto en desmontes y por el pie del terraplén en rellenos, de los cuales en muchos puntos se encuentran totalmente desprotegidos ante efectos meteorológicos o por acción humana, con el peligro que ello supone. Se ejecutarán las canalizaciones pertinentes de los servicios de comunicaciones y de servicios eléctricos afectados que transcurrían por la antigua vía, acometiendo las canalizaciones especificadas por la normativa RENFE-ADIF.



Ilustración 10. Servicios eléctricos sin protección y al descubierto. Sentido Teruel.



Ilustración 11. Paso de líneas eléctricas sin protección por un emboquille de ODT.



Ilustración 12. PK 20+100 en terraplén, con servicios eléctricos en base talud de banqueta.



Ilustración 13. Inicio de traza en PK 19+730. Vista PK 20+000, sentido Teruel.



Ilustración 15. PK 29+050, final de tramo de variante y acceso a estación de Ferreruela. Paso superior de carretera autonómica A-2511.



Ilustración 14. PK 20+000 de la actual vía, objeto de ampliación de plataforma.



Ilustración 16. Entrada a estación y apartadero. PK 29+200.

4. NORMATIVA A CUMPLIR

Será de aplicación la normativa vigente en España. En particular se observarán las Normas e Instrucciones de la siguiente relación:

- Ley 16/1987 de 30 de julio, de Ordenación de los Transportes Terrestres (L.O.T.T.).
- R.D. 1.211/1990, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Ordenación de los Transportes Terrestres.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes PG-3, con sus posteriores Órdenes Ministeriales de modificaciones (PG-4).
- *Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF-6), balasto.*
- *Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF-7), subbalasto.*
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos, RC/97, de 16 de junio de 1997.
- NCSR-02 Norma Sismorresistente. (Real Decreto 997/2002).
- N.L.T. Normas de ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- Recomendaciones para el control de calidad de obras en carreteras, D.G.C. 1978.
- P.R.V. 7-0-1.0 Norma RENFE de seguridad en el trabajo. Trabajos ferroviarios más frecuentes
- P.R.V. 7-0-4.0 Norma RENFE de seguridad en el trabajo. Montaje de las instalaciones de vía
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M. 23.5.77) (B.O.E. 14.6.77).
- Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural EHE.
- La Orden Ministerial de 31 de agosto de 1987 sobre señalización, balizamiento, defensa, limpieza y terminación de obras fijas en vías fuera de poblado (Instrucción 8.3-I.C) según el desarrollo dado en la O.C. n 300/89 P:P: de la Dirección General de Carreteras.
- Norma 5.2. I.C. "Drenaje superficial".
- Orden Circular 306/89 P. y P. sobre calzadas de servicios y accesos a zonas de servicio, (Dirección General de Carreteras).
- Normas NBE y NTE. Según nueva clasificación sistemática de 4 de julio de 1983 BOE núm. 185 de 4/8/93 y posteriores órdenes de conformidad).
- Normas RENFE-ADIF Vía: (NRV).
- Pliegos de Condiciones RENFE-ADIF Vía (P.R.V).
- Normas U.I.C. de la Unión Internacional de Ferrocarriles.
- Normas de ensayo del laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
- Especificaciones técnicas de elementos y equipos de señalización según RENFE-ADIF.
- Instrucciones de conservación de Instalaciones de Seguridad:
- Especificaciones Técnicas de Materiales según RENFE-ADIF.

5. EXPOSICIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

5.1. DESCRIPCIÓN

A efectos del presente proyecto pueden distinguirse tres subtramos según el trazado de vía actual:

Un primer subtramo desde PK 19+730 hasta el PK 20+450, en el cual se reparará (trasladará) el actual eje de vía para adecuarlo al desvío proyectado respecto a la traza de variante, ampliando así la plataforma.

En este tramo también se ubicará el desvío del PK 0+640 de la nueva traza, situado entorno al PK 20+450 del actual trazado, cuya vía directa será la nueva traza a ascender hacia el Campo de Romanos, mientras que la vía desviada será la actual vía, sometida a ripados o traslados y a una ampliación de su plataforma.

Un segundo subtramo corresponde a los terrenos por los que se desarrollará la traza, en primer lugar ascendiendo hacia el Campo de Romanos por la margen izquierda del arroyo tributario al barranco de Cuencabuena, en desmante, por una ladera que alterna paquetes calizos con arcillosos hasta coronar la denominada meseta o Campo de Romanos. Posteriormente atravesará mediante alineación recta y en terraplén los parajes *La moratilla*, *Monte bajo* y *Los navajos*, para unirse mediante desvío a la traza actual entorno al PK 26+930.

El tercer subtramo comprende el trazado actual formado por tres alineaciones curvas de radio 500 metros (en desmonte), a sustituir por una nueva alineación curva mediante clotoides de entrada y salida (longitud 160 m.) de radio 1.300 metros para finalizar mediante alineación recta en el PK 29+050, antes del paso superior de la carretera A-2511. Este tramo comprende desde el PK 7+180 hasta el PK 9+275,741, punto final del tramo de variante y unión con la traza actual.

Las actuales alineaciones curvas serán desmanteladas y posteriormente restauradas con materiales excedentes para así crear una mayor superficie de campos de cultivo y accesos a las fincas colindantes.

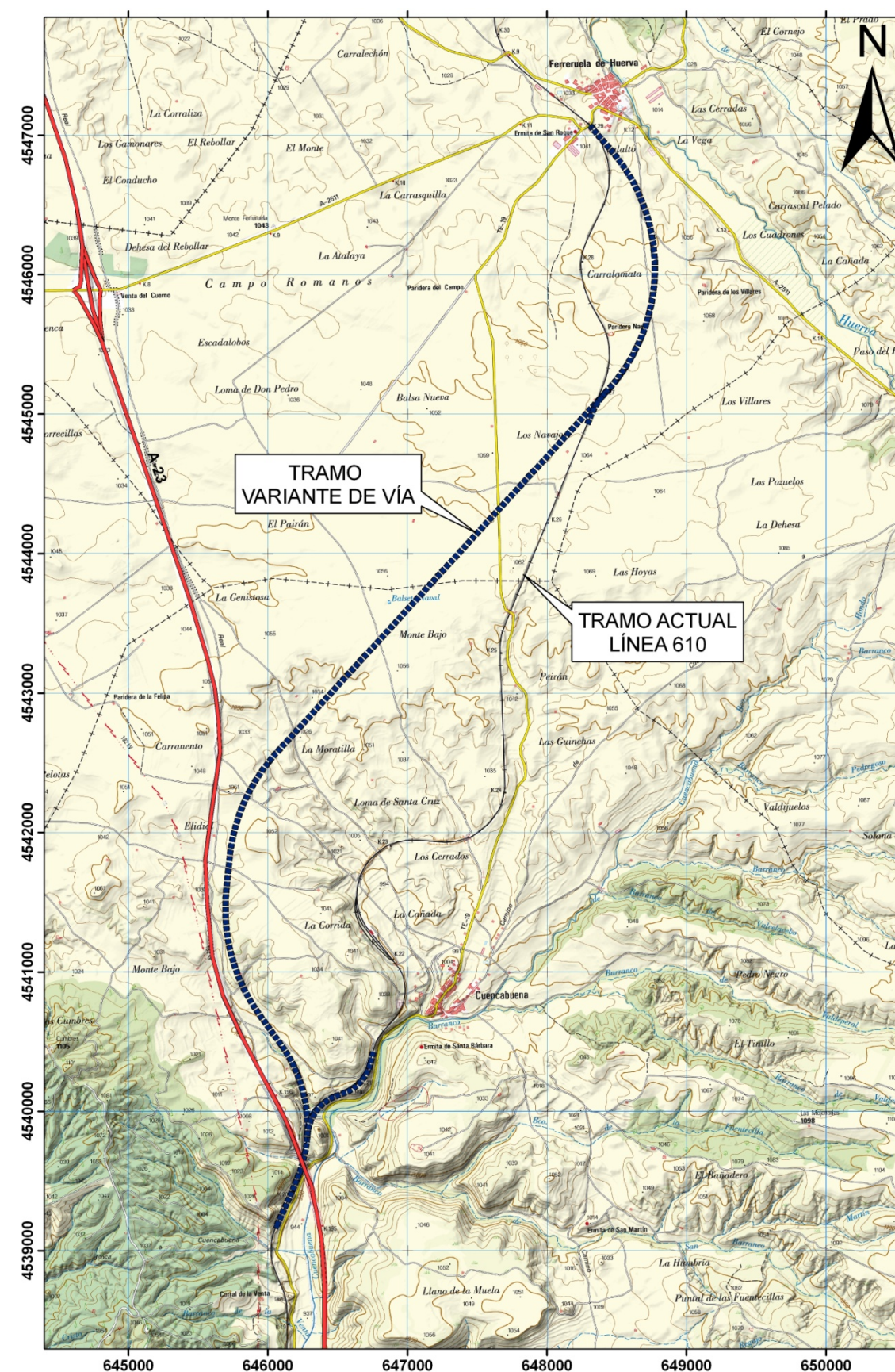


Ilustración 17. Trazado de variante objeto de proyecto. Elaboración propia.

5.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DEL TRAMO

El nuevo tramo a ejecutar será un tramo de vía única convencional no electrificada con una velocidad de proyecto de 160 Km/h.

Tanto el trazado en alzado como en planta están diseñados conforme a la normativa actual NRV 0200 (Normas RENFE Vía).

En cuanto a la explotación ferroviaria, los datos de partida son los siguientes:

- Velocidad máxima de circulación $V_{max} \leq 160$ Km/h.
- Velocidad mínima de circulación 80 Km/h.
- Ancho de vía 1.668 mm.
- El peralte máximo establecido será siempre inferior a 160 mm.
El trazado de vía tiene una velocidad de proyecto $V \leq 160$ Km/h, por lo que las alineaciones circulares se diseñaran con un radio mínimo de 1.300 metros.
- La primera alineación curva situada en los metros iniciales de la traza (PK 0+416) se ha diseñado con radio 1.000 metros ($V \leq 140$ Km/h) debido a los siguientes condicionantes externos:
 - En este punto se emplaza el desvío (tipo C) hacia el trazado actual, mediante alineación curva de radio 318 m. ($V \leq 80$ Km/h).
 - La existencia de las pilas del viaducto de Cuencabuena (autovía A-23) no permite un radio superior a 1.000 metros.
 - La dificultad orográfica de las laderas del barranco de Cuencabuena no posibilita radios y alineaciones compatibles con parámetros de alta velocidad.
- Este radio permite la compatibilidad con cualquier tipo de servicio afectado, sin necesidad de modificación de estos ante el paso del nuevo eje ferroviario.

A continuación se expondrán los parámetros que proporciona la normativa al respecto, con especial referencia a las normas N.R.V. y a los criterios que se tienen en consideración en la red convencional, ya que el marco normativo sale fuera del ámbito de las IGP de ADIF, al tratarse de una vía de la red convencional en ancho ibérico.

A continuación se muestran los principales parámetros de diseño según normas NRV a adoptar en la presente traza cuya velocidad de proyecto es inferior a 160 Km/h.

Líneas con velocidad de proyecto $V \leq 160$ Km/h	
Ancho	1.668 mm
Velocidad mínima en curvas	80 Km/h
Peralte máximo	160 mm
Insuficiencia de peralte	Normal 50 mm, Máximo 110 mm
Máximo exceso de peralte	Normal 80 mm, Máximo 110 mm
Máxima variación de peralte	45 mm/seg
Máxima variación insuficiencia de peralte	30 m/seg
Máxima variación de aceleración sin compensar	0,10-0,20 m/seg ²
Máx. aceleración vertical de acuerdos verticales	0,40 m/seg ²
Radio de curvatura en acuerdo vertical	6.600 m
Longitud mínima de rasante uniforme	80 m
Longitud mínima (normal) de alineaciones rectas o circulares	65 m
Longitud mínima de curvas de transición	160 m.

5.3. SECCIÓN TRANSVERSAL ADOPTADA

Como el tráfico máximo a 20 años horizonte de 8.916 Tn/día, una plataforma de categoría P2 cumplirá de manera óptima las necesidades actuales y futuras de tráfico, por lo que se escoge en todo el tramo una **plataforma media P2**.

- Elección como capa de terminación o de forma de suelo natural suelo QS1 saneado y estabilizado con cal (S-EST 2), con una dosificación de un 3% (referente al peso seco del suelo) de cal (CBR \geq 12 a 7 días) obteniendo como resultado una plataforma de capacidad portante media P2, correspondiente a la tipología de tráfico hallado.

Tendrá una densidad mínima en el conjunto del espesor de la capa no inferior al 97% de la densidad máxima Proctor modificado, estableciendo un 100% de la densidad máxima Proctor Modificado.

- Incorporación de un fieltro anticontaminante (geotextil) entre la capa de forma y la sub-base con el fin de evitar la disgregación de la capa de forma.
- Capa de fundación con un espesor de 0,15 metros formada por zahorra de buena calidad y bien graduada.

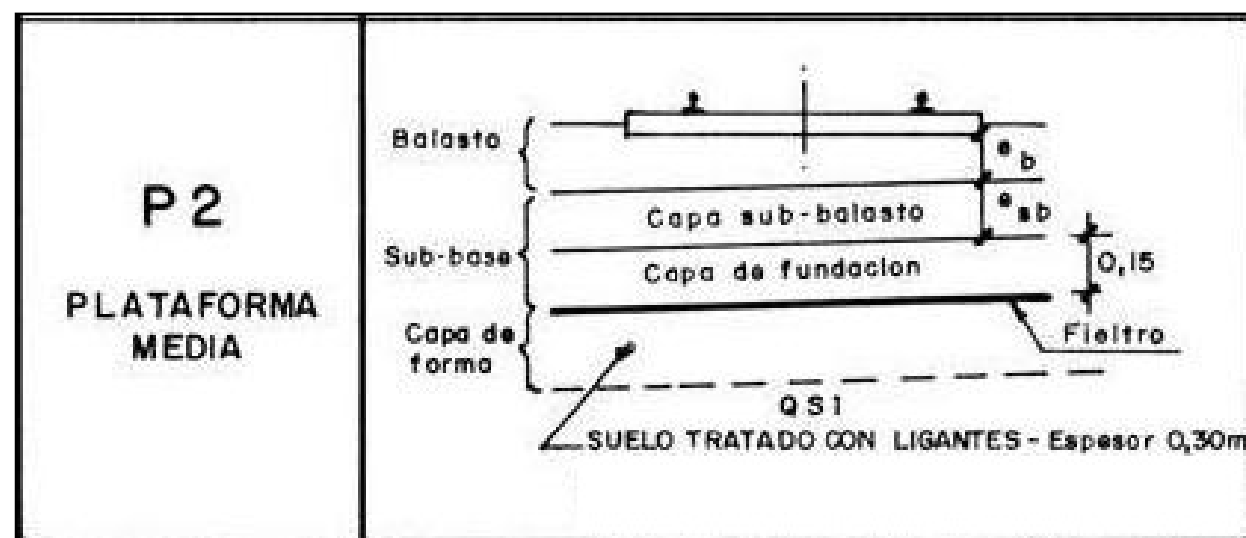


Ilustración 18. Representación de la tipología estructural adoptada.

5.4. ESPESORES DE BALASTO SELECCIONADOS

Se adoptará en todo el tramo un espesor de balasto bajo traviesa de 0,20 metros mientras que la capa de subbalasto no tendrá un espesor inferior a 0,20 metros. La disposición final de la sección estructural del tramo es representada a continuación.

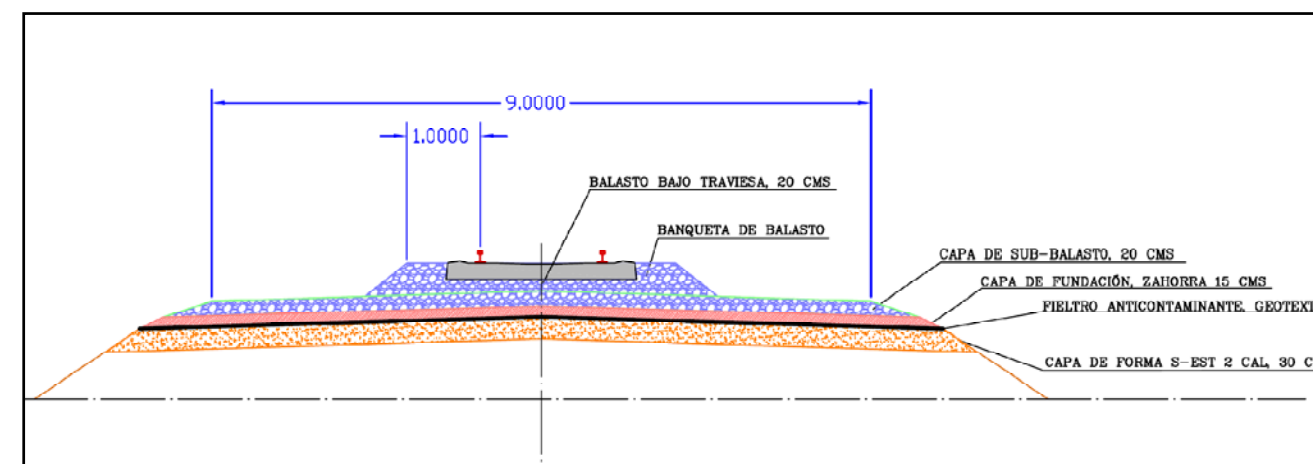


Ilustración 19. Solución adoptada.

5.1. SUPERESTRUCTURA A ADOPTAR

El carril implantado tanto en renovaciones como en modificaciones de trazado y variantes de vía convencional dentro de la línea 610 (Bifurcación Teruel-Sagunto) es de la tipología 60E1. En la actualidad el trazado objeto de variante está dotado de este tipo de carril.

El trazado conlleva unas alineaciones curvas con radio de 1.300 metros (160 Km/h) y un tráfico inferior a 13.700 Tn/día, por lo que el ábaco muestra el carril de 70 Kg./mm². (UIC 700; 700 MPa) como apropiado para su implantación. De cualquier modo, el empleo de carril de 90 Kg./mm². (UIC 900; 900 MPa) permite conseguir mayor homogeneidad en el desgaste de ambos hilos, aun en las curvas de pequeño radio. El coste de los carriles de 90 Kg./mm² es ligeramente superior al de los carriles de 70 Kg./mm², y la relación calidad/precio es muy favorable a los primeros, habiéndose llegado a demostrar que la duración de unos con respecto a los otros llega a duplicarse, por lo que se implantará el **carril de 90 Kg./mm². (60E1-900)**.

Se define la inclinación del carril como el ángulo entre el eje de simetría del perfil nuevo del carril fijado sobre su soporte y la perpendicular al plano de rodadura. El carril se monta desplomado hacia el interior de la vía para resistir mejor las acciones a las que está sometido y dándole una inclinación. Para ello se dispondrá una **inclinación transversal del carril de 1/20**.

- Se dispondrá de barra larga soldada (BLS) longitud de 288 metros (60E1/90).
- Longitud mínima de tramo de respiración de 387 m.
- Aparatos de dilatación en una longitud no menor a 775 metros a lo largo de todo el tramo.

Dada la experiencia de las traviesas polivalentes en la línea 610 y su excelente comportamiento frente a cargas y bateo, se utilizarán **traviesas de hormigón monobloque polivalente**.

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

PR-01 para carril 60 E1, por tener la particularidad de poder ser utilizadas para vía de ancho ibérico y vía internacional indistintamente, cuyo espacio entre ejes de traviesas **no supere 60 centímetros**.

Están previstas para ser montadas en vía de ancho ibérico pudiendo convertirse rápidamente en vía de ancho internacional para ser explotada cuando sea oportuno.

Es conveniente incluir la traviesa polivalente en todas las variantes, modificaciones de trazado y renovaciones de vía, pues su implantación facilita cualquier eventual proceso de cambio de ancho de vía en el futuro.

La traviesa polivalente PR-01 se dispone en las rectificaciones de la vía convencional que estén asociadas a la construcción de la nueva conexión de Alta Velocidad. Son traviesas de hormigón monobloque postensadas creada en 2001 con sujeción mediante plantilla a bajo carril, más elástica que la traviesa PR-90 (1990) con placas laterales de sujeción de plástico. La fijación al carril por lo tanto se realiza mediante sujeciones elásticas con clip SKL-1, tirafondo nº 9 y vaina Sdü21 en traviesas PR-90 o tornillo T-2 y vaina V-2 para traviesas PR-01. En ancho nacional soporta 22,5 t/eje. Estas traviesas son monobloque de hormigón pretensado con armaduras pretensas o postesas, con 4 casquillos o vainas de anclaje, que se colocan en los moldes antes del hormigonado de la traviesa en cualquiera de las modalidades de fabricación para que queden embutidos en la misma.

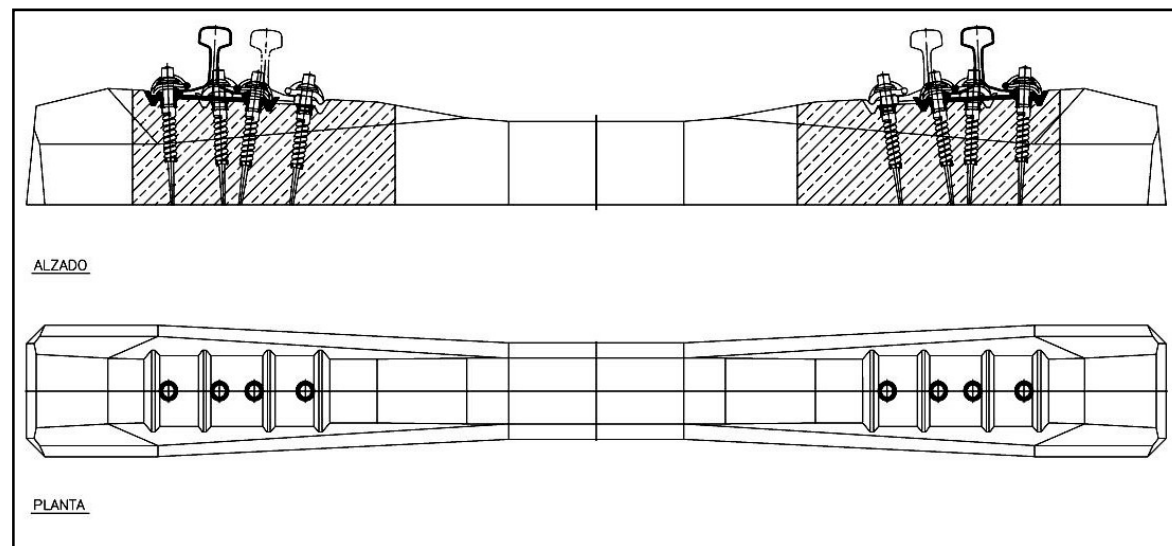


Ilustración 20. Trazado esquemático de las traviesas polivalentes (PR-01). Fuente: ADIF.

6. CONEXIÓN CON EL TRAZADO ACTUAL

El tramo de vía actual se mantendrá una vez construida la variante, permitiendo el servicio al tráfico que realice paradas en el apeadero de Cuencabuena, además de servir como vía para tráfico lento o apartadero para convoyes de longitud mayor a 500 m.

Ello supone la instalación de aparatos de vía que cumplan la función de desviar el tráfico entre ambas líneas, instalando un total de dos desvíos entre los trazados.

- El primero de ellos se instalará en PK 0+640, dirección Zaragoza, en sentido ascendente, con el fin de acceder al apeadero de Cuencabuena desde la nueva variante como vía directa hacia la actual vía en dirección NE por la vía desviada.
- El segundo desvío se situará en el denominado Campo de Romanos, PK 7+160, en dirección Teruel, sentido descendente, con el fin de acceder al apeadero de Cuencabuena desde la nueva variante como vía directa hacia la actual vía en dirección SE por la vía desviada.

Se procederá al ripado y desguarnecido de la vía actual con aportación de balasto nuevo en aquellos subtramos por los que la nueva traza se superponga.

El tramo de vía actual se mantendrá una vez construida la variante, permitiendo el servicio al tráfico que realice paradas en el apeadero de Cuencabuena, además de servir como vía para tráfico lento o apartadero para convoyes de longitud mayor a 500 m.

Ello supone la instalación de aparatos de vía que cumplan la función de desviar el tráfico entre ambas líneas, instalando un total de dos desvíos entre los trazados.

Ambos desvíos suponen la reposición de los metros iniciales entre el desvío de la nueva variante y el trazado actual. Esto implica una ampliación de la plataforma existente y un reajuste o ripado del material de vía actual que se encuentre en condiciones para ser reutilizado. Los listados de trazado en planta y alzado de las respectivas uniones entre la vía actual-desvío nueva traza se encuentran al final del presente documento.

Los desvíos se estudian para ser montados en vía recta siempre que sea posible, aunque por razones técnicas, económicas o funcionales tienen que instalarse en curva, siendo preciso recurrir a curvar los desvíos rectos.

En los siguientes apartados se describen las características, propiedades y geometría del tipo de desvío a ubicar entre las conexiones entre el trazado de la **nueva variante (vía directa)** y el **trazado actual (vía desviada)**.

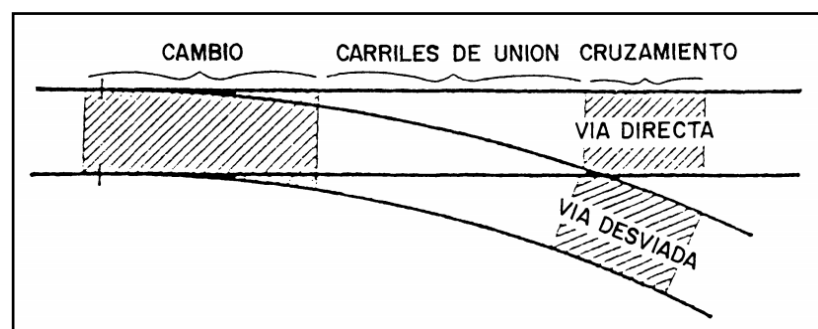


Ilustración 21. Elementos de un desvío. Fuente: Desvíos. Manuel Sanchez Doblado, CSIC.

Para las conexiones entre el trazado de la nueva **variante (vía directa) y el actual (vía desviada)**, se plantea un desvío tipo C, acorde a las necesidades actuales y futuras de la línea, permitiendo la circulación de trenes con velocidades hasta 200 km/h en su vía directa y, según modelos, entre 40 y 80 km/h en su vía desviada.

Están montados sobre traviesas no paralelas y normales a la vía directa sino que forman un pequeño ángulo con la anterior al objeto de que el error de perpendicularidad con la vía directa y con la desviada quede repartido.

Se clasifican en desvíos en recta y en curva, según sea la geometría de la vía directa. Los desvíos deben ubicarse dentro de las alineaciones rectas de la vía, siempre que ello sea posible, ya que su nivelación transversal, montaje, funcionamiento y mantenimiento son de mayor complejidad cuando están situados en curva.

Los desvíos en curva se clasifican en interiores y exteriores según se oriente la vía desviada hacia la concavidad o convexidad de la vía directa. Los desvíos exteriores, a su vez, pueden ser convergentes o divergentes; en el primer caso las curvaturas de ambas vías tienen el mismo sentido y en el segundo, sentido inverso.

Los desvíos tipo C admiten una velocidad máxima por vía directa de 200 km/h, con excepción del desvío de tangente 0,11 CR que sólo admite 160.

La velocidad por vía desviada es función de las características geométricas del desvío. Experimentalmente se ha llegado a la conclusión de que la velocidad mínima es de 30 km/h.

En los **desvíos en recta** queda definida por la fórmula:

$$V = 2,9 * \sqrt{R}$$

- R : Radio menor de la vía desviada (m.)
- V : Velocidad (km/h).

Tanto en los desvíos contruidos con carril 60 E1, si están en recta, la velocidad máxima por la vía desviada es de: 40 km/h en el de tangente 0,11 CR; 50 km/h en los de tangentes 0,09 CR y 0,11 CC y 60 km/h, en los de tangentes 0,075 y 0,09 CC.

Para los **desvíos en curva** es necesario tener en cuenta además el peralte "h" (mm) que puede ser positivo o negativo (desvíos divergentes). Se aplica la fórmula:

$$V = \sqrt{\frac{(115 + h) * R}{13,67}}$$

Para un peralte máximo de (160 mm. positivo), la velocidad máxima admisible por vía desviada será igual o inferior a 100 Km/h en vía curva. Se tomará una velocidad máxima por vía desviada de 80 Km/h.

Los desvíos tipo C a adoptar estarán compuestos de traviesas de hormigón, cuya vía directa y corazón serán curvos (vías en curva) dadas las exigencias del trazado. Sus matrículas se presentan a continuación:

- PK 0+640 **DS-C-60-318-0.09-CC-D**; ($V_{\text{DESVIADA}} \leq 80$ Km/h, $V_{\text{DIRECTA}} \leq 140$ Km/h).
- PK 7+180 **DS-C-60-500-0.09-CC-I**; ($V_{\text{DESVIADA}} \leq 80$ Km/h, $V_{\text{DIRECTA}} \leq 160$ Km/h).

La aguja de vía desviada es curva con radio de 318 o 500 metros y trazado tangente a su contraaguja, al contrario que las agujas para alta velocidad que es curva de tipo clotoide y de trazado tangente a su contraaguja.

- Los desvíos de tangentes 0,09 CC y 0,11 CC son aconsejables para vías en curva con desviación exterior.
- En las vías en curva, con desviación interior, es aconsejable el de tg. 0,09 CC, ya que proporciona mejor curvatura en la vía desviada.

7. GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

7.1. RECORRIDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

PK 0+000 a 3+500. La traza asciende por la margen derecha del angosto barranco de Cuencabuena. En gran parte de esta zona la traza transcurrirá a media ladera y en desmonte por donde actualmente se desarrolla el trazado, cortando los afloramientos de depósitos miocenos que flanquean el valle. Estos depósitos están constituidos en las zonas de menor cota por arcillas que engloban niveles de gravas silíceas y escasos conglomerados, a cuyo techo aparecen niveles de calizas con disposición horizontal o ligeras flexiones con buzamientos muy suaves.

P.K. 3+500 a 9+295. La ascensión desde el barranco de Cuencabuena a la meseta del Campo de Romanos se efectúa por la margen izquierda de un cauce tributario a la margen derecha del barranco de Cuencabuena, mediante un terraplén de altura 19 m. para posteriormente iniciar un desmonte entre paquetes calizos, margosos y arcillosos entre 25-30 m de profundidad

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

máxima. Al coronar la meseta, la traza llanea hasta el final del tramo por un relieve suavemente ondulado formado por arcillas con alguna capa de conglomerados y calizas. La plataforma se apoyará en esta meseta atravesándola mediante terraplenes entorno a 12 m. de altura máxima y pequeños desmontes (entorno a 9 m. máximo) al final de la traza.

La relación entre la descripción litológica realizada y la descripción geotécnica procedente del reconocimiento geotécnico del subtramo Calamocha-Romanos de la autovía A-23 (Autovía Mudejar) es la siguiente:

- *Unidad detrítica inferior. Conglomerados silíceos, limolitas y arcillas rojas (unidad 374 GEODE)*
 - *Unidad detrítica superior, Limolitas, conglomerados y niveles carbonatados (unidad 376 GEODE)*
 - *Unidad detrítica superior, Calizas y margas (unidad 383 GEODE)*
 - *Limolitas rojas y conglomerados (unidad 406 y 411 GEODE)*
 - *Gravas cuarcíticas y limos. (unidad 468 GEODE)*
- UNIDAD CO**

UNIDAD L1

UNIDAD CA1

UNIDAD L2

UNIDAD CO1

El análisis de los suelos existentes en la traza permite reconocer la clase de calidad de suelo soporte asignado con el fin de obtener la sección estructural óptima y elegir disposición, naturaleza y espesores de las capas de asiento. Los suelos presentes en el estudio se clasifican como:

Suelo 1. UNIDAD CO (unidad 374 GEODE)	No interfiere en traza.
Suelo 2. UNIDAD L1 (unidad 376 GEODE)	QS1.
Suelo 3. UNIDAD CA1 CALIZAS Y MARGAS BLANCAS (unidad 376 GEODE)	QS1.
Suelo 4. UNIDAD L2 (406 y 411 GEODE)	QS1.
Suelo 5. UNIDAD CO-1 (unidad 468 GEODE)	QS1.

Dado que por clasificación según normativa geotécnica toso los suelos quedan clasificados en la misma categoría, se considerará un suelo QS1 como suelo base para las capas de asiento.

El estudio de la elección de la sección de plataforma y capas de asiento a adoptar está desarrollado en el Anejo 4, dimensionado de la infraestructura.

7.2. APROVECHAMIENTO DE MATERIALES

El suelo presente en casi toda la totalidad del tramo a renovar son materiales arcillosos y calizos con capacidad portante media de CBR>5, por lo que se podrá emplear tanto para cimien- to, núcleo de terraplenes y suelo base en terraplenes y desmontes.

Se aplicarán como capa de forma mediante su estabilización con cal (S-EST2).

Las conclusiones sobre material procedente de préstamos son la posibilidad de obtener tanto suelo seleccionado (PG3/75) o suelo QS3 de los anteriores yacimientos descritos, incluyen- do el suministro de hormigón a pie de obra, a una distancia máxima aproximada entre 15-30 Km. **Estos depósitos pueden suministrar a la obra tanto el volumen necesario de suelo QS3 para capa de forma, como zahorras para su uso en la capa de fundación de la sub- base y hormigones de uso general en la obra.**

7.3. ESTABILIDAD EN DESMONTES Y RELLENOS

7.3.1. TALUDES EN UNIDAD CA1

Según los datos del proyecto Calamocha-Romanos de la autovía A-23, se adoptaron pen- dientes 1H:2V en taludes sin bermas, según el análisis anterior. En los taludes con terrenos es- tratificados de diferentes consistencias como en el caso de desmontes entre paquetes arcillosos, calizos y margosos, con alturas mayores a 15 metros, se realizará un talud de tipo berma tierra- roca, cuya anchura de bermas será de 2 metros. Dicho ancho de berma facilitará el acceso para el mantenimiento tanto de cunetas de guarda como del propio talud.

Se entenderá como roca la unidad CA1 mediante talud **1H:2V**, considerando el estrato menos consistente las unidades L1 y L2, con talud **1H:1V**.

Las bermas disminuyen las posibilidades de erosión al mismo tiempo que retienen los posi- bles desprendimientos de los estratos duros y éstos protegen a los más blandos contra los agen- tes atmosféricos.

7.3.2. TALUDES EN UNIDAD L1 Y L2

El talud 1:1 en materiales terciarios se adoptó de modo que cumpliese las condiciones de estabilidad requeridas para el material y a la vez evite la posible erosión por escorrentía de los mismos. Como solución se plantea un valor conservador de inclinación de talud para evitar pro- blemas de estabilidad y erosionabilidad tanto en obra como en su vida útil, facilitando así el mantenimiento de la infraestructura. Dada la composición del suelo para el desmonte se consi- deran unos taludes válidos para estas unidades de **1H:1V** en todo el trazado.

7.3.3. MEDIDAS PARA ESTABILIZAR TALUDES

El principal problema geotécnico que presentan las formaciones arcillosas es su erosionabilidad y posibles asientos por escorrentía superficial, por lo que será preciso proyectar medidas adecuadas de drenaje superficial para evitar estos problemas.

Los materiales calizos implican la ejecución de cunetas de pie de talud en hormigón y con suficientes dimensiones para la captación de posibles desprendimientos a la plataforma.

Los tratamientos para proporcionar estabilidad a los taludes consisten en:

- Bermas en taludes de altura mayor a 10 metros.
- Cunetas de guarda, en taludes de materiales arcillosos, con el fin de evitar su alteración y erosión por la escorrentía, no necesarias en materiales calizos.
- Cunetas de pie de talud en hormigón para la recogida de derrubios en desmontes de rocas y evitar así que lleguen a la vía.
- Bajantes revestidas para canalizar la escorrentía hacia la cuneta de seguridad.
- Colocación de tierra vegetal en zonas de poca pendiente
- Revegetación de los taludes en desmontes para reducir la erosión.

No se considera la presencia de nivel freático a nivel de explanación, por lo que no se adoptarán medidas especiales. No obstante, para el drenaje de eventuales manantiales o rezumes en los desmontes, se canalizaran con una bajante, para evitar la degradación del talud y los descalces de los niveles calcáreos.

7.3.4. RELLENOS

Los rellenos previstos en la traza descansarán sobre el substrato de las laderas (unidades L1, L2, CA1) o bien en cauces o vaguadas sobre depósitos de origen mixto aluvial-coluvial (unidad CO-1) bastante competentes, cuyo espesor es reducido.

Las características topográficas y condiciones del terreno de cimentación son adecuadas para el apoyo directo de los rellenos, ejecutando únicamente el desbroce y recompactación del substrato, salvo en rellenos apoyados sobre laderas con pendiente $>10^\circ$ en sentido transversal a la traza, cuya preparación mediante escalonado del área de cimiento (bermas excavadas en el substrato) facilitará su asiento y estabilidad.

Los rellenos podrán construirse utilizando el material procedente de los desmontes próximos. Se exigirá un grado de compactación del 95 % del Proctor Modificado para cimiento, núcleo y espaldones de terraplén y 100% del Proctor Modificado para coronación.

Los rellenos previstos se efectuarán con material de calidad aceptable, en general de tipo terraplén, procedentes de los desmontes de la traza, en mayor proporción de la unidad L2.

- Los terraplenes se construirán con los excedentes de desmonte de las unidades arcillosas L1 y L2. Se exige un grado de compactación cuya densidad seca mínima sea equivalente al 95 % y 100% (cuerpo y coronación, respectivamente) de la máxima obtenida en ensayos de compactación Proctor Modificado, mediante tongadas de 30 cm de espesor máximo medidos antes de compactar, para las unidades arcillosas en su conjunto (L1 y L2).
- El pedraplén se obtendrá de los desmontes en calizas y conglomerados de la unidad CA1 y de conglomerados de otras unidades, a destinar para bases de rellenos, ya sea en zonas anegables en avenidas, puntos bajos de vaguadas, etc. Se extenderá en tongadas de espesor máximo entre 0,70-1 m. La compactación será equivalente a un porcentaje igual o inferior al 15% de huecos en este tipo de rellenos.

Los rellenos que se apoyan sobre el aluvial de los cauces que componen el barranco de Cuencabuena no tienen problemas de estabilidad. En lo que se refiere a los asientos, serán importantes pero rápidos, de modo que no requerirán mejoras del cimiento.

Todos los rellenos restantes de la nueva traza descansarán directamente sobre el substrato (unidades CA1, L1, L2), por lo que no cabe esperar problemas de estabilidad ni de asientos.

En el proyecto de la autovía A-23 se efectuaron comprobaciones numéricas con el programa SLOPE/W del coeficiente de seguridad de un relleno de 16 m de altura, con talud 2V:3H, resultando totalmente estable. Dadas las conclusiones de los cálculos anteriores, se adoptará un talud 3H:2V para todos los rellenos a ejecutar en la traza.

Cuando la cimentación de los rellenos sea directamente sobre el substrato (unidades L1, L2, CA1) será admisible la cimentación directa efectuando únicamente la desbroza del terreno natural y la posterior recompactación de la superficie. Las laderas con más de 10° de pendiente en sentido transversal a la traza requerirán la excavación de bermas horizontales.

Se ejecutará el saneo y sustitución del terreno en la zona de transición entre desmonte y terraplén, en la cota de la base de la capa de forma mediante excavación en el terreno natural en 1 m de profundidad con un talud 2H:1V, sustituyendo por suelo QS1 (cuyo $\text{CBR} \geq 5$) excedente de desmontes, que será extendido y compactado con el resto del terraplén.

7.4. EXCAVABILIDAD

A la vista del reconocimiento detallado de las diferentes unidades situadas en la traza, los materiales L1, L2 y CO-1 son excavables por medios mecánicos convencionales, con uso de escarificador, o martillo en algunas zonas para rotura de niveles cementados.

Se prevé necesario el uso de explosivos mediante la técnica conocida como precorte en los paquetes calizos de la unidad CA1 o en macizos conglomeráticos en los que sea muy costoso el empleo de martillo picador.

7.5. CIMENTACIONES

La totalidad de los pasos inferiores y obras de drenaje transversal (ODT) podrán cimentarse con cimentaciones directas o zapatas. Las cimentaciones pueden ejecutarse con cementos ordinarios. Las cimentaciones de las estructuras proyectadas se apoyarán directamente sobre el substrato. Este se encuentra a escasa profundidad y presenta suficiente capacidad portante a partir del contacto suelo-roca, siendo admisible la cimentación directa en el substrato, adoptando presiones moderadas.

7.6. FUENTES CONSULTADAS

En el presente proyecto se han descrito las características geológicas y geotécnicas de los materiales existentes en la zona de estudio con el fin de conseguir un conocimiento de los materiales reconocidos para aplicar las distintas soluciones en la construcción de la variante ferroviaria. La investigación geológica y geotécnica del tramo en estudio se ha realizado tomando como base principal el *Proyecto de construcción del tramo Teruel-Zaragoza, subtramo Calamocha-Romanos de la autovía Levante-a Francia por Aragón A-23 (Autovía Mudejar), código 12-TE-2860 (año 2.000)*. Ministerio de Fomento.

Otras fuentes consideradas se presentan a continuación:

- Series MAGNA escala 1:50.000 realizada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), hojas 465 (Daroca) y 491 (Calamocha).
- Sistema de Información Cartográfica Continua (SIGECO). (IGME).
- *Estudio previo de terrenos, corredor Zaragoza-Valencia, tramo Daroca-Monreal del Campo*. Ministerio de Obras Públicas (1976).
- *Ingeniería Geológica*, Luis I. Gonzalez de Vallejo. Editorial Pearson.
- *Manual de Ingeniería Geológica*. IGME. 1994.

8. COMPENSACIÓN DE TIERRAS

En el siguiente apartado se presentarán los valores de la compensación de tierras, mediante un listado en el que se cubican dichas magnitudes entre secciones situadas a 500 metros a lo largo del eje de la obra, así como las correspondientes volúmenes de desmonte y o terraplén, en estas secciones. En dicha compensación se han aplicado los factores de desmonte a relleno (0,95), generándose los valores presentados.

Sin embargo, es necesario prestarle atención a los valores finales, pues de ellos se derivan algunas conclusiones. Estos son los siguientes:

- Volumen total de terraplén: 690.865 m³
- Volumen total de desmonte: 1.100.266 m³
- Volumen total de tierra vegetal: 87.652 m³
- Saldo de tierras: 409.401 m³ a favor de desmonte.
- Superficie total ocupada: 292.172 m².

Existe un exceso de tierras, puesto que el desmonte es mayor que el volumen de terraplenes. En realidad, era un dato esperable, dada la complicada orografía presente en la zona compuesta por laderas de gran pendiente y grandes diferencias de cotas, comparado con las pequeñas pendientes que la normativa ferroviaria toma como máximas en una obra como la proyectada (2%).

Es de destacar que el saldo de tierras es moderadamente elevado, generado por las condiciones anteriormente descritas y dada la dificultad del trazado en la zona circundante. El volumen de tierras sobrantes es del 37% de los desmontes realizados.

Por tanto, se genera un gran volumen de fuertes desmontes que darán lugar a un exceso de tierras, necesario de acopiar en algún vertedero o trasladar las tierras sobrantes a un emplazamiento donde se requiera dicho material para rellenos.

Se supone un espesor medio de tierra vegetal de 0,30 metros, según el Anejo 2, estudios geotécnicos. Los terrenos de la excavación pueden ser de diferentes tipos:

- Excavación en suelos (excavación mecánica convencional).
- Excavación en tránsito (mediante escarificador).
- Excavación en roca (excavación con voladura).

Puede afirmarse según el Anejo 2, estudios geotécnicos y aprovechamiento de materiales, que los materiales arcillosos donde se ubica el proyecto de construcción pueden ser excavados

por medios convencionales, cuyos niveles cementados se extraerán mediante escarificador (ripper), mientras que los materiales calizos deben extraerse mediante voladura.

Estación	V.Terra.	V.D.Tier.	V.D.Tran.	V.D.Roca	Compensación
0+000	0	0	0	0	0
0+500	12.693	12.671	0	0	-22
1+000	107.979	20.579	0	0	-87.400
1+500	160.436	29.083	0	0	-131.353
2+000	160.436	126.947	14.202	6.510	-12.778
2+500	160.436	365.255	79.359	50.540	334.718
3+000	160.436	593.753	139.476	70.761	643.554
3+500	160.436	772.690	173.069	77.120	862.443
4+000	225.496	776.287	173.069	77.120	800.980
4+500	273.800	776.287	173.069	77.120	752.676
5+000	298.923	776.908	173.069	77.120	728.174
5+500	365.487	776.908	173.069	77.120	661.610
6+000	468.884	776.908	173.069	77.120	558.213
6+500	571.382	776.908	173.069	77.120	455.715
7+000	607.713	776.908	173.069	77.120	419.384
7+500	614.803	777.859	173.069	77.120	413.245
8+000	627.822	811.585	173.069	77.120	433.952
8+500	628.119	848.428	173.069	77.120	470.498
9+000	668.138	850.013	173.069	77.120	432.064
9+295,741	690.865	850.077	173.069	77.120	409.401

Tabla 1. Volúmenes de compensación de tierras, en m³.

Los materiales excedentes servirán para ampliar la plataforma de la traza actual en las zonas donde se une el desvío de la variante con esta. Se procederá al ripado y desguarnecido de la vía actual con aportación de balasto nuevo en aquellos subtramos por los que la nueva traza se superponga, dado que el tramo de vía actual se mantendrá una vez construida la variante, permitiendo el servicio al tráfico hacia el apeadero de Cuencabuena.

Ello supone la instalación de aparatos de vía que cumplan la función de desviar el tráfico entre ambas líneas, instalando un total de dos desvíos entre los trazados, que suponen la reposición de los metros iniciales entre el desvío de la nueva variante y el trazado actual. Esto implica una ampliación de la plataforma existente y un reajuste o ripado del material de vía actual que se encuentre en condiciones para ser reutilizado. De dichos listados se obtienen los volúmenes brutos siguientes:

	PK	V.C.Forma	V.C.Subbase	C.Balasto	V.Terra	V.Desmorte
DESVÍO PK 0+640	0+860,729	3.089,58	3.063,51	2.012,02	96.195	7.301
DESVÍO PK 7+180	0+279,159	1.002,04	993,58	652,56	2347	56
TOTAL (m³)		4.091,62	4.057,09	2.664,58		

Ilustración 22. Volúmenes correspondientes a desvíos de conexión con el trazado actual.

En este caso la subbase (capa de fundación y subbalasto) en los desvíos provendrá totalmente de cantera, ya que la obtención de balasto de la línea actual en esos puntos supone complicaciones para el mantenimiento del tráfico ferroviario existente en el momento.

9. EMPLEO Y GESTIÓN DE EXCEDENTES

El saldo de tierras es moderadamente elevado, generando un volumen de tierras sobrantes del 37% de los desmontes realizados.

Por razones medioambientales y económicas, es recomendable hacer uso de la mayor cantidad posible de suelos presentes en la propia obra para ser utilizados en la misma.

Las ventajas de emplear los propios excedentes son:

- El empleo de suelos de la traza evita explotar nuevos yacimientos.
- La extracción del material directamente de la propia obra para ser posteriormente empleado en otro punto de esta evita el consumo de la energía, contaminación y las emisiones de vapores nocivos que se generarían en el proceso de explotación del material procedente de préstamo.
- La eliminación del transporte de los suelos disminuye las emisiones de CO₂ y otros contaminantes y reduce el daño que generan los combustibles y aceites, así como los impactos colaterales (polvo, erosiones y otros) que provoca sobre las carreteras y flora adyacentes.
- Ahorro considerable de la gestión de los materiales como residuo a vertedero autorizado.

La compensación de tierras de los desvíos, aplicando el factor de paso desmonte-relleno asignado a los materiales según el estudio geotécnico proporcionan las siguientes conclusiones:

	V.Terra	V.Desmorte	Compensación (m ³)
DESVÍO PK 0+640	96.195	6.936	-89.259
DESVÍO PK 7+180	2.347	53,2	-2.293,8
			-91.552,85

Por ello se necesitan 91.552,85 m³ para la ejecución de las ampliaciones de la plataforma, que procederán de los materiales sobrantes que sean de mayor calidad.

El proyecto de la autovía recomendaba contemplar la posibilidad de enviar a vertedero hasta un 10% del total de material excavado en el tramo como no aprovechable para rellenos, ante la aparición de lentejones erráticos de material inadecuado para núcleo y cimiento de terraplenes, por lo que del desmonte total de la variante (1.100.266 m³), **110.026,60 m³ se desti-**

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

narán directamente a vertedero (ya sea para restauración de la vía actual o para el hueco descrito anteriormente situado a 30 Km.), que compactados serán **104.525,27 m³**.

La capa de forma de la variante supone un total de **33.366,98 m³**, mientras que la capa de forma de los desvíos ascenderá a **4.091,62 m³**, por lo que el total de excedentes destinados a capa de forma es de **37.458,60 m³**.

Ello supone un volumen de excedentes de 280.390 m³, usados para la restauración de la vía a dismantelar **(PK 26+930-28+500)** y en material para ejecutar todos los víaes de acceso a la línea, de longitud 9.060 m.

Finalmente, el material no apto para rellenos **(104.525,27 m³)** será destinado para restaurar el hueco situado a 30 Km. de la traza.

El cuadro resumen con todos los volúmenes se muestra a continuación.

Gestión de tierras	Volumen (m³)
Compensación tierras variante	409.401
Compensación tierras desvíos	-91.552,85
Capa de forma variante	-33.366,98
Capa de forma desvíos	-4.091,62
Excedentes	280.390
Restauración vía (PK 26+930-28+500)	-62.427,6
Excedentes restantes	217.962
Material no apto (a vertedero 30 Km. traza)	104.525,27
Rellenos para viales de acceso	113.436,68

Ilustración 23. Gestión de movimientos de tierras y excedentes de la excavación.

10. OBRAS SINGULARES

Las obras comprenden la realización de estructuras compuestas por marcos de hormigón prefabricado para drenar la escorrentía procedente de los cauces que cruzan la traza.

Se comprenden, ocho obras de drenaje transversal. Se disponen tres marcos prefabricados de 4 metros de dimensión horizontal por 4 metros de dimensión vertical (ambas dimensiones referidas a luz libre), todos ellos en cauces relativamente importantes, como ramblas o barrancos de especial magnitud en el entorno considerado. La disposición de estos marcos, viene justificada generalmente por los mayores caudales de aguas a evacuar, pero también en algunos casos por la voluntad de preservar zonas de paso de fauna y pequeños caminos de ganado.

Las obras de drenaje transversal han sido calculadas hidráulicamente por el método que propone la Dirección General de Carreteras, Instrucción 5.2. IC Drenaje superficial, basado en un desarrollo de la ley de Manning. En todos ellos se evacua correctamente el caudal de diseño, así como resultan ciertas las condiciones de control en entrada, por lo que su diseño se comprueba acertado.

ODT	T (años)	Qmáx (m3/s)	Dimensiones (m)
ODT PK 0+500	100	1,11	2X2
ODT PK 0+840	100	10,23	4X4
ODT PK 0+900	100	2,10	2X2
ODT PK 3+620	100	4,37	2X2
ODT PK 3+920	100	1,74	4X4
ODT PK 6+140	100	7,74	3X3
ODT PK 7+660	100	3,67	4X4
ODT PK 9+020	100	2,49	2X2

Tabla 2. ODT a disponer en la traza.

También se han planteado soluciones constructivas para evacuar la escorrentía mediante obras de drenaje longitudinal en pie de desmonte, pie de terraplén, cunetas de coronación y en bermas.

Se comprenden, asimismo, cinco pasos inferiores, compuestos de marcos de hormigón prefabricado de 4,0x4,0 metros, para establecer los actuales caminos de acceso a fincas. El de mayor magnitud se encuentra proyectado en la carretera provincial TE-19, de dimensiones 7,0x5,0 metros.

10.1. DRENAJE LONGITUDINAL

El cálculo de los caudales de escorrentía pertenecientes a cada cuneta se ha realizado en el Anejo 7, climatología e hidrología. Se establecerán cunetas situadas a ambas márgenes de los desmontes de la vía (cunetas de pie de talud), dada la entidad de los desmontes en determinados puntos, por lo que se considerarán unas áreas de drenaje correspondientes a cada margen. En secciones en terraplén (tanto alineación recta como curva) se adopta una cuneta de pie, cuya escorrentía corresponderá al área de drenaje de la margen izquierda o derecha de la vía, dependiendo del lado donde se sitúe al pie del terraplén.

Las cunetas a calcular se dispondrán de pie de terraplén y pie de talud. Las cunetas a disponer en bermas y coronación serán calculadas en función del dimensionamiento de las principales cunetas descritas.

10.1.1. Cuneta tipo A tierra

Se asigna este tipo de cuneta en las cuencas con caudales no superiores a **0,2 m³/s en pendientes de 2%**, cumpliendo así las velocidades máximas establecidas por la norma.

Se adopta una cuneta sin revestimiento con talud 1H:1V, **profundidad de 0,3 metros y un ancho superficial de 0,80 metros**.

10.1.2. Cuneta tipo B hormigón

Se asigna este tipo de cuneta en las cuencas con caudales mayores a **0,8 m³/s e inferiores a 1,5 m³/s, en pendientes de 2%**, cumpliendo así las velocidades máximas establecidas por la norma.

Se adopta una cuneta con revestimiento de hormigón con talud 1H:1V, **profundidad de 0,4 metros y un ancho superficial de 1,30 metros**.

10.1.3. Cuneta tipo C hormigón

El caudal punta de escorrentía es de **3,52 m³/s en la cuenca 2A IZDA**, coincidiendo con el eje del cauce del barranco Escalerilla en la zona del pie de terraplén, por lo que se calculará un canal que supere dicho caudal y cumpla las velocidades máximas establecidas por la norma.

Se adopta una cuneta con revestimiento de hormigón y talud 1H:1V, **profundidad de 0,75 metros y un ancho superficial de 1,75 metros**, a disponer en pie del terraplén citado.

No obstante, se dispondrá de protección adicional para el terraplén. En rellenos donde la traza discorra de forma paralela o subparalela a barrancos, como en el caso del barranco Escalerilla, se evitará toda afluencia de agua que no sea la que pueda caer sobre la superficie del cimentado de los rellenos con medidas de protección como la ejecución de cunetas de pie de terraplén y el revestimiento de taludes cubiertos mediante escollera, protegiendo el talud del terraplén ante posibles erosiones.

Las recomendaciones del proyecto de la Autovía Mudejar, subtramo Calamocha-Romanos, es la ejecución de pedraplén proveniente de los excedentes de la unidad CA1, en base y espaldones de rellenos ubicados en cauces o vaguadas, cuyo pie pueda verse afectado por la escorrentía. La cara exterior del relleno deberá ser de escollera de roca sana (anchura no inferior a dos metros), cuya altura será igual al calado máximo que alcance el cauce (T=100 años).

Además, para evitar los procesos de erosión y socavación, el pie de estos rellenos deberá descansar sobre el substrato, o bien quedar empotrado en los suelos a un metro por debajo de la llanura aluvial. Según los cálculos efectuados se comprueba que el calado máximo para un

evento de precipitación correspondiente a un periodo de retorno de 100 años genera un calado en el cauce de 0,50 metros, estipulando un ancho medio de 5 metros.

Por esta razón se ejecutará como hipótesis conservadora, una protección de escollera en el talud del relleno correspondiente al barranco escalerilla con una altura no inferior a 2 metros.

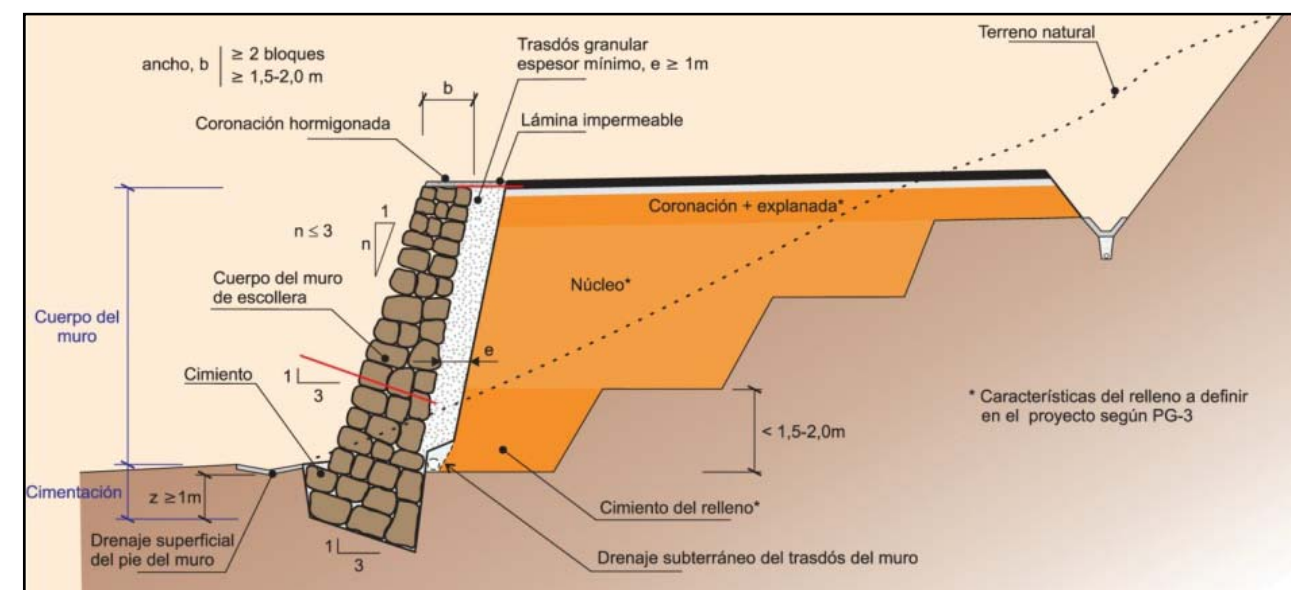


Ilustración 24. Definición geométrica sección tipo de muro de escollera. Fuente: Guía para el proyecto y la ejecución de muros de escollera en obras de carretera. Ministerio de Fomento.

10.2. CONSTRUCCIÓN PASOS INFERIORES

En actuaciones de este tipo, el criterio general consiste en la permeabilización de la nueva infraestructura mediante la disposición de pasos transversales a distinto nivel cada 1- 1,5 kilómetros. Sin embargo, esta medida no representa más que un criterio general que es necesario adaptar a las singularidades del área atravesada.

La zona de actuación se desarrolla en terreno rural, en el cual la mayoría de los viales interceptados son caminos de tierras que dan acceso a parcelas agrícolas. Únicamente se afecta la carretera provincial TE-19. En ambos casos, las correspondientes reposiciones son necesarias y se recogerán consecuentemente en el presente Anejo.

Se construirán nuevos pasos inferiores en los siguientes puntos:

10.2.1. P.I. PK 0+840

Punto donde el nuevo eje intersecta con el camino real o camino carretera vieja, en el PK 0+840. En PK 20+600 de la actual vía queda emplazado el paso inferior que cruza el camino denominado *Camino real* y a la vez sirve como ODT para el barranco Escalerilla, en el terraplén

DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA

construido para la vía del tren en 1931, compuesto por un arco de medio punto de hormigón, y de galibos horizontal y vertical entorno a 4 metros. Se construirá un paso inferior a la plataforma de vía adyacente al paso actual, que a su vez, cumpla como obra de drenaje transversal (ODT), mediante su rectificación, ampliación y restitución del trazado del camino y posterior conexión. Sus dimensiones serán de 4x4 metros.

10.2.2. P.I. PK 3+920

Se construirá un paso inferior en el denominado *Camino de Anento*, que restablezca el paso por el mismo, situado en el PK 3+920, a la altura de las parcela 35, polígono 203, t.m. Calamocha. Cumplirá una doble función de paso inferior y ODT. Sus dimensiones serán de 4x4 metros.

10.2.3. P.I. PK 6+020

El nuevo trazado atraviesa casi perpendicularmente la carretera provincial TE-19 (Lechago por Cuencabuena a Ferrerueta de Huerva), servicio a restituir mediante un paso inferior de dimensiones 7x5 m. embebido en el relleno, dado que la sección transversal de traza ferroviaria queda diseñada en terraplén.

10.2.4. P.I. PK 6+140

El paso inferior a emplazar en el PK 6+020 de la nueva infraestructura restablecerá en servicio de paso por el camino denominado *Camino de Cuencabuena*, que comunica la carretera provincial TE-19 con las fincas situadas al E, para posteriormente acceder por el paso inferior y ODT de la actual traza. Sus dimensiones serán de 4x4 metros.

10.2.5. P.I. 6+250

El paso inferior a emplazar en el PK 6+250 de la nueva infraestructura restablecerá en servicio de paso por el camino denominado *Camino de Cuencabuena*, que comunica su tramo sur con los campos situados al norte, en dirección Ferrerueta de Huerva. Sus dimensiones serán de 4x4 metros.

10.2.6. P.I. PK 7+660

Se construirá un paso inferior en el camino que parte de la carretera autonómica A-2511 (a la altura del núcleo de Ferrerueta de Huerva, en dirección Lagueruela) hacia la planicie formada

por los campos de secano situados al S-SE. Dicho paso superior servirá también como ODT, situado en el PK 7+660, en el paraje denominado Los Billares, t.m. Ferrerueta de Huerva.

Sus dimensiones serán de 4,0x4,0 metros.

11. RECTIFICACIÓN DE CAMINOS

La implantación de la nueva infraestructura ferroviaria requiere la rectificación del trazado de algunos caminos existentes, bien para dar continuidad al trazado por una de las márgenes o bien para reconducirlos a alguna de las estructuras objeto de actuación (pasos inferiores de nueva ejecución). De igual forma se plantea, dentro del límite de la expropiación caminos de servicio a lo largo del trazado, que faciliten el acceso a fincas colindantes, caminos y a la vía proyectada con objeto de llevar a cabo labores de mantenimiento y de evacuación en caso necesario.

REPOSICIÓN DE CAMINOS (m)	
ACCESOS PI 0+840	250
CORONACIÓN DESMONTE 1+500	600
ACCESOS PI 3+920	800
ACCESOS PI 6+250	400
ACCESOS PI 7+660	1400
CAMINO DE SERVICIO	9060
Longitud total (m)	12.510

Ilustración 25. Reposición de caminos.

Para el caso de caminos de tierras, la reposición mantendrá la anchura del camino existente. A efectos de valoración, se considera una anchura de plataforma de 5 m y una sección de firme de 30 cm de zahorra artificial sobre 30 cm de suelo adecuado (excedentes de la traza).

12. CARÁCTER DE LA OBRA A EFECTOS DE SEGURIDAD Y SALUD

En cumplimiento del Real Decreto 1627/1197, de 24 de octubre, por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, así como de las modificaciones introducidas por la Ley 54/2003 de 12 de diciembre, en el Documento nº5, Estudio de Seguridad y Salud, elaborado para la ejecución de las obras.

En él se identifican los riesgos que su realización conlleva, indicándose las normas y protecciones que deberán seguirse durante la ejecución de las distintas unidades de obra, así como las medidas establecidas para la eliminación de dichos riesgos.

13. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

- DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS.
- DOCUMENTO Nº2. PLANOS.
- DOCUMENTO Nº3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.
- DOCUMENTO Nº4. PRESUPUESTO.
- DOCUMENTO Nº5. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.
- DOCUMENTO Nº6. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

14. ANEJOS A LA MEMORIA

A continuación se presenta una relación de anejos a la memoria existentes en el proyecto.

- ANEJO 1. ANTECEDENTES.
- ANEJO 2. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y APROVECHAMIENTO DE MATERIALES.
- ANEJO 3. CÁLCULO DE TRAZADO DE LA LÍNEA.
- ANEJO 4. DIMENSIONADO DE LA INFRAESTRUCTURA.
- ANEJO 5. DIMENSIONADO DE LA SUPERESTRUCTURA.
- ANEJO 6. ESTUDIO DEL BALASTO.
- ANEJO 7. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA.
- ANEJO 8. DRENAJES.
- ANEJO 9. MOVIMIENTO DE TIERRAS.
- ANEJO 10. EXPROPIACIONES.
- ANEJO 11. SERVICIOS AFECTADOS Y REPOSICIÓN DE SERVICIOS.
- ANEJO 12. ESTUDIO DE CALIDAD Y GESTIÓN DE RESIDUOS.
- ANEJO 13. PLAN DE OBRA.
- ANEJO 14. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.
- ANEJO 15. REPORTAJE FOTOGRÁFICO.

15. DURACIÓN Y PRESUPUESTO DE LA OBRA

La duración de la obra se ha estimado en 186 días, jornadas de 8 horas, incluidos fines de semana. El presupuesto de la obra se presenta a continuación:

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
CAP0	DESPEJE Y DESBROCE.....	113.947,08	1,13
CAP1	MOVIMIENTOS DE TIERRAS.....	3.321.376,62	32,97
CAP2	OBRAS DE FÁBRICA.....	610.067,95	6,06
CAP3	CAPA DE FORMA.....	201.527,27	2,00
CAP4	CAPAS DE ASIENTO.....	1.212.970,44	12,04
CAP5	SUPERESTRUCTURA DE VIA.....	3.008.044,25	29,86
CAP6	SEÑALIZACIONES.....	8.927,04	0,09
CAP7	REPOSICIÓN DE SERVICIOS.....	1.040.432,31	10,33
CAP8	DRENAJE LONGITUDINAL.....	103.670,10	1,03
CAP9	DESMONTAJE DE VÍA.....	10.487,60	0,10
CAP10	REPOSICIÓN Y ADECUACIÓN DE CAMINOS.....	198.306,78	1,97
CAP11	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	243.794,32	2,42
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		10.074.351,76	
13,00% Gastos generales.....		1.309.665,73	
6,00% Beneficio industrial.....		604.461,11	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.914.126,84	
SEGURIDAD Y SALUD.....		9.437,31	
SUMA		9.437,31	
21,00% I.V.A.....		2.519.562,34	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		14.517.478,25	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		14.517.478,25	

El presupuesto de ejecución material (PEM) asciende a 10.074.351,76 €, siendo el presupuesto base de licitación (PBL) suma un total de **14.517.478,25 €** -CATORCE MILLONES QUI- NIENTOS DIECISIETE MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y OCHO CON VEINTICINCO CÉNTIMOS-.

16. CONCLUSIONES

Considerando que se ha redactado con la interpretación correcta de las instrucciones reci- bidas y a la normativa vigente, y que sirve de base para la ejecución de las obras; se estima haber cumplido el objeto, presentándose para su aprobación.

Óscar Piris García.

Autor del proyecto.