



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DE VÍA FERROVIARIA EN BALASTO FRENTE A VÍA EN PLACA Y MONTAJE DE SUPERESTRUCTURA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTIERA FRANCESA. TRAMO PUENTE DE EBRO-LLEIDA. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA VÍA EN PLACA

Memoria

Trabajo Final de Grado

Titulación: Grado en Ingeniería Civil
Curso: 2014/15

Autor: Cases Villar, Javier
Tutor: Ricardo Insa Franco

Valencia, junio de 2015

ÍNDICE DE LA MEMORIA

ÍNDICE DE PLANOS	3	4.2. ELEMENTOS DE LA VÍA RHEDA 2000	13
ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN ADICIONAL	4	Losa de apoyo y capa de forma	13
1. INTRODUCCIÓN A LA VÍA EN PLACA	4	Losa principal	13
1.1. HISTORIA	4	Travesía tipo B355	13
1.2. CONCEPTO DE VÍA EN PLACA	4	Sujeciones tipo Vossloh 300-1	13
2. CONDICIONANTES DE LA VÍA	5	Carril E1-60	14
2.1. TRAZADO	5	Caces y Arquetas	14
2.2. TOPOGRAFÍA	6	Postes eléctricos y catenaria	14
2.3. GEOTECNIA	6	4.3. MAQUINARIAS Y EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA	14
Descripción del terreno y puntos de interés	6	Maquinaria de excavación	14
Comprobación de hundimiento	7	Extendedora de encofrado deslizante	14
Comprobación de asientos	7	Encofrados	14
Comprobación de inestabilidad global	7	Pórticos de nivelación	14
3. TIPOLOGÍA ESCOGIDA	8	5. MONTAJE DE LA VÍA	14
3.1. TIPOLOGÍA DE VÍA EN PLACA	8	5.1. EJECUCIÓN DE LA VÍA MEDIANTE SISTEMA EDILON	14
Coste de implantación	8	Procedimiento	14
Coste de mantenimiento	8	Tolerancias	16
Reparación y sustitución de materiales. Vida útil de los componentes	9	Recomendaciones	16
Facilidad de ejecución. Rendimientos de ejecución	9	5.2. EJECUCIÓN DEL SISTEMA RHEDA 2000	17
Vibraciones y ruidos	9	Procedimiento	17
Homologación en alta velocidad	10	Tolerancias	18
Experiencia de aplicación	10	Recomendaciones	18
3.2. CONCLUSIÓN	11	5.3. TRANSICIÓN ENTRE LOS DOS SISTEMAS	18
4. EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y ELEMENTOS DE LA VÍA EN PLACA	12	6. RECEPCIÓN DE LA VÍA	18
4.1. ELEMENTOS DE LA VÍA EDILON	12	6.1. GENERALIDADES	18
Capa de forma	12	6.2. PROCEDIMIENTO	19
Losa de apoyo	12	6.3. RECEPCIÓN DE LA VÍA	19
Losa principal	12	6.4. ACTA DE RECEPCIÓN	19
Carril UIC-60	13	6.5. PERIODO DE GARANTÍA DE LOS TRABAJOS	19
Caces y Arquetas	13	7. INTERCAMBIADOR DE EJES	19
Corkelast VA-60 EDILON	13	7.1. DESCRIPCIÓN	20
EDILON Primer U90WB	13	7.2. ALCANCE	20
EDILON Primer 21	13	7.3. ELECTRIFICACIÓN	20
EDILON ERS Fillerblock	13	8. CAMBIADOR DE ANCHOS	20
Postes eléctricos y catenaria	13	9. DRENAJE	20
		9.1. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE	20
		9.2. ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL	22

Obras de drenaje en obras de tierra.....	22
Cunetas	23
Arquetas	23
Caces de media caña	23
10. ELECTRIFICACIÓN	24
10.1. APOYO	24
10.2. CATENARIA	24
11. PRESUPUESTO	24
11.1. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA	24
11.2. PRECIOS UNITARIOS, PEM Y PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	25
12. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	40
13. RECOMENDACIONES EN SEGURIDAD Y SALUD	41
13.1. MEDIDAS COLECTIVAS PREVENTIVAS Y ORGANIZATIVAS	41
13.2. EPI.....	41
13.3. MEDIDAS EN ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE ALTO RIESGO	41
14. RECOMENDACIONES CONTRA EL IMPACTO AMBIENTAL	41
14.1. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS.....	41
14.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	42
15. SECCIONES TIPO	42
15.1. SECCIÓN EN TERRAPLÉN.....	42
15.2. SECCIÓN EN DESMONTE.....	42
15.3. DETALLE DIMENSIONES CARRIL UIC-60.....	42
15.4. DETALLE DEL CARRIL EMBEBIDO	43
16. BIBLIOGRAFÍA.....	44

ÍNDICE DE PLANOS

1. Sección en terraplén de Rheda 2000

2. Sección en terraplén de Rheda 2000: Plataforma

3. Sección en desmonte de carril embebido Edilon y detalles

4. Sección en desmonte de carril embebido Edilon: Plataforma

5. Sección en terraplén vía en balasto

6. Sección en desmonte vía en balasto

ÍNDICE DE DOCUMENTACIÓN ADICIONAL

1. Memoria del montaje de vía en balasto (Parte individual de Antonia Mestre)
2. Comparación final
3. Anejo Geotécnico
4. Anejo de Trazado
5. Anejo Topográfico
6. Anejo de Recepción de vía
7. Anejo del Intercambiador de ejes

1. INTRODUCCIÓN A LA VÍA EN PLACA

1.1. HISTORIA

La vía en placa nace en Japón, en la década de los 60 como solución a la problemática causada por el mantenimiento de la calidad geométrica en vías de alta velocidad. A partir de los años 70, se proyectaron algunas soluciones con vía en placa, cuyo principal objetivo era substituir el balasto.

La vía en placa siempre ha estado estrechamente relacionada con la alta velocidad. De hecho, se conoce desde siempre como una alternativa al balasto con capacidad para reducir las operaciones y los costes de mantenimiento de la vía. Dichos costes siempre aumentan en vías de alta velocidad.

No obstante, la continúa mejora de la maquinaria empleada en el mantenimiento de la vía convencional, provocó que en la década de los 80 la mayoría de las líneas de alta velocidad se construyeran sobre balasto, debido al excesivo coste de implantación que suponía la construcción de una vía en placa.

En los últimos años, el aumento de la velocidad y del tráfico circulante por vías de alta velocidad, ha provocado un aumento de la degradación del balasto en la vía tradicional. En algunos casos particulares, como fue la línea Paris Sud-Est a Lyon, se decidió substituir todo el recorrido con vía en placa.

En algunos países como Alemania, se tomó la decisión, a partir de los años 90, de realizar cualquier nueva línea de alta velocidad con vía en placa. También hay que considerar que la calidad del balasto varía notablemente según la zona geográfica. Esta cuestión es muy relevante a la hora de elegir el tipo de vía.

Otro aspecto que se quiso eliminar con la introducción de la vía en placa en líneas de alta velocidad, es el vuelo del balasto que provoca graves daños, tanto en los trenes como en los carriles, cuando en una vía se superan los 300 km/h.

1.2. CONCEPTO DE VÍA EN PLACA

La vía en placa es una vía de ferrocarril que en lugar de estar apoyada sobre una cama de balasto como en una vía tradicional, se apoya sobre una losa de hormigón o sobre una lámina de asfalto. Además, existen una multitud de tipologías según el material en el que se apoyan los carriles y el tipo de apoyo que implica, que puede ser continuo o discontinuo.

Dentro de las tipologías existentes mediante apoyo discontinuo, se distinguen dos grandes grupos en función de la presencia o ausencia de traviesas. En caso de no emplear traviesas se distingue la vía en placa ejecutada mediante placas prefabricadas como es el caso de la vía en placa de Japón, donde se emplean placas prefabricadas y bolardos. Otra opción es la vía en placa IPA de origen italiano que se caracteriza por los topes semicilíndricos situados en los extremos de la parte inferior de la losa, o la vía Bögl de origen alemán en la que se integran pernos para facilitar el posicionamiento de la losa.

Existe también la posibilidad de ejecutar una vía en placa sin traviesas in situ, ejemplo de ello son los sistemas Paved Concrete Trackbed (PACT) y Crailsheim.

La tipología que emplea traviesas se divide, a su vez, en dos grupos según el material empleado en la placa. Cuando la placa se realiza en asfalto, las traviesas se disponen simplemente apoyadas. Los principales ejemplos para esta tipología son los sistemas ATD y Getrac.

Los sistemas con traviesas embebidas, implican que la losa sea de hormigón. El exponente principal de esta tipología es el sistema Rheda 2000. Sin embargo, existen otros sistemas menos conocidos como el sistema Heitkamp, Stedef, SAT S312, Coopsette, LVT o el sistema de bloques Edilon.

Por último, se puede encontrar los sistemas de apoyo continuo, donde el carril se coloca en las acanaladuras de la losa de hormigón y queda embebido asegurando la adherencia entre el carril y el hormigón. Los distintos sistemas de esta tipología se distinguen por el material vertido en las acanaladuras. El sistema más conocido de carriles embebidos es el sistema Edilon que emplea Corkelast para unir los carriles a las losas, pero existen otros sistemas como el sistema Balfour Beatty que emplean placas elásticas reemplazables.

Además de todos los sistemas descritos existen otros aunque con mucha menos relevancia, por lo que no se entrará en ellos. La siguiente figura resume las principales tipologías descritas:

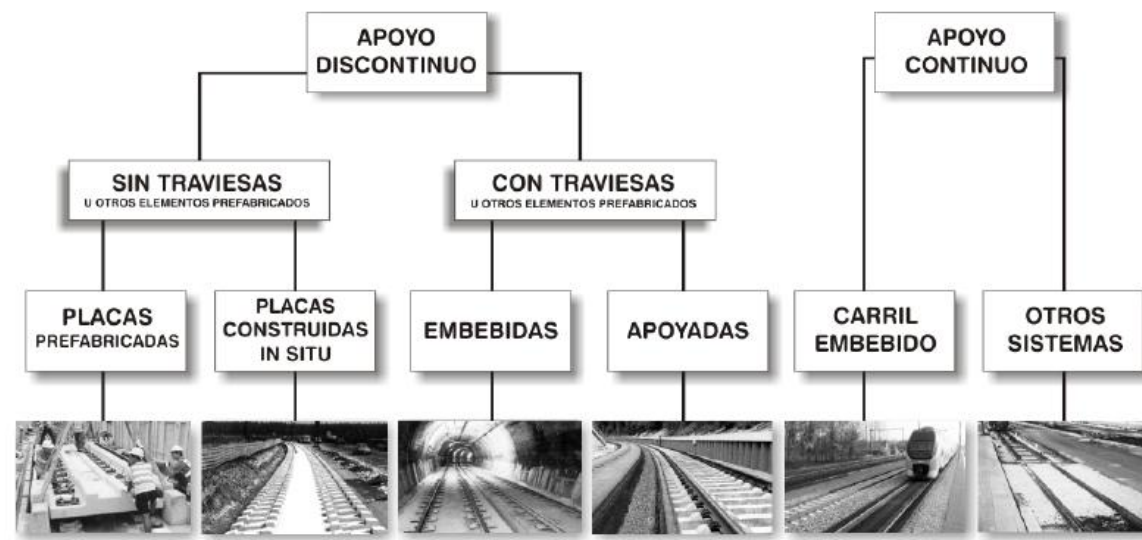


Figura 1. Esquemas de las principales tipologías de vía en placa.

Cabe destacar que algunos de estos sistemas con el paso del tiempo, se han ido perfeccionando y por lo tanto han sufrido modificaciones, en algunos casos bastante notables. El ejemplo más destacable es el sistema Rheda 2000, donde su evolución se expone en la siguiente figura:

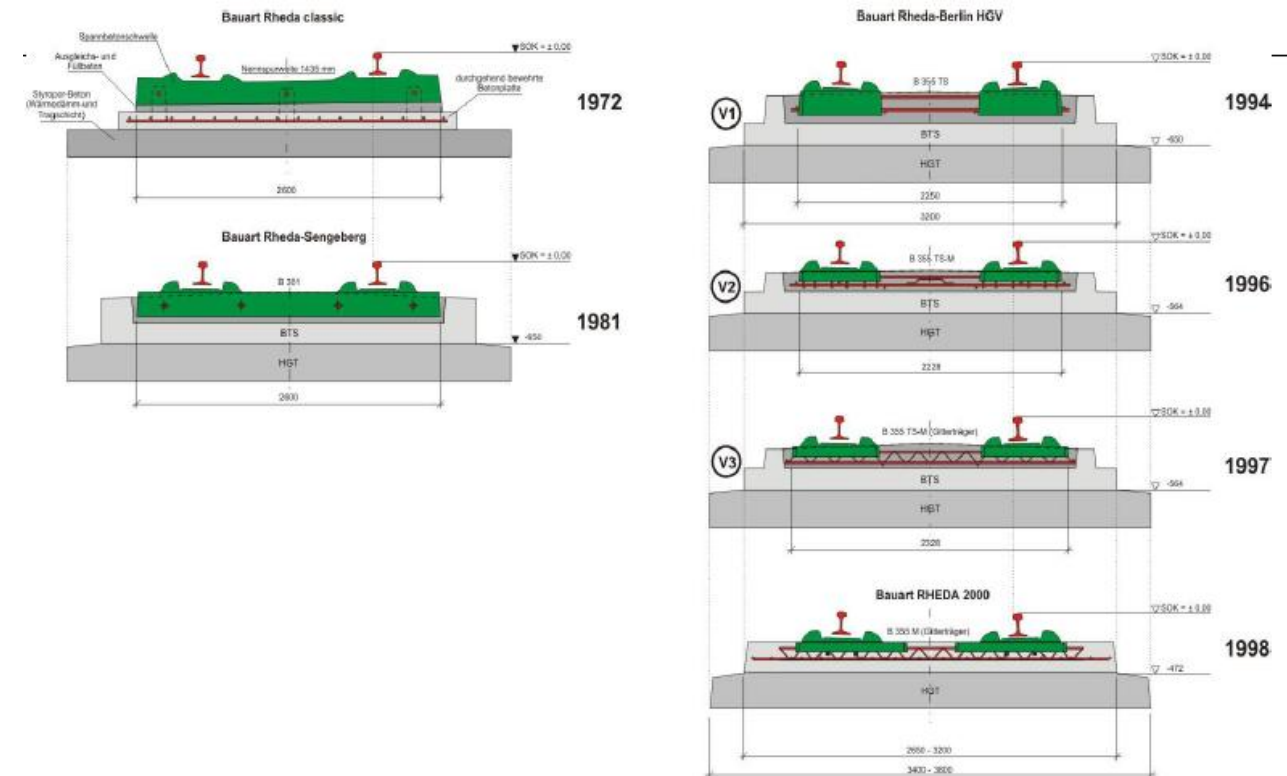


Figura 2. Evolución del sistema Rheda 2000.

A pesar de sus diferencias, la característica común de la mayoría de los sistemas en vía en placa y su principal diferencia respecto a la vía en balasto es el alto coste de construcción, compensado con el reducido coste de explotación durante su vida útil de 60 años (en situaciones normales), situación antagónica a la vía tradicional.

Los carriles continuos soldados, las juntas entre carriles y las sujeciones son comunes en ambos tipos de vía, sólo que en placa se disponen sujeciones algo diferentes a las que se emplean con balasto, para adaptarse mejor a la losa de hormigón.

La correcta alineación y nivelación de la vía resulta un requisito imprescindible debido a la dificultad de corrección de estos parámetros una vez hormigonada la losa que implicaría en muchos casos su demolición.

Otro aspecto relevante es el drenaje de la vía para evitar problemas de mantenimiento en el futuro. En vía tradicional no es relevante este aspecto puesto que el propio balasto se encarga de drenar el agua que puede quedar en la superestructura.

2. CONDICIONANTES DE LA VÍA

2.1. TRAZADO

Siendo una línea de alta velocidad la normativa de RENFE obliga a proyectar curvas con radios superiores a 5000 m, en este caso el radio mínimo más restrictivo es 6615 m. Al ser una vía doble para alta velocidad, la vía se ejecuta con ancho estándar (1435 mm) y una entavía de 4.70 m.

Para los peraltes, siendo una línea de alta velocidad y destinada exclusivamente al tráfico de pasajeros, la normativa permite disponer peraltes de 200 mm, con una insuficiencia de peralte máxima de 80 mm. Otro

parámetro relevante es la limitación del alabeo en transiciones con clotoide a 1.5 mm/m, en el anejo topográfico se puede comprobar fácilmente que todas estas limitaciones se cumplen.

Además, la pendiente empleada debe ser, según la norma, no superior al 25 ‰ que es el valor máximo empleado en esta vía. La máxima variación de la aceleración sin compensar respecto al tiempo queda también limitada según las recomendaciones de ADIF a 0.20m/s^3 . A su vez, la aceleración máxima sin compensar que se admite es 0.39 m/s^2 y 0.42 m/s^2 en casos excepcionales.

Respecto a los acuerdos verticales, en este caso la mayoría de los radios de curvatura en transición vertical se sitúa en torno a los 61250 metros. Además, la aceleración centrífuga vertical en esas transiciones debe situarse entre 0.2 y 0.4 m/s^2 .

El empleo de vía en placa permite el uso de radios menores que en vía convencional, por lo tanto y a pesar de que el trazado con el que se han realizado las obras de tierra se ha proyectado para una vía convencional, ya que el estudio parte con las obras de tierra y la plataforma ya construidas, también se cumple para vía en placa.

El hecho de que la vía descansa sobre una losa de hormigón, permite alcanzar peraltes mayores de los que se podría alcanzar con balasto ya que este último tiene un ángulo de rozamiento menor, lo que supone una ventaja para la comodidad de los viajeros y una mejor adaptabilidad a la orografía del terreno que la vía convencional.

No obstante, las modificaciones de la geometría y nivelación de la vía son mucho más limitadas que en vía sobre balasto, una vez se hormigona la losa. Todos estos aspectos y parámetros están explicados de forma más detallada en el anejo de trazado, donde además se puede comprobar que se cumplen todas las limitaciones mencionadas.

2.2. TOPOGRAFÍA

Para facilitar los trabajos de topografía GIF (actualmente ADIF) proporcionó cartografías de la zona afectada por el trazado de la obra, dicha cartografía utiliza la escala 1:1000. Además, la red básica se implantó en el año 1992 a lo largo de todo el trazado de la línea y se llevó al terreno mediante el uso de una poligonal básica para la traza comprendida entre Zaragoza y Lérida, donde se emplearon hitos de centraje fijo equidistantes, disponiendo uno por kilómetro, aproximadamente.

El replanteo se realiza para llevar lo dispuesto en los planos a la realidad del terreno y en nuestro caso se inicia en la capa de forma disponiendo estaquillas cada 20 metros. Para las curvas y acuerdos verticales, se dispondrán varios piquetes equidistantes entre dos puntos de marcaje, separados estos últimos 60 metros. La distancia dispuesta entre dos piquetes varía según el radio de la curva.

El replanteo del hormigonado de la losa se apoya en los piquetes y los puntos de marcaje. La extensión del hormigón se realiza mediante extendedoras con palpadores que emplean los distintos elementos dispuestos en el replanteo para el guiado del extendido.

Estos piquetes se emplearán también en sucesivas comprobaciones hasta llegar a la primera nivelación. Sin embargo, previa a la neutralización de la vía se empleará el método de la cuerda larga, por lo que los piquetes dejan de utilizarse.

El método de la cuerda larga se lleva a cabo en la primera nivelación antes de la neutralización del carril y en la segunda, antes de la recepción de la vía. Mientras que la poligonal básica se emplea en caso de que sea necesario añadir nuevos vértices a la red establecida, siguiendo un determinado procedimiento.

Todos estos conceptos y procedimientos quedan descritos y explicados detalladamente en el anejo de topografía.

2.3. GEOTECNIA

Descripción del terreno y puntos de interés

El terreno contiene una gran cantidad de estratos de distinto espesor y diferentes propiedades. Destaca principalmente la presencia de arena y arcillas, aunque la argilita también se puede encontrar fácilmente. En este caso, todos los estratos son horizontales.

Aprovechando la proximidad de la cantera “Cantera A S.L.” y comprobando que el suelo no era el óptimo para disponer sobre él una vía, se ha decidido sustituir los dos primeros metros de terreno por un terreno seleccionado compuesto por arenas bien graduadas con algo de gravas, procedente de la cantera citada.

En las proximidades de la zona estudiada hay una gran presencia de yacimientos de yeso que podrían causar multitud de problemas debido a su rápida disolución con el agua de lluvia, a este problema se le suma que la vía en placa es una losa de hormigón que tolera de forma muy limitada los asientos diferenciales en el terreno, pudiéndose fisurar si parte del terreno asentara bruscamente debido a esta disolución.

Sin embargo, en la zona por donde discurre la obra, no se han encontrado yacimiento de yesos en ninguno de los sondeos realizados.

A pesar de la presencia de arenas, la zona estudiada no presenta una aceleración sísmica relevante, por lo que no se considera el riesgo de licuefacción de las arenas. De hecho, la aceleración sísmica en esa zona es inferior a $0,04\text{g}$ por lo que no es necesario aplicar la norma sismorresistente, obligatoria cuando las aceleraciones alcanzan los $0,06\text{g}$.

Para respetar el trazado y la rasante de la vía se han realizado terraplenes y desmontes a lo largo del recorrido. En estas obras de tierra se han de realizar las pertinentes comprobaciones, principalmente: asiento, hundimiento e inestabilidad global.

Para simplificar los cálculos, se han considerados los estratos principales y en los grupos compuesto por una multitud de estratos con características similares, se ha dispuesto un solo estrato equivalente.

Las comprobaciones se han realizados para obras de tierras situados en tres puntos de interés por su localización y por la composición del terreno. Al inicio del tramo, en las proximidades de Zaragoza. También se analiza un punto intermedio que corresponde a la autopista A-2 y por último en una zona próxima a Lérida.

En la primera zona sólo hay desmontes y el terreno está compuesto principalmente por arenas, gravas y arcilla dura. En la segunda sólo terraplenes, el terreno en esa área está compuesto principalmente por gravilla y argilita mezclada con arena. En la última existen, equitativamente repartidos, tanto terraplenes como desmontes y la composición del terreno se define con arcilla limosa, arena y argilita mezclada con arena. En las comprobaciones se analizará siempre el desmonte y/o terraplén más desfavorable que se encuentre en el tramo estudiado.

Se ha de tomar en cuenta además que en vía en placa, se recomienda limitar los terraplenes a 9 metros de altura como máximo. Sin embargo, en este caso se pueden encontrar terraplenes que superan los 10 metros. A continuación se aprecia como estos terraplenes cumplen todas las comprobaciones con cierta holgura, además se ha sustituido los 2 primeros metros del terreno sobre el que descansa, por un material de mejor calidad.

Por todas estas razones y dado que la longitud del terraplén que supera los 9 metros no es muy extensa, se acepta que este terraplén supere los 9 metros, aunque siempre se ha de intentar buscar que no superen dicha altura.

En ninguna de las zonas se ha detectado el nivel freático lo suficientemente somero como para que pueda afectar a la obra. No obstante, en Zaragoza se ha detectado lo que se conoce como un nivel freático colgado, este fenómeno ocurre debido a que las gravas están situadas sobre un estrato impermeable. La saturación de agua es lo suficiente como para considerar el estrato de las gravas saturado. Sin embargo, el terreno no está lo suficientemente saturado para que se considere en los cálculos la presencia del nivel freático y pueda afectar a las tensiones efectivas.

Además de para sustituir el terreno, se ha empleado el material procedente de la cantera para ejecutar los terraplenes y la capa de forma, estabilizando dicho material con cemento para esta última, obteniendo finalmente una única capa de 30 cm de suelo estabilizado tipo 3 proyectada para soportar tráfico de 25000 TBR. Para la elección de la capa de forma se han aplicado criterios tanto del PG-3 como de la norma N.R.V. Las recomendaciones de cada norma para la composición de la capa de forma y las características que debe tener el material para poder ejecutar con él S-EST3, quedan detalladas en el apartado de "Capa de forma" del anejo Geotécnico.

Comprobación de hundimiento

Para la comprobación de hundimiento, se calcula uno a uno el peso de cada elemento de la superestructura y el peso del terraplén. Se obtiene la resultante de las fuerzas y se calcula la carga que transmiten en el terreno en el fondo del desmonte, en la base del terraplén y en la coronación del mismo, considerando en todos los casos que la obra lineal corresponde a una zapata corrida apoyada en la superficie del terreno.

Para el cálculo de esta comprobación, se emplea la solución de Brinch-Hansen para los suelos, buscando un coeficiente de seguridad frente al hundimiento mínimo igual a 3 en todas las comprobaciones. Para rocas, en este caso para comprobar la argilita, se emplea el procedimiento de la Guía de cimentaciones en obras de carretera. Se puede comprobar en el anejo, que todas las comprobaciones se cumplen con un margen notable.

Comprobación de asientos

Para el cálculo de los asientos se ha empleado el método de Schmertmann, asimilando el conjunto de vía y terraplén a una zapata corrida apoyada en superficie, debido a la linealidad de la obra.

Para el caso de los terraplenes se comprobará el asiento en dos puntos distintos. En la base del terraplén, considerando el peso del propio terraplén como una carga más que se transmite al terreno.

También se calcula el asiento en la coronación del terraplén, considerando únicamente como carga el peso de la superestructura y de los vagones, la carga en este punto es menor pero la sección para disipar la tensión también, por esta razón se ha decidido determinar el asiento en ese punto.

A la hora de estudiar los desmontes, la carga transmitida es únicamente el peso del conjunto de la superestructura y de los vehículos.

Para el cálculo del asiento, hay que tener en cuenta la profundidad del desmonte puesto que la vía puede no estar apoyada en el estrato más superficial, una vez determinada su profundidad y los estratos afectados por el bulbo de presiones, se procede con normalidad.

Obviamente en desmonte, sólo se determinan los asientos que produce la superestructura en el fondo del desmonte. Para el cálculo, se considera que el terreno ha sido excavado recientemente y aún no ha tenido tiempo a estabilizarse, de forma que como el peso de la superestructura es mucho menor que el peso del material retirado, el fondo del desmonte tiende a hincarse y se obtiene asientos negativos.

Para la vía en placa, en cada uno de los casos anteriores el asiento máximo que permite la norma es 30 milímetros, independientemente del sentido del asiento. Los asientos diferenciales quedan limitados a 20 milímetros, pero este terreno, a lo largo de la vía, es muy homogéneo debido a que hemos sustituido los 2 primeros metros con un suelo seleccionado y por lo tanto los asientos diferenciales cumplen siempre.

Es necesario indicar que en España, ADIF no proporciona especificaciones sobre asientos, razón por la cual se ha optado por emplear los límites de las normativas alemana y japonesa, siendo las más restrictivas y las más experimentadas en el tema de vía en placa, para realizar esta comprobación.

Comprobación de inestabilidad global

Esta comprobación se centra principalmente en la rotura circular del suelo seleccionado que forma el terraplén, para el caso de la autopista A-2 y de Lérida y en la rotura circular de los taludes del terreno natural en los desmontes de Zaragoza y Lérida.

Para analizar esta rotura, se va a utilizar el programa Slide 6.0. Para realizar el análisis, se introducen las características de las obras de tierra: su altura, su pendiente, el ancho del fondo del desmonte o de la base y coronación del terraplén. Una vez definida la superficie del terreno, se definen los distintos estratos, tanto su espesor y orientación como las características de los materiales que lo componen. El programa también tiene la opción de añadir nivel freático al igual que cargas exteriores.

Una vez se ha definido completamente el terreno, se realiza el análisis y el programa muestra la superficie de rotura más desfavorable, acompañada de su coeficiente de seguridad. En este caso al ser un suelo, la rotura será circular, las cuñas suelen aparecer con más frecuencia en roca sana. La comprobación se verifica cuando obtenemos un coeficiente superior o igual a 1,2. Obtener un coeficiente menor de la unidad, indicaría que el talud no se sostiene.

Las recomendaciones IGP aconsejan, para desmontes superiores a 10 metros de profundidad, ejecutar bermas de 4 metros de longitud. En los dos desmontes estudiados se superan los 10 metros y en Zaragoza se disponen bermas de 3 metros de longitud que es el mínimo que garantiza el acceso de maquinaria para la limpieza periódica de las bermas.

Las bermas se proyectan para evitar que en los desprendimientos de grandes rocas, éstas no acaben en la plataforma, poniendo en peligro a los pasajeros. También se disponen para aumentar el coeficiente de seguridad frente a la rotura circular. Estos dos problemas no nos afectan en el desmonte de Lérida debido a que tenemos arcillas y arenas y alcanzamos un coeficiente casi igual a 2.

Sin embargo, las bermas se proyectan también para evitar la erosión potencial de los taludes. Este riesgo si que conviene considerarlo con el terreno dado. Pero la climatología indica que las precipitaciones no superan los 350 mm y la evapotranspiración es muy superior a la precipitación, por lo que la escorrentía superficial recogida no será muy importante.

Por ello, se consideró la opción de disponer un geotextil para proteger los taludes de la erosión en lugar de disponer bermas que incrementen notablemente el coste del movimiento de obras. Sin embargo, disponer un geotextil para un desmonte tan profundo, implica tener que recurrir a un geotextil sintético de mayor coste.

Además, con un talud tan tendido y siendo una obra lineal, la superficie a cubrir sería muy extensa e incrementaría mucho el precio, sin olvidar que la operación de mantenimiento de los taludes tan altos sería mucho más complicada y por lo tanto más cara. Por lo que finalmente se disponen bermas de tres metros al igual que en Zaragoza.

Como protección complementaria, sí que se introduce un geotextil de fibra de coco en los dos taludes resultantes, siendo éstos más pequeños. Además, se aprovecha el geotextil para introducir vegetación, lo que frena todavía más el agua.

La introducción de vegetación le da también un valor paisajístico que intenta compensar el efecto de confinamiento que sufren los viajeros al atravesar trincheras tan profundas como la de Lérida.

El cálculo de todas estas comprobaciones está detallado en el anejo geotécnico, al igual que la composición del terreno, descrita con un alto grado de detalle, sobre todo en los puntos de interés estudiados.

3. TIPOLOGÍA ESCOGIDA

3.1. TIPOLOGÍA DE VÍA EN PLACA

A la hora de diseñar una línea de alta velocidad de ferrocarril, no sólo hay que decidir entre realizar una vía sobre balasto o en placa. Al elegir vía en placa, se debe profundizar más y optar por la tipología específica de vía en placa que se adapte mejor, tanto al tráfico como a los condicionantes de la vía.

Entre muchos otros, los principales criterios escogidos para determinar la tipología de placa que mejor se adapte se ven a continuación.

Coste de implantación

Uno de los grandes inconvenientes de la vía en placa es el alto coste de implantación de su superestructura, aunque éste varía de forma significativa de un sistema a otro y en muchas ocasiones, el coste de las obras de tierra es mayor que el de la superestructura de la vía. La siguiente tabla expresa el ratio del coste con respecto al balasto para distintos sistemas:

AUTOR	AÑO	LÍNEA	RATIO P/V (Medio)	VÍA EN PLACA
DE Consult	1989	Colonia-Frankfurt	2,00	Rheda
Tífsa	1999	Madrid-Sevilla	2,04	Rheda
Tífsa	1999	Madrid-Barcelona	2,11	Rheda
Fernández Gil	2006	Madrid-Sevilla	2,04	Rheda
J. Miarnau	1999	Madrid-Sevilla	2,38	Rheda
J. Miarnau	1999	Mannheim-Stuttgart	1,44	Züblin
J. Miarnau	1999	Manheim-Stuttgart	1,24	Rheda
Lichtberger	2005	-----	1,75	-----
UIC	2002	-----	2,60	-----
UIC	2002	-----	2,60	-----
Esveld	1999	HSL Zuid	1,27	Rheda
Esveld	1999	HSL Zuid	1,20	Carril embebido
Esveld	1999	HSL Zuid	1,36	Carril embebido
Ando	2001	Sanyo Shinkansen	1,40	J-Slab Shinkansen
Ando	2001	Hokuriku Shinkansen	1,30	J-Slab Shinkansen
Ando	2001	Tohoku Shinkansen	1,30	J-Slab Shinkansen

Tabla 1. Ratios de coste con respecto la vía en balasto de distintas tipologías de vía en placa.

Se puede apreciar que el sistema Rheda en general suele ser más caro, los otros sistemas tienen costes superiores y algo mayores que la vía de balasto. Para más detalle se expone el coste medio de implantación de cada sistema, por metro lineal:

TIPO DE VÍA	AÑO	COSTE €/m
Rheda	1972	1198
Rheda Berlin	1997	630
Züblin	1988	550
BTE	1996	475
FTR	1988	1750
ATD	1993	600
Getrac	1995	625
SATO, FFYS	1984	600
FFC	1998	470
Edilon	1995	470

Tabla 2. Ratios Costes de implantación de distintas tipologías de vía en placa por metro lineal de vía.

El sistema Rheda sigue siendo notablemente más caro que el resto. En cambio, el sistema Rheda Berlín tiene un coste aceptable en comparación con el resto.

Coste de mantenimiento

En general los costes de mantenimiento de una vía en placa suelen ser entre el 20% y el 30% del coste de mantenimiento para vía en balasto. Sin embargo, al igual que en apartado anterior cada sistema tiene un coste

de mantenimiento distinto. La siguiente tabla compara el ratio del coste de mantenimiento de distintas tipologías de vía en placa respecto al balasto:

Autor	Año	Línea	Ratio P/V (Medio)	Tipo Vía en Placa
Ando	1994	Tohoku Shinkansen	0,33	Shinkansen
Ando	1994	Sanyo Shinkansen	0,20	Shinkansen
Ando	2001	Sanyo Shinkansen	0,25	Shinkansen
Münchswander	1999	Berlin – Hannover	0,1 – 0,15	Rheda
Focacci	1990	Vía en placa italiana	0,03 – 0,14	IPA
Oliveros	1976	Ricla – Calatorao	0,1	PACT
Tífsa	1999	Referencia francesa	0,47 – 0,5	Stedef
Tífsa	1999	Madrid – Sevilla (estimación)	0,47	Rheda

Tabla 3. Ratios de mantenimiento de la vía en placa con respecto la vía sobre balasto en función del tipo de vía.

A pesar de que en el apartado anterior tenía el mayor coste de implantación, la tipología Rheda presenta unos de los ratios de mantenimiento más bajos. Por lo que puede resultar interesante emplear el sistema Rheda para vías con una vida útil o suficientemente larga.

Reparación y sustitución de materiales. Vida útil de los componentes

Sin embargo, cada sistema requiere distintas operaciones con distinta frecuencia, coste y dificultad. La siguiente tabla expone las principales características y problemas de las operaciones de mantenimiento en función del sistema estructural empleado:

5) TIPO DE VÍA	Reparación PREVENTIVA	Reparación CORRECTIVA	Corrección GEOMÉTRICA
Carril embebido	Muy dilatada en el tiempo	Muy dilatada en el tiempo	Complicada
Apoyo directo	Frecuente	Muy frecuente en el tiempo	Necesidad de reconstrucción
Apoyo indirecto	Frecuente	Muy frecuente en el tiempo	Necesidad de reconstrucción
Bloques recubiertos con elastómero	Periódica sobretodo de sujeciones	Problemas con las filtraciones de agua	Reemplace de elementos posible
Monolítico con traviesas	Periódica sobretodo de sujeciones	Reemplace de elementos posible	Reemplace de elementos posible
Traviesas recubiertas con elastómero	Periódica sobretodo de sujeciones	Problemas con las filtraciones de agua	Reemplace de elementos posible
Traviesas sobre losa	Periódica sobretodo de sujeciones	Reemplace de elementos posible	Reemplace de elementos posible
Losa flotante con traviesas	Periódica sobretodo de sujeciones	Reemplace de elementos posible	Reemplace de elementos posible
Losas sobre mortero no elástico	Periódica sobretodo de sujeciones	Reemplace de elementos posible	Reemplace de elementos posible
Losa flotante sin traviesas	Periódica sobretodo de sujeciones	Reemplace de elementos posible	Reemplace de elementos posible

Tabla 4. Operaciones de mantenimiento según la tipología de vía en placa.

Facilidad de ejecución. Rendimientos de ejecución

Se expone un gráfico comparando los distintos rendimientos diarios según el modelo de vía en placa empleado:

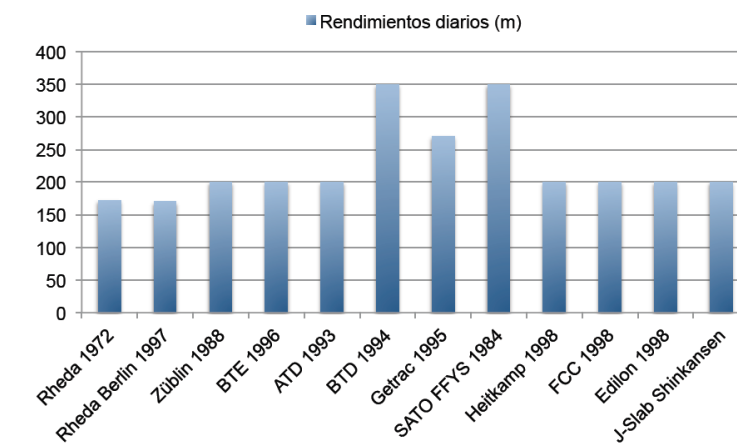


Figura 3. Rendimientos de ejecución para distintos sistemas de vía en placa.

Los sistemas más productivos son el BTD y el SATO FFYS. Además, se puede comprobar que los sistemas de traviesa sobre losa de hormigón o asfalto son los que alcanzan mayores rendimientos. Esto es debido a la posibilidad de mecanizar la ejecución de la placa principal.

Vibraciones y ruidos

Al estar próximo a núcleos urbanos, es importante limitar la emisión de ruidos y vibraciones, durante la construcción, explotación y mantenimiento de la vía.

El sistema más eficaz con este criterio, es el que está compuesto por carriles embebidos. En otros sistemas como los que emplean traviesas recubiertas de elastómero, se obtiene un impacto acústico similar al que se obtiene en vía en balasto.

Sin embargo, los otros sistemas suelen generar de media 5 dB más que si se empleara balasto, en estos sistemas se suele emplear losas de hormigón poroso para mitigar este impacto.

Respecto a las vibraciones, los sistemas de apoyo directo son los que menos vibraciones absorben. En cambio, aquellos que disponen más de dos niveles elásticos o los sistemas que emplean losas flotantes son los que alcanzan los mejores comportamientos frente a vibraciones. A continuación se expone una gráfica donde se observa el comportamiento frente a las vibraciones de diferentes sistemas, en función de la frecuencia y de la velocidad:

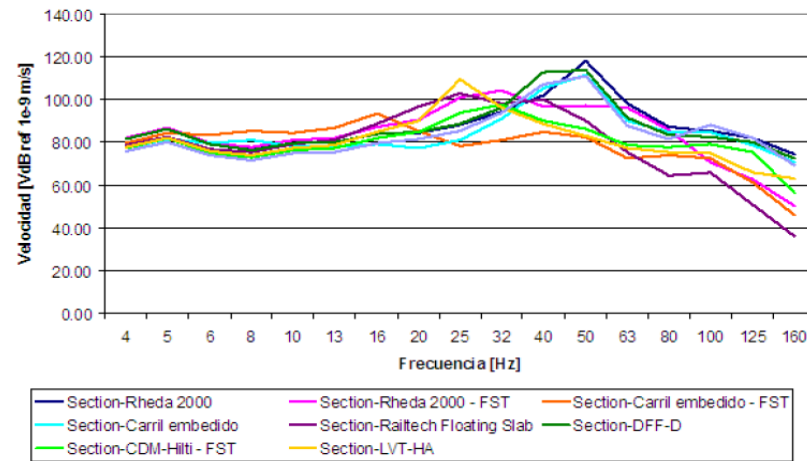


Figura 4. Gráfico de los niveles de vibración en el suelo del túnel para distintas tipologías de vía.

Homologación en alta velocidad

A partir de 300 km/h, se recomienda ejecutar la totalidad de la vía con placa. No obstante, no todas las vías en placa están homologadas para soportar alta velocidad.

Los principales sistemas capaces de albergar alta velocidad son: Rheda 2000, Zublin, Stedef, Bloques Edilon, Sonnevile LVT, Getrac, ATD, BTD, Bögl, Porr, J-Slab Shinkansen, IPA y Edilon carril embebido.

Experiencia de aplicación

En ingeniería civil, normalmente ejecutar un sistema o procedimiento con el que se tiene un alto grado de experiencia, suele ser menos costoso, en cuanto a tiempo y dinero, comparado con cualquier otro sistema. Por esa razón se considera relevante el grado de aplicación que tenga cada sistema en Europa, pero sobre todo en España.

A continuación, se muestra una tabla que expone los sistemas más empleados a escala mundial con el número de kilómetros construidos y el país donde empezó a aplicarse cada sistema:

TIPO DE VÍA EN PLACA	PAÍS DE SISEÑO	CONSTRUCCIÓN TOTAL (Km)
Bögl	Alemania	4.391
Shinkansen	Japón	3.044
Rheda	Alemania	2.205
Soneville-LVT	Suiza	1.031
Züblin	Alemania	606
Stedef	Francia	334

Tabla 5. Vía en placa construida según distintos sistemas y países de desarrollo de los mismos.

Particularizando en el caso de España, el ejemplo más reciente de vía en placa es el tramo de alta velocidad Barcelona-Frontera Francesa. Sin embargo hubo notables aplicaciones antes de este proyecto.

Los primeros pasos en vía placa se dieron en la década de los 70, con la instalación del sistema británico Paved Concret Track (PACT) en un tramo de la línea convencional Madrid-Barcelona y con la ejecución del sistema de

carril embebido EDILON en la Estación de Atocha. En algunos túneles, puentes y estaciones se construyeron vías en placas según el sistema francés Stedef.

No obstante, las primeras pruebas con vía en placa en alta velocidad no se realizaron hasta el año 2002, cuando se instaló el sistema británico BBEST en una sección de pruebas de Medina del Campo o en 2003 cuando la Dirección General de Ferrocarriles ejecutó 6 tramos de pruebas en el Corredor Mediterráneo donde combinaron 6 tipologías distintas de vía en placa: Rheda, Rheda Dywidag y Stedef como sistemas de traviesas embebidas en hormigón, Getrac y ATD como sistemas de traviesas sobre placa de asfalto y el sistema de carriles embebidos Edilon.

Actualmente en España la aplicación de vía en placa queda limitada principalmente a largos túneles y estaciones como es el caso de las líneas Barcelona-Frontera Francesa, Madrid-Valencia y los túneles más importantes albergados por el Eje Atlántico. Es estos casos, los sistemas más empleados son: Rheda 2000 para túneles de gran longitud, debido a que es el sistema más empleado en España y por lo tanto, del que más conocimiento se tiene y carril embebido Edilon para estaciones debido a que facilita el acceso a la vía y reduce ruidos y vibraciones (Atocha, Zaragoza, Barcelona).

La siguiente tabla muestra la amplia aplicación del sistema Rheda 2000 en España:

PROYECTO	LONGITUD (m)	AÑO
Línea Las Palmas - Oropesa	2 x 430	2002
Túnel de Guadarrama	2 x 30.000	2006-2007
Túnel de San Pedro (Valladolid)	2 x 12.000	2007
Túnel de Sant Joan Despí (Barcelona)	2 x 15.000	2007
Túnel Perpignan – Figueras	2 x 4.500	2007-2008
Túnel de Hoyo de La Roda (Línea Madrid – Valencia)	2 x 2.000	2009
Túnel de Umbría de Los Molinos (Línea Madrid – Valencia)	2 x 1.500	2009
Túnel de Villalgordo del Cabriel (Línea Madrid – Valencia)	2 x 3.300	2009
Túnel de Cabrera (Línea Madrid – Valencia)	2 x 7.200	2009
Túnel de Buñol (Línea Madrid – Valencia)	2 x 1.900	2009
Túnel de Torrent (Línea Madrid – Valencia)	2 x 3.000	2009
Túnel Meirama Bregua (Eje Atlántico)	2 x 1.800	2009
Túnel Cerceda Meirama (Eje Atlántico)	2 x 3.000	2009

Tabla 6. Referencias de aplicación vía Rheda 2000 en España hasta mediados de 2012.

Por último, la inauguración de la línea de alta velocidad Barcelona-Frontera Francesa en 2013, significó un avance para el uso de vía en placa con alta velocidad. En primer lugar la línea tiene de 175 km, 28,5 de ellos ejecutados en placa, lo que representa un 16,3 % de toda la línea. Además combina 3 sistemas de vía en placa: Edilon, Sonnevile LVT y Rheda 2000.

Las siguientes gráficas muestran el empleo en porcentajes de cada sistema en placa y los principales tramos donde se emplearon, indicando su longitud y el sistema empleado:

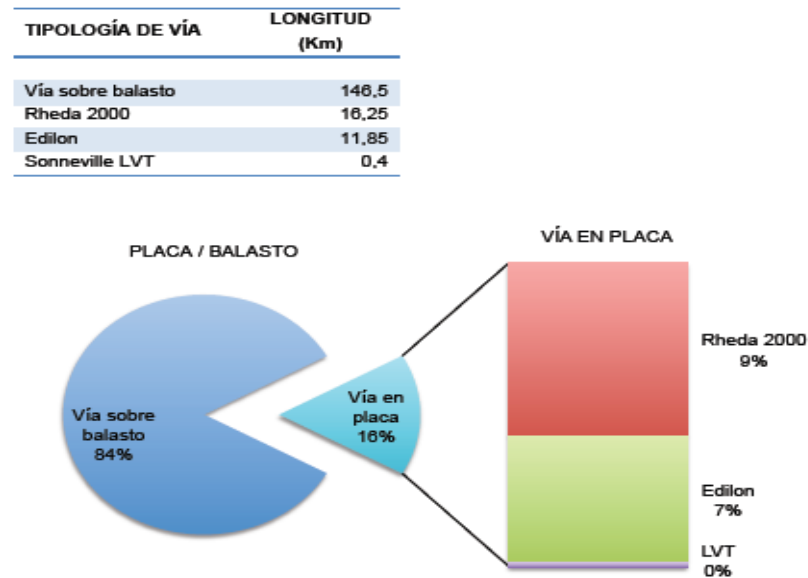


Figura 5. Tabla y gráfico de distribución por tipologías de vía en el tramo de LAV Sarrià de Ter – Sant Julià de Ràmis.

TRAMO	TIPOLOGÍA DE VÍA	LONGITUD (m)
Túnel de Sants - Sagrera	Edilon	2 x 5780
Túnel de Sant Andreu	Edilon	2 x 1430
Túnel de Montcada	Rheda 2000	2 x 3570
Túnel de Montcada	Sonneville LVT	2 x 400
Entrada Túnel de Girona	Rheda 2000	2 x 1531
Túnel urbano de Girona	Edilon	2 x 3862
Túnel de Sarrià de Ter	Edilon	2 x 980
Túnel de Sarrià de Ter	Rheda 2000	2 x 2146
Túnel del Perthus	Rheda 2000	2x 9000 (4500 en España)

Tabla 7. Utilización de la vía en placa en la LAV Barcelona – Frontera Francesa.

3.2. CONCLUSIÓN

A partir del análisis de los criterios anteriores y de algunos otros más donde no se ha entrado en detalle, se comparan las distintas tipologías de vía en placa, a través de una matriz de comparación donde a cada criterio se le atribuye un coeficiente de ponderación del 1 al 3. Dentro de cada criterio, cada sistema recibe una puntuación del 1 al 3. Por último, se calcula la suma ponderada que se obtiene para cada sistema, aplicado a distintos rangos de velocidad y se escoge el que más convenga para el tramo estudiado.

En este caso se ha realizado una matriz que compara varios sistemas de vía en placa en un entorno urbano próximo a la estación y otra matriz que compara los sistemas Rheda 2000 y Edilon para dos tramos intermedios donde las velocidades de circulación son distintas. Dichas matrices se exponen a continuación:

MATRIZ COMPARATIVA DE SISTEMAS DE VÍA EN PLACA												
ESCENARIO: 160 km/h < Velocidad < 250 km/h Proximidad Estación, Entorno Urbano												
CONCEPTO (Valoración 1 a 3)	K (de 1 a 3)	CON TRAVESIAS			CON BLOQUES		CARRIL EMBEBIDO (ERS)			TOTAL PONDERADO		
		RHEDA Y RHEDA 2000	STEDDEF	GETRAC / ATD / BTD	EDILON	LVT (TRANOSA)	V. ESTUCHADA (EDILON)	V. ARRIOSTRADA (WIRTHWEIN y KRUPP)	VENCHAQUETADA (CDM)			
Coste de Implantación	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Coste de Mantenimiento	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
Reparaciones y sustitución de materiales	3	1	2	1	3	3	2	2	1	2	2	2
Tolerancias Geométricas de la vía	1	3	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1
Facilidad de Ejecución	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Transiciones	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Aparatos de Vía	1	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Vibraciones y Ruidos	3	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Evacuación	3	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Idoneidad en Estaciones	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Homologación Alta Velocidad V>300 km/h	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Idoneidad Grandes Cargas	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1
Experiencia Internacional	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1
Experiencia Española	2	1	2	1	3	2	2	2	2	2	1	1
TOTAL PONDERADO		48	54	53	46	61	66	54	62			

Tabla 8. Matriz de comparación entre sistemas de vía en placa. Fuente: ADIF

CRITERIO DE COMPARACIÓN	V 160-190 Km/h			V 190-235 Km/h		
	TRAMO 1 303+640//304+620			TRAMO 2 304+620//306+765		
	K (1 a 3)	RHEDA 2000	EDILON	K (1 a 3)	RHEDA 2000	EDILON
Coste de implantación	2	2	2	2	2	2
Coste de mantenimiento	3	2	3	3	2	3
Reparación y sustitución de materiales	3	1	2	3	1	2
Tolerancias geométricas de la vía	1	3	2	2	3	2
Facilidad de ejecución	2	2	1	2	2	1
Transiciones	0	3	2	3	3	2
Aparatos de vía	0	3	1	0	3	1
Vibraciones y ruidos	3	1	3	2	1	3
Evacuación	3	1	3	2	1	3
Idoneidad en estaciones	3	1	3	1	1	3
Homologación para alta velocidad V>300 Km/h	1	3	2	2	3	2
Idoneidad grandes cargas	3	3	1	3	3	1
Experiencia internacional	2	3	2	2	3	2
Experiencia española	2	2	2	2	2	2
TOTAL PONDERADO		51	63		62	61

Tabla 9. Matriz de comparación de vía en placa Edilon y Rheda 2000 para 2 tramos.

A partir de las tablas se puede concluir que para entornos urbanos próximos a estaciones, destacan los sistemas con bloques o con carril embebido. Entre ellos el que obtiene más puntuación es el sistema de carriles embebido Edilon.

Por otro lado, para alta velocidad, entre 190 y 235 km/h, los sistemas Rheda 2000 y Edilon son igual de válidos con una pequeña ventaja para el sistema Rheda 2000. Sin embargo, al descender a una velocidad entre 160 y 190 km/h, el sistema Rheda 2000 deja de ser viable y el sistema Edilon es igual de viable que en el tramo anterior, incluso algo más. Conviene destacar que el cambio de velocidad no ha influido en las puntuaciones, sólo en la ponderación de los criterios.

Finalmente, debido a que para alta velocidad los dos sistemas son igual de aptos, a que en alta velocidad el desgaste siempre es mayor y ofrece un mantenimiento más sencillo y barato, se ha decidido ejecutar los tramos de máxima velocidad y alejados de núcleos urbanos, mediante el sistema de vía en placa de Rheda 2000, donde en condiciones normales se puede alcanzar un rendimiento medio de 180 metros al día.

Sin embargo, en los tramos próximos a centro urbanos, que acceden a estaciones con toperas, en aquellos donde aún no se alcancen altas velocidades o aquellos que discurren por túneles de gran longitud, para facilitar el acceso a vehículos de emergencia en caso de accidente, se ejecutarán mediante vía en placa pero empleando el sistema de carril embebido Edilon.

Unos aspectos importantes a tener en cuenta para ejecutar estos sistemas son:

Carril embebido Edilon:

- El vertido de corkelast se realiza a la temperatura de neutralización, mientras endurece durante 3 horas aproximadamente, deben evitarse las dilataciones importantes en el carril.
- No se podrá verter el corkelast con lluvia ya que ésta merma las propiedades del corkelast.

- El sistema de carriles embebidos presenta una altura menor comparada con el resto de sistemas de vía en placa.

Rheda 2000:

- La parrilla de la vía posee una gran estabilidad desde que se posiciona hasta que fragua el hormigón.
- Posibilidad de emplear maquinaria de carga e izado de traviesas TLM (Track Lying Machines) para aumentar la producción.
- Presenta el mejor rendimiento entre los sistemas de losa de hormigón.
- Posibilidad de estandarización en la producción

4. EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y ELEMENTOS DE LA VÍA EN PLACA

4.1. ELEMENTOS DE LA VÍA EDILON

A continuación se exponen los elementos principales que componen una vía en placa con carriles embebidos Edilon.

Capa de forma

Capa de 30 cm de espesor ejecuta sobre la obra de tierra, sobre la coronación del terraplén o sobre el fondo del desmonte. La totalidad de la capa está compuesta por suelo estabilizado 3 (S-EST 3), resultante de la estabilización del suelo procedente de la cantera con cemento. Se ha de tomar la precaución de prefisurar la capa, ejecutando juntas cada 5 metros. Los detalles del suelo estabilizado se exponen en el anejo geotécnico.

Losa de apoyo

Losa ejecutada sobre la capa de forma de la obra de tierra, que recibe la losa principal y que alberga tuberías de drenaje y otras servidumbres. Para su construcción se suele emplear hormigón en masa, del tipo HM-20 (resistencia característica a compresión: 20 N/mm² a 28 días), de ancho 3,80 m y canto de 30 cm. Se ejecuta mediante una extendedora de encofrado deslizante. Se ejecuta una para cada vía y su módulo de elasticidad siempre es igual o superior a 10 GPa.

Losa principal

Losa ejecutada sobre la losa de apoyo, se hormigona, mediante la ayuda de encofrados, de forma que queden dos acanaladuras donde se apoyan los carriles. Se emplea hormigón armado, tipo HA-25 (resistencia característica a compresión: 25 N/mm² a 28 días), para su construcción y suelen ejecutarse con un canto de 45 cm y un ancho de 3,20 m. Se ejecuta una losa para cada sentido.

El armado de la losa lo compone:

- ✓ Armadura inferior: mallazo de Ø8 c.20*20 cm
- ✓ Armadura transversal superior: Ø10 separados cada 25 cm, con forma de U, rodeando la acanaladura, anclándose en la zona superior de la losa.
- ✓ Armadura longitudinal superior compuesta por 4Ø10.

El eje de las acanaladuras coincide con el eje del carril y se dimensionan con 18 cm de ancho y 13,7 cm de alto.

Carril UIC-60

Carril estandarizado de acero de peso 60 kg/m que permite unión de tramos por medios de soldaduras aluminotérmicas y juntas. Sus dimensiones estandarizadas se definen en un apartado posterior. En ocasiones se denomina también 60-E1.

Caces y Arquetas

Cunetas dispuestas en los extremos de la plataforma y caz central de “media caña” de 30 cm entre las dos vías para la recogida del agua de lluvia, para su posterior evacuación en las arquetas, situadas cada 50 m.

Corkelast VA-60 EDILON

Mezcla de componentes vertida sobre las acanaladuras de la losa principal, después de colocar en ellas los carriles, para que éstos queden embebidos y adheridos a la losa. El tiempo de fraguado depende de la temperatura y varía entre hora y media y cinco horas.

El corkelast es un material elastomérico, de poliuretano compuesto por dos componentes y que se vierte “in situ” en construcciones ferroviarias. Las propiedades visco-estáticas están pensadas para absorber eficazmente las carga dinámicas y el producto consigue mantener estas propiedades durante la totalidad de la vida útil, a pesar de los ciclos de cargas y de las condiciones atmosféricas. Además, el material actúa como aislante, lo que evita las corrientes de derivación.

EDILON Primer U90WB

Capa de imprimación, compuesta por resina epoxi, dispuesta sobre el carril y sobre la acanaladura que va a estar en contacto con el corkelast, para mejorar la adherencia entre este último y el carril y la losa de hormigón.

EDILON Primer 21

Riego de adherencia, de rápido endurecimiento, dispuesto sobre la capa de imprimación anterior cuyo objetivo es mejorar aún más la adherencia del conjunto carril-losa, se dispone antes del vertido del corkelast.

EDILON ERS Fillerblock

Polímero de aligeramiento dispuesto en bloques alargados de espuma integral de polímero, empleado para reducir el vertido de corkelast en las secciones donde no sea necesario. Además tienen propiedades aislantes que evitan la propagación de corrientes de derivación.

Postes eléctricos y catenaria

Postes tipo X2B y X3B embebidos en un macizo de hormigón, que sostienen el cable sustentador de la catenaria. Las características de la catenaria se detallan en el apartado “Electrificación”.

4.2. ELEMENTOS DE LA VÍA RHEDA 2000

Se exponen a continuación los elementos principales del sistema Rheda 2000, algunos de ellos son comunes, o muy similares a los del sistema Edilon.

Losa de apoyo y capa de forma

Poseen las mismas características que se han visto en el sistema Edilon.

Losa principal

Losa de hormigón de HA-35 con fibras de polipropileno, resistencia a compresión a 28 días de 35 N/mm² y un módulo de elasticidad de 34GPa, con un canto mínimo de 24 cm y un ancho mínimo de 3,20 m, se suele disponer una losa de hormigón independiente para cada vía. El armado está compuesto por 18Ø20 que forman

la armadura longitudinal y una armadura en celosía que conecta las traviesas bloque que forma la armadura transversal. Una particularidad de la losa es que las traviesas que se emplean quedan embebidas en el hormigón.

Traviesa tipo B355

Traviesa específica del sistema Rheda 2000 que queda parcialmente embebida en la losa principal, estas traviesas ocupa toda la sección de la vía en placa y se disponen con una separación entre ejes de 65 cm.

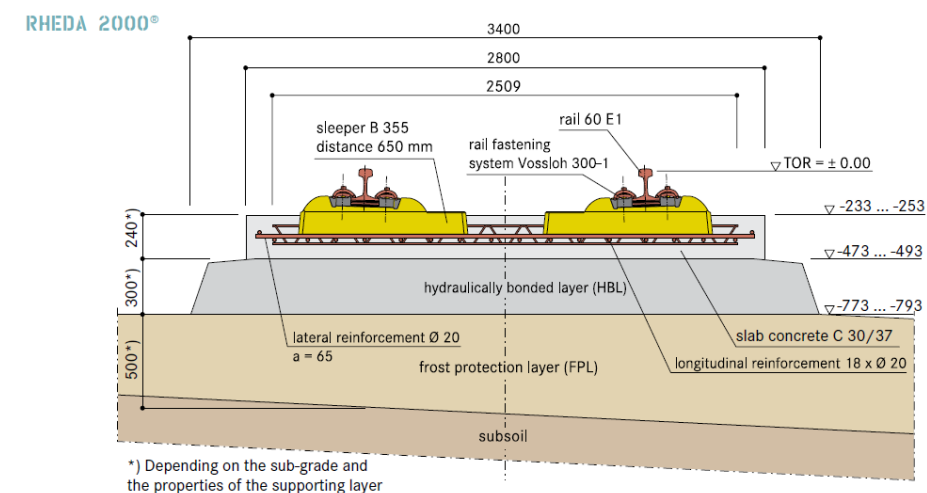


Figura 6. Croquis de una sección del sistema Rheda 2000 para vía única.

Está compuesta por dos bloques de hormigón unidos mediante una celosía embebida en ellos. Las características de la traviesa se resumen en la siguiente figura:

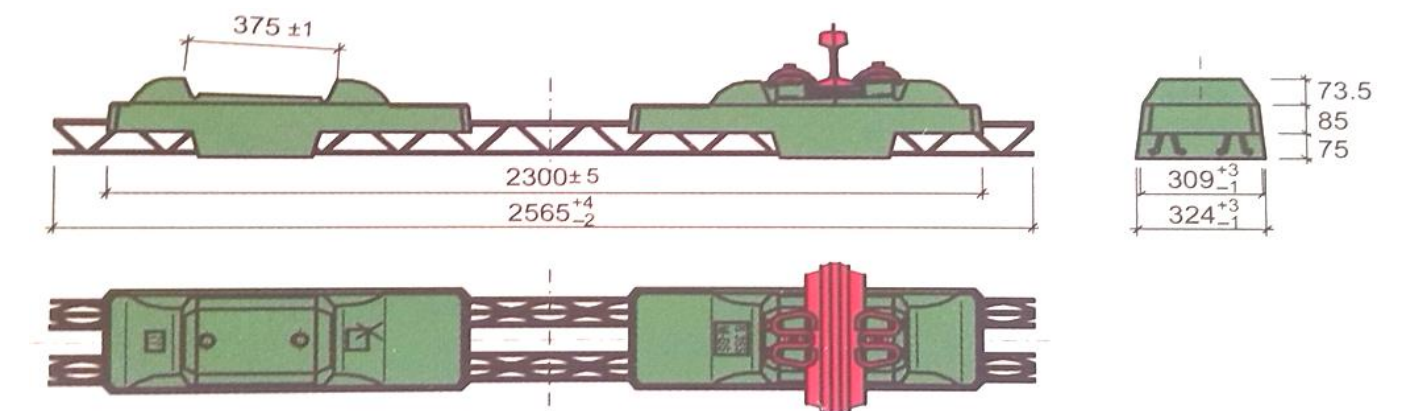


Figura 7. Croquis acotado de la traviesa B355 y tabla con sus características principales.

Sujeciones tipo Vossloh 300-1

Es el sistema de fijación específico para el sistema Rheda 2000. Con la combinación de un pad de alta elasticidad y un clip con una elevada resistencia ante la fatiga, esta sujeción otorga una gran elasticidad a la vía en placa.

A su vez, el sistema de sujeción está compuesto por varios elementos. Sobre la losa se dispone un pad elástico Zw p 104 NT con una elasticidad de 30 + 5 kN/mm.

Encima de este pad se dispone la placa base de acero Grp 21, el fin de este elemento es garantizar una distribución uniforme de tensiones, evitando de esta forma concentraciones de tensiones que puedan dañar la losa.

Sobre la placa base descansa un pad de EVA (Pad Zw 692 a), sobre el que a su vez descansa el carril UIC 60.

A ambos lados del carril se instalan placas guías acodadas Wfp 15a de material sintético. Estas placas aseguran que se mantengan inmóviles frente al desplazamiento lateral el carril, la placa base y el pad elástico.

Además de las placas guía, los carriles se fijan mediante clips de largos brazos elásticos resistentes a largos ciclos de fatiga.

Para garantizar una fijación eficaz y permanente, tanto la placa guía como el clip están apretados por un tirafondo enroscado en una vaina, de material sintético, embebida previamente en el hormigón. El material y forma de la vaina deben asegurar la adherencia con el hormigón.

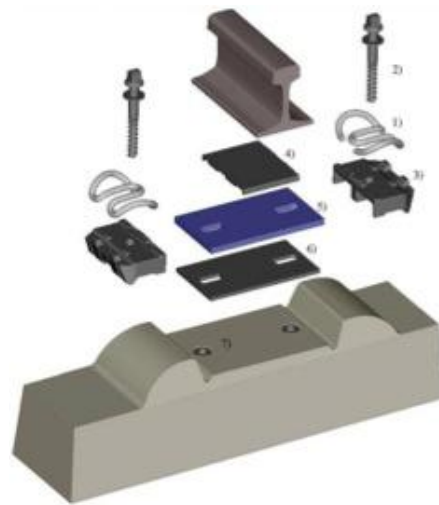


Figura 8. Croquis Esquema de la sujeción Vossloh 300.1. Fuente: Adaptado de SENER.

Carril E1-60

A pesar de la nomenclatura distinta debido a su empleo en vía placa, este carril tiene las mismas características y dimensiones que el carril UIC 60, definido para el sistema Edilon.

Caces y Arquetas

Las arquetas y caces dispuestos tienen las mismas dimensiones y separación que el sistema anterior.

Postes eléctricos y catenaria

Presentan las mismas características que en carril embebido, puesto que el tipo de vía es independiente del sistema de electrificación empleado.

4.3. MAQUINARIAS Y EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA VÍA

Para la construcción del sistema de carriles embebidos son necesarios los siguientes equipos:

Maquinaria de excavación

No se requiere ninguna maquinaria específica para el movimiento de tierras. Siendo material granular y arcillas principalmente, con retroexcavadoras se puede realizar la ejecución de los desmontes, de las bermas y el refinado de los taludes, con un rendimiento medio de 72 m³/h. El terraplén puede realizarse fácilmente, además de con retroexcavadoras, con palas cargadoras y bulldozers, con un rendimiento medio de 15 m³/h. El único punto con cierta dificultad es la excavación de las argilitas en algunos desmontes donde será necesario acoplar al bulldozer un ripper. Obviamente, además de maquinaria de excavación serán necesarios camiones con capacidad de 24 toneladas para el transporte hasta el vertedero.

Extendedora de encofrado deslizante

Maquina que extiende la losa de apoyo, y la losa principal en el caso de carriles embebidos, donde se le acoplan encofrados deslizantes. La precisión obtenida para la alineación es de 2 cm y de 5 mm para la nivelación.

Encofrados

Para el sistema de carriles embebidos, es necesario para el hormigonado de las losas y para la ejecución de las acanaladuras, al ser una obra lineal, se recomienda emplear encofrados metálicos deslizantes para reducir el coste de construcción y emplear los mismos para la totalidad del tramo ejecutado mediante carriles embebidos, este sistema también se aplica para la losa de apoyo en Rheda 2000. En ambos casos, los encofrados pueden ir acoplados a la propia extendedora.

Para la losa superior del sistema Rheda 2000, debido a la existencia de obstáculos en la zona superior (los otros elementos de la vía), en este sistema no se podrán emplear encofrados deslizantes, pero sí que se emplearán encofrados metálicos, debido a su mayor durabilidad, para reducir el número de unidades necesarias.

Pórticos de nivelación

Se pueden emplear el mismo tipo de pórticos en las dos nivelaciones (encofrado de las acanaladuras y sustentación del carril) para reducir costes. Ofrecen mayor rendimiento y precisión que las cuñas tradicionales. Sus dimensiones dependen en parte de los datos topográficos obtenidos.

En el sistema Rheda 2000 se requiere además el uso de husillos de nivelación para que la vía quede falcada.

Además de los principales equipos que se han mencionado, también serán necesarias herramientas básicas para cualquier tarea, separadores, equipos de soldadura, utensilios para la protección de los distintos elementos de vía y equipos de compactación y curado para obtener una calidad óptimo del hormigón.

5. MONTAJE DE LA VÍA

En este punto se describe los pasos necesario para la correcta ejecución de los dos sistemas en vía placa escogidos, se especifican además algunos datos sobre tolerancias y una serie de recomendaciones. Sin embargo, no se incluye la programación de la obra puesto que no se dispone de la información suficiente y además no es relevante para la comparación entre vía en placa y vía convencional puesto que existen demasiadas diferencias entre los dos montajes para que sea útil la comparación de las respectivas programaciones.

5.1. EJECUCIÓN DE LA VÍA MEDIANTE SISTEMA EDILON

Procedimiento

- ✓ Expropiaciones y licencias.
- ✓ Desbroce de la zona por donde de discurre la vía.

- ✓ Replanteo de las obras de tierra.
- ✓ Ejecución de las obras de tierra.
 - La ejecución de bermas en los desmontes se incluye en este paso.
 - El refinado de los taludes se realiza en esta fase.
 - Se incluye la ejecución de la capa de forma de 30 cm.
 - Se incluye la sustitución de los 2 primeros metros del terreno natural por otro de mayor calidad procedente de una cantera cercana.
- ✓ A partir de otro replanteo realizado previamente. Ejecución de la losa de apoyo de HM-20 sobre la capa de forma, canto de 30 cm, disponer aligeramientos recuperables para poder disponer las tuberías de drenaje.
- ✓ Montaje y colocación de los pórticos y encofrados de las acanaladuras.

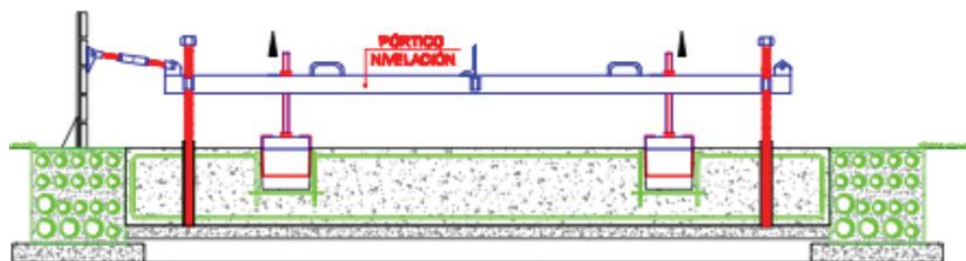


Figura 9. Croquis Ejecución y posicionamiento de la placa principal con acanaladuras mediante pórticos. Fuente: Adaptado de SENER

- ✓ Armado, encofrado y hormigonado de la placa de hormigón de 45 cm de canto.
 - Esta fase incluye la construcción de los caces de entreejes que permiten la evacuación del agua vertida entre los dos carriles de una vía.
 - Tratándose de una vía doble, primero se hormigona una vía y al finalizar, comienza el hormigonado de la otra. Dicho hormigonado se realiza mediante bombas.



Figura 10. Hormigonado de la placa principal mediante bomba.

- ✓ Una vez hormigonadas las placas de las vías, se ejecuta el caz central de 30 cm y las cunetas a ambos lados de la plataforma, para recoger el agua de lluvia y otros vertidos de la plataforma.
- ✓ Se acopia el carril y se traslada mediante el apoyo sobre rodillos.
- ✓ Una vez colocado los distintos segmentos de carril y comprobada su alineación e inclinación, se enfrentan y se ejecutan las soldaduras aluminotérmicas necesarias para que queden unidos en un sólo "carril soldado continuo".
 - Una vez ejecutadas, las soldaduras deberán comprobarse según la normativa RENFE NRV 7-3-7.1 para velocidades superiores a 200 km/h.

- Las soldaduras deben realizarse precalentando los carriles de forma que la diferencia de temperatura se reduzca en lo posible, para evitar las concentraciones de tensiones residuales que puedan afectar a la durabilidad del carril.
 - Además, en todas las soldaduras se deben tomar las medidas necesarias para que las variaciones de temperatura, durante el proceso de la soldadura, no sean relevantes.
 - Al no estar los carriles sujetos, no es necesario proceder a un proceso de neutralización para liberar tensiones residuales.
- ✓ Una vez ejecutadas e inspeccionadas satisfactoriamente la totalidad de las soldaduras, se limpian tanto el carril como la acanaladura para eliminar residuos de las soldaduras, polvo y cualquier otra substancia o partícula que pueda contaminar el corkelast o deteriora la adherencia carril-losa.
- ✓ Colocación de bloques de polímeros unidos al carril mediante grapas de plástico, a modo de aligeramiento.
 - Este aligeramiento permite ahorrar parte del volumen de corkelast vertido, en aquellas secciones donde no sea necesario.
 - Sólo se autorizará el ahorro en corkelast después del estudio y comprobación correspondiente para cada una de las secciones afectadas.
- ✓ Imprimación, mediante EDILON Primer U90WB del carril y de la acanaladura que va a estar en contacto con el corkelast.
- ✓ Se introduce el carril dentro de la acanaladura.
 - Cada 2 metros se coloca un pórtico para sostener el carril dentro de la acanaladura.
 - Tener muy en cuenta las tolerancias respecto a la nivelación y alineación.

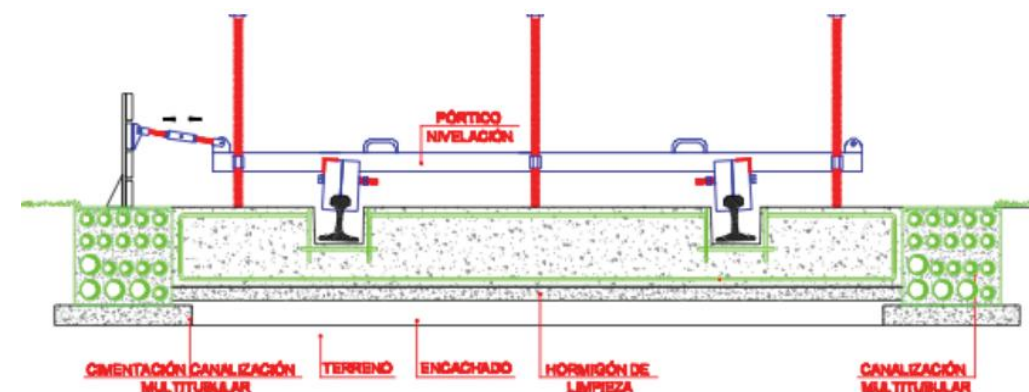


Figura 11. Posicionamiento del carril mediante pórticos. Fuente: Adaptado de SENER

- ✓ Protección de los bordes de la canaleta y del carril mediante cintas o plásticos para evitar residuos de corkelast.
- ✓ Riego de adherencia del carril y la acanaladura con EDILON Primer 21.
- ✓ Fabricación de la mezcla de corkelast VA-60 EDILON.
- ✓ Vertido del corkelast.
 - Fraguado entre 1,5 y 5 horas, dependiendo de la temperatura.
 - Para evitar concentraciones de tensiones residuales se debe precalentar los carriles de forma que no haya demasiada diferencia de temperatura entre el carril y el corkelast a la hora de verter la mezcla.
 - Una vez finalizado el fraguado, se retiran los pórticos y las cintas de protección.



Figura 12. Fotografías del mezclado, batido y vertido del corkelast VA-60 una vez aprobada la geometría de la vía en los huecos entre la acanaladura y el carril.

- ✓ Instalación de los postes de tipo X2B y X3B que sustentan la catenaria con su respectivo macizo de hormigón a modo de cimentación, se disponen cada 65 m.
- ✓ Instalación de los componentes de la catenaria, detallados en el apartado de “Electrificación”, y de las conexiones con las subestaciones eléctricas.

Aprovechando que se trata de una vía doble y por tanto se hormigonan las dos placas por separados y una después de otra. Para aumentar el rendimiento de la obra, se decide una vez hormigonada la primera losa, terminar de construir una primera vía antes de iniciar el hormigonado de las losas de la segunda vía, para facilitar el suministro de materiales y aumentar el rendimiento de las operaciones, empleando la primera vía ya construida.

El montaje por tanto es el que se ha descrito sólo que el montaje y colocación del carril para la primera vía, con todos los procesos que implica, se realiza antes del hormigonado de las losas de la segunda vía. Sin embargo, Tanto los elementos de drenaje como los la electrificación, se realizan una vez hormigonadas ambas losas.



Figura 13. Fotografías del Hormigonado de canaletas de recogida de aguas.

Debido a que se va emplear una de las vías para el suministro de materiales, es necesaria la instalación de un intercambiador de ejes ya que algunas fábricas que suministran los materiales por vía férrea, emplean ancho ibérico y nuestra línea de alta velocidad es de ancho estándar.

Cabe indicar entonces que la maquinaria y materiales necesarios para la ejecución de la primera vía se suministran por carretera ya que para la ejecución de vía en placa no se emplea una vía auxiliar, al contrario que en vía convencional sobre balasto.

Tolerancias

Sólo se dan tolerancias en las operaciones que requieran el uso de pórticos:

“ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN DE VÍA FERROVIARIA EN BALASTO FRENTE A VÍA EN PLACA Y MONTAJE DE SUPERESTRUCTURA EN LA LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD MADRID-ZARAGOZA-BARCELONA-FRONTERA FRANCESA. TRAMO PUENTE DE EBRO-LLEIDA. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LA VÍA EN PLACA”

Para la primera nivelación, aquella en la que el pórtico coloca el encofrado de la acanaladura, se permite una tolerancia de ± 1 cm en vertical y lateral.

Para la segunda nivelación, donde el pórtico sustenta al carril, las tolerancias admitidas las refleja la siguiente tabla:

TRABAJO	PARÁMETRO	TOLERANCIAS (mm)	
		Diferencias	Variaciones cada 5m
SEGUNDA NIVELACIÓN	Alineación (ubicación respecto al proyecto)	± 5	2
	Nivelación longitudinal (ubicación respecto al)	± 5	2
	Peralte	± 2	2
	Ancho de vía	± 2	2

Tabla 10. Tolerancias de ejecución en el posicionamiento de vía Edilon.

Recomendaciones

Para aumentar el rendimiento y por lo tanto reducir el coste de la obra en tiempo y dinero, se exponen a continuación una serie de recomendaciones para los sistemas de carril embebido:

- ✓ Se recomienda encarecidamente el uso de pórticos de nivelación, frente a los sistemas tradicionales (perfiles metálicos o cuñas y placas de asientos) ya que los pórticos alcanzan mayores rendimientos y mayor precisión geométrica.
- ✓ Es importante pensar en el sistema de ejecución más ventajoso para el proyecto en cuestión. Existen distintos sistemas como el uso de una extendidora, con acanaladuras prefabricadas o placas prefabricadas con acanaladuras incorporadas entre muchos otros.
- ✓ Disponer los pies de los pórticos dentro de tubos de PVC, para facilitar la retirada del pórtico después de hormigonar.
 - Los pórticos sólo se podrán retirar una vez fragüe el hormigón.
 - Una vez retirado el pórtico, el hueco restante se rellenará con mortero o lechada de cemento.
- ✓ Ejecutar juntas de 5-10 cm de grosor cada 5 metros.
- ✓ Prestar especial atención a los problemas de tolerancia geométrica o dificultades de nivelación que pueden aparecer en las soldaduras en curva.
- ✓ Antes de iniciar el hormigonado, verificar que se han dispuestos los huecos necesarios para albergar todas las instalaciones, los huecos se ejecutan con la ayuda de encofrados.
- ✓ Cuando sea necesario conectar el carril con instalaciones, el aligeramiento del corkelast se realiza mediante tubos en lugar de con porexpan.
- ✓ Para que evitar problemas de nivelación a la hora de verter el corkelast, se nivela un tramo suplementario de 10-15 m donde no se vierte la mezcla.
- ✓ La temperatura de la mezcla del corkelast, estará entre los 15 y 30 °C. Las superficies de los elementos de la vía en contacto con la mezcla tendrán una temperatura ambiente y de superficie comprendida entre 5 y 35 °C. En caso de ser necesario, se autoriza el uso de calentadores.
- ✓ El encintado del carril y de la acanaladura se realiza para obtener un acabado óptimo.

- ✓ Se recomienda el uso de mezcladoras específicas de la casa Edilon-Sedra, para obtener una mezcla óptima de corkelast.
- ✓ Los pórticos no podrán extraerse durante el fraguado de la mezcla, cuyo tiempo varía en función de la temperatura.
 - ✓ Para una temperatura ambiente de 35 °C, se requiere hora y media.
 - ✓ Para 5 °C, el fraguado dura aproximadamente 5 horas.

5.2. EJECUCIÓN DEL SISTEMA RHEDA 2000

Procedimiento

- ✓ El montaje del sistema Rheda 2000 es común al Edilon hasta la ejecución de la losa de apoyo en hormigón en masa, este último paso también es común.
- ✓ Suministro y colocación de traviesas B355, con una separación entre ejes de 65 cm. Para aumentar el rendimiento, se puede emplear maquinaria que coloque las traviesas de forma automatizada. Junto con las traviesas, se coloca la armadura longitudinal de la losa (la armadura transversal la compone la celosía que une los dos bloques de la traviesas).
- ✓ Se transporta y se coloca sobre las traviesas los carriles E1-60 (UIC-60).



Figura 14. Fotografía de la disposición de traviesas B-355 y carril sobre la placa base.

- ✓ Los tramos de vía se ajustan en una primera aproximación mediante pórticos automatizados de elevación. Estos dispositivos permiten la colocación de husillos de nivelación.
- ✓ Se disponen los husillos cada 2 metros o cada 3 traviesas, que permiten situar la vía en su posición teórica y que además quede falcada. Estos husillos se apoyan directamente sobre la losa de apoyo, previo al hormigonado de la losa principal.



Figura 15. Fotografía del levante de la vía mediante pórticos automatizados. Colocación de husillos de nivelación para falcar la vía y tirantes.

- ✓ Se suministran y colocan los encofrados para el hormigonado de la losa principal.

- ✓ Antes de hormigonar, se realiza una última comprobación topográfica de algunos parámetros incluidos en la alineación, la flecha, el peralte, el alabeo y el ancho. Para esta comprobación se definen unas tolerancias que se exponen más adelante.



Figura 16. Fotografía del posicionamiento y comprobación geométrica de la vía previa al hormigonado.

- ✓ Se colocan capuchones sobre traviesas y tuberías cortadas sobre el carril, como elementos de protección durante el hormigonado.



Figura 17. Fotografía del hormigonado de la vía 1 mediante bomba. Protección del carril y sujeciones.

- ✓ Se realiza el hormigonado de las losas principales de 24 cm de espesor, prestando mucha atención al vibrado con el fin de evitar la presencia de aire ocluido que pueda generar fisuras.
- ✓ El curado del hormigón también es importante, puesto que cualquier fisura favorece la entrada de agua y a bajas temperaturas, ésta puede congelarse provocando la destrucción del hormigón.
- ✓ Se ejecutan las soldaduras aluminotérmicas, tomando las mismas precauciones descritas para el sistema de carril embebido y realizando posteriormente su comprobación según la normativa correspondiente. Una vez realizadas las soldaduras, se procede a la neutralización de las tensiones existentes. A continuación, se procede a la limpieza general de la obra mediante agua o aire a presión.
- ✓ Hormigonado de cunetas y del caz de recogida de aguas en la zona central y en los extremos de la plataforma.
- ✓ Instalación de los postes de tipo X2B y X3B que sustentan la catenaria con su respectivo macizo de hormigón a modo de cimentación, se disponen cada 65 m.
- ✓ Instalación de los componentes de la catenaria, detallados en el apartado de "Electrificación", y de las conexiones con las subestaciones eléctricas.

Es importante destacar que, al igual que en los tramos ejecutados con el sistema de carril embebido, el hormigonado de la losa de cada vía se realiza de forma independiente. En ambas el proceso constructivo es el

mismo salvo la forma de ejecutar el hormigonado. Para la primera vía, se hormigona mediante bomba. Mientras que para la segunda, se aprovecha que la primera vía construida para transportar cubilotes de hormigón por medio ferroviarios. Además, al igual que en el montaje anterior, la ejecución de los elementos de drenaje y electrificación sólo se iniciará una vez se hayan hormigonado las losas principales de cada una de las vías.



Figura 18. Fotografía del hormigonado de la vía 2 mediante cuba sobre carriles en vía 1.

Otro detalle importante es que además de emplearse para el hormigonado, la primera de las vías construidas facilitará el suministro de material y aumentará el rendimiento de algunas operaciones que se realizarán apoyándose en esta vía. Cabe destacar también que algunas fábricas emplean ancho ibérico para suministrar sus productos, por lo que será necesario disponer un intercambiador de ejes.

Tolerancias

Al igual que para el sistema anterior, se expone un cuadro con las tolerancias admitidas para la segunda nivelación:

TRABAJO	PARÁMETRO	TOLERÁNCIAS (mm)	
		Diferencias	Variaciones cada 5m
SEGUNDA NIVELACIÓN	Alineación (ubicación respecto al proyecto)	±5	2
	Nivelación longitudinal (ubicación respecto al)	±5	2
	Peralte	±2	2
	Ancho de vía	±2	2

Tabla 11. Tolerancias de ejecución en el posicionamiento de vía Rheda 2000.

Recomendaciones

Con este sistema se pueden alcanzar rendimientos de hasta 180 m al día. A continuación se exponen algunas recomendaciones para alcanzar dicho rendimiento y reducir costes en la construcción.

- ✓ El uso de pórticos automatizados para el levante de traviesas (previo a la colocación de los husillos), aumenta el rendimiento y además permite automatizar parcialmente el montaje de la vía. Estos pórticos se disponen cada 50 m para evitar desajustes en la nivelación.
- ✓ Se permite emplear hormigón con fibras de polipropileno en lugar de hormigón armado, aumentando de esta forma el rendimiento.
- ✓ Es recomendable disponer las juntas cada 10-15 m con un grosor de 5-10 cm.

- ✓ Para mejorar la adherencia entre hormigones, antes del hormigonado de la losa principal se deben regar las traviesas.
- ✓ Para evitar desajustes, se recomienda dejar un tramo con la vía perfectamente posicionada a 10-15 metros del tramo a hormigonar.
- ✓ Para obtener un mejor acabado en general, es conveniente proteger traviesas y carriles durante el hormigonado.
- ✓ Se aconseja realizar un nuevo vibrado alrededor de las traviesas, para reducir el riesgo de segregación y por lo tanto de oquedades entre traviesa y losa.
- ✓ El descimbrado de los husillos no se realizará antes de 24h después del hormigonado.
- ✓ Con este sistema se seguirá el proceso de neutralización ordinario, las soldaduras no presentan ningún problema específico.

5.3. TRANSICIÓN ENTRE LOS DOS SISTEMAS

La principal diferencia entre los dos sistemas es la forma en la que el carril se apoya en la losa. Con carril embebido el apoyo es continuo, mientras que para Rheda 2000 el apoyo es puntual cada 65 cm.

El principal objetivo de la transición es evitar cambios bruscos en la deflexión del carril, intentando que éstos sean de forma gradual.

Para ello, una vez finaliza el tramo con carriles embebidos, se dispone la primera traviesa de Rheda 2000 a 40 cm del final del sistema anterior. En las primeras traviesas, la separación se incrementa 5 cm hasta alcanzar la separación estándar de 65 cm, a partir de ese punto se aplica el sistema Rheda 2000 con total normalidad, como se aprecia en la imagen.

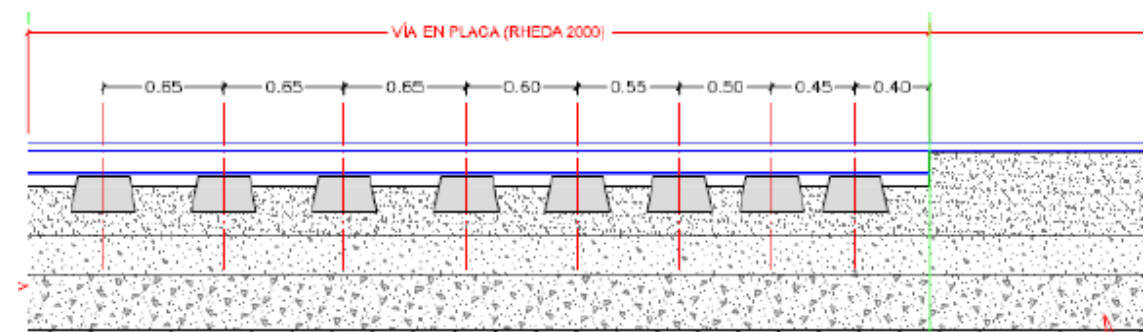


Figura 19. Transición entre vía en placa Edilon y vía Rheda 2000. Fuente: SENER

6. RECEPCIÓN DE LA VÍA

6.1. GENERALIDADES

La recepción de la vía es el acto mediante el cual el organismo competente se hace cargo de la vía, después de comprobar el cumplimiento de las condiciones prescritas.

Los pasos para realizar la correcta recepción de la vía son los siguientes: En primer lugar, se comprueba la vía en primera nivelación, a continuación se comprueban las fichas de neutralización en barras largas, se realiza un recorrido de medida con un tren auscultador geométrico, se procede a la comprobación provisional de la vía y se finaliza con la recepción definitiva de la vía.

Hasta que se proceda a la recepción, el Contratista se hace cargo de la conservación de la vía, desvíos y aparatos de dilatación. Además, la recepción es independiente de la homologación definitiva de la línea de alta velocidad.

6.2. PROCEDIMIENTO

Una vez finalizados los trabajos de vía y después de realizar las correcciones necesarias tras las pruebas de velocidad. El Contratista avisa por escrito al Director de Obra para proceder a la recepción en un plazo de 90 días a partir de la recepción del aviso. La recepción se realiza con la presencia física del Contratista, debidamente convocado. En ella se realiza un acta donde se indica:

- ✓ El reconocimiento de los trabajos de vía ejecutados.
- ✓ La constatación eventual de la no ejecución de trabajos previstos en el contrato.
- ✓ La constatación, en su caso, de existencia de imperfecciones por mala ejecución.
- ✓ La fecha de finalización de los trabajos.
- ✓ En caso de ausencia del Contratista, se hará mención a él en el acta.

La recepción tendrá efecto el día de la firma por ambas partes en caso de existir reservas. Si existen reservas, el Contratista, en el plazo acordado, deberá solventar las imperfecciones y defectos existentes. En caso de no hacerlo en el plazo previsto, el Director de Obra puede ejecutar a cuenta y riesgo del Contratista.

El Contratista pone a disposición, sin coste alguno, todo el personal y material necesario para realizar las visitas y verificaciones incluidas en la recepción.

6.3. RECEPCIÓN DE LA VÍA

Para la recepción de una vía en placa, se consideran los siguientes trabajos:

- ✓ Los trabajos de hormigonado
- ✓ La colocación de la vía
- ✓ Los trabajos relacionados con la geometría de la vía
- ✓ Las operaciones relacionadas con los carriles: amolado principalmente
- ✓ Las soldaduras aluminotérmicas
- ✓ La neutralización de los carriles
- ✓ Los acabados

Director de Obra y Contratista acudirán juntos a la recepción, los defectos constatados en ella se reflejarán también en el acta.

Sólo se realizará esta comprobación si no se han detectados defectos importantes. La verificación del estado de la vía constituye una condición previa a la utilización definitiva o provisional de la vía.

Se comprueba, con una inspección visual y algunas medidas que tanto el material como la geometría garantizan la seguridad suficiente para circular a la velocidad y confort admisible.

Para ello, se realizan las pruebas de velocidad y geometría, con los vehículos apropiados, además de la auscultación de los carriles antes de la recepción. Además, cada tramo será reconocido a pie por personal autorizado.

Principalmente para la geometría y en acuerdo por parte de ambas partes, Contratista y Director de Obra, se exponen las tolerancias admitidas para las comprobaciones, los parámetros considerados son:

- ✓ Alineación de la vía
- ✓ Ancho de la vía
- ✓ Nivelación longitudinal
- ✓ Nivelación transversal: Peralte y Alabeo
- ✓ Estabilidad de las traviesas
- ✓ Apretado de las sujeciones de carriles

Además de la geometría se establecen tolerancias para todos los elementos susceptibles de inspección.

Después de la comprobación se expone la hoja de defectos constatados, en caso de ser mucho se rechaza completamente la recepción y se tendrá que realizar una nueva comprobación. El trabajo tendrá que realizarse nuevamente si se superan en más de un 20% las tolerancias expuestas.

La recepción de la plataforma es independiente de la recepción de la vía, por lo que no se puede realizar la comprobación provisional de la vía sin obtener antes la recepción definitiva de la plataforma.

6.4. ACTA DE RECEPCIÓN

Se editan 2 ejemplares, uno para el Contratista y otro para el Director de Obra. En ella deben quedar reflejadas condiciones no aceptadas en la recepción de la vía, a modo de reservas, con su correspondiente plazo de supresión. En caso de no poder ser solventados, los defectos se mencionan aparte.

Una vez solucionadas todas las reservas, se procede a la recepción definitiva y después el Director de Obra debe conservar el acta de recepción.

6.5. PERIODO DE GARANTÍA DE LOS TRABAJOS

El lazo de garantía figura en el Pliego de Preinscripciones Técnicas Particulares, excepto para las soldaduras aluminotérmicas donde se tiene una garantía de 3 años a partir de la fecha de la soldadura.

En caso de que se tengan que eliminar defectos existentes, el plazo lo marca el contrato. Hasta la expiración de dicho plazo, el Contratista está obligado a conservar las vías, corriendo él con los gastos, con el fin de mantener las condiciones de recepción.

Si cuando finaliza el plazo, los criterios de recepción se siguen respetando, el Contratista queda eximido de sus obligaciones contractuales. En caso contrario, el periodo de garantía puede aumentar por decisión del Director de Obra hasta completar la ejecución o bien asumir el Contratista todos los gastos.

Toda esta información queda más detallada en el anejo correspondiente.

7. INTERCAMBIADOR DE EJES

Como hemos visto en el montaje, para agilizar la construcción, se emplea la primera vía construida para suministrar material y otras operaciones, debido a que la línea emplea ancho estándar y que algunas fábricas todavía emplean ancho ibérico, se considera la necesidad de instalar un intercambiador de ejes.

Cabe destacar que la elección del intercambiador de ejes se basó en la información disponible en un proyecto realizado por la misma zona, es importante destacar que el intercambiador de ejes resuelve el problema pero existen otros procedimientos más económicos y eficaces, como disponer un punto intermedio donde la vía de ancho estándar y la de ancho ibérico discurran en paralelo y realizar el intercambio de materiales y otros

elementos de la obra, con la ayuda de pórticos que realizan el traslado de un tren al otro. Sin embargo, no se ha encontrado información suficiente de este otro sistema y se ha optado por disponer un intercambiador, donde sus características y su funcionamiento se describen en detalle en el anejo correspondiente.

7.1. DESCRIPCIÓN

El intercambiador de ejes es una instalación que permite, como su propio nombre indica, cambiar los ejes de un tren, de forma que éste pueda circular por vías de ancho distinto. En este caso el intercambiador permite pasar del ancho ibérico (1668 mm) al ancho internacional (1435 mm) y viceversa.

Es interesante observar que en este caso el intercambiador tiene carácter completamente provisional ya que sólo se emplea durante la construcción de la vía para el transporte de carriles, traviesas y aparatos de vía debido a que el acceso a estas fábricas se realizó con ancho ibérico.

El intercambiador se compone de 4 vías auxiliares para el acopio de los ejes, dos de ancho ibérico a un lado y dos de ancho internacional al otro. El foso, lugar por donde circula el tren, queda en el centro de la nave y en él se sitúa una mesa transportadora-elevadora de ejes. Durante la operación, también es necesario liberar el eje del peso del vagón, por lo que se dispone además un puente-grúa.

La operación del cambio de eje se desarrolla de la siguiente forma: la mesa elevadora está compuesta por 2 vías mixtas, con 4 carriles cada una de forma que garanticen la circulación de ejes de ambos anchos, separadas de 5 metros, donde en una se sitúa el vagón con su eje a sustituir y en la otra el eje a instalar. Además, la mesa dispone de un sistema de enclavamiento para poder soportar el peso del eje cargado.

A continuación, se libera bogie del vagón y este último, con la ayuda del puente grúa, queda suspendido y el eje sin carga. Alcanzado este punto, la mesa desciende e intercambia las posiciones de los dos ejes para finalmente volver a ascender e instalar en el bogie el nuevo eje.

Por último, se almacena el eje sustituido en una de las vías auxiliares. Para el siguiente eje el proceso es el mismo, con la salvedad de que se emplea el otro par de vías auxiliares debido al desplazamiento de la mesa. Para poder desplazar todos los componentes implicados en la operación, sin necesidad de locomotora, se disponen cabestrantes.

7.2. ALCANCE

A pesar de ser una instalación auxiliar y de carácter provisional, es necesario que en el proyecto de construcción de la vía, queden perfectamente definidos todos los elementos del intercambiador, especialmente aquellos que intervienen directamente en la operación del cambio de eje.

7.3. ELECTRIFICACIÓN

En la situación inicial, ninguna de las vías del intercambiador está electrificada. Por ello, se ha proyectado electrificar un tramo de la zona del ancho nacional que llegue hasta el intercambiador.

La catenaria elegida es tipo RENFE y está pensada para 160 km/h con compensación independiente. Se compone de un cable sustentador de cobre de 153 mm² y dos hilos de contacto de 107 mm², montada sobre postes X2B y X3B.

Al ser el intercambiador una instalación provisional, la vía que llega a él y por lo tanto su electrificación también lo es, por esta razón se estudia con atención la posición de los postes, para que no interfieran con el trazado de

la vía de alta velocidad y para no dañar el terreno existente de forma que pueda afectar a algún elemento de la obra.

Sin embargo, no es necesario considerar el cruce de catenaria entre la vía que se está construyendo y la vía del intercambiador, puesto que cuando se inicie la electrificación de la línea de alta velocidad, la vía auxiliar ya se habrá desmontado y por lo tanto dicho cruce finalmente no existirá.

8. CAMBIADOR DE ANCHOS

Debido a que la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa se está ejecutando por tramos, existe el problema con la continuidad del tráfico con destino o procedencia de Barcelona, puesto que hasta se ejecute la totalidad de la nueva línea, la parte nueva construida emplea ancho estándar (1435 mm) y la vía existente, que da servicio hasta la finalización de la obra, usa ancho ibérico (1668 mm).

Como medida provisional durante la construcción, GIF dispone una instalación de cambio de ancho con lo que se garantiza la continuidad del tráfico hasta Barcelona. Esta instalación implica necesariamente el uso de trenes con capacidad de variar su ancho. Para este caso se emplean trenes Talgo, que recorrerán de Madrid hasta Lérida en ancho estándar y continuarán su camino a Barcelona, desde ese punto con ancho ibérico.

La instalación está compuesta por un foso de cambio de ancho, dos fosos de inspección a ambos lados y vías de maniobra y estacionamiento. Todo ello situado, en el P.K. 9+887, en el interior de una nave de 22x9 metros.

La instalación se localiza algo más allá de Lérida, lo que la sitúa fuera del tramo de estudio, es por ello que no se va a profundizar más en este punto.

9. DRENAJE

En una vía convencional, la naturaleza granular del balasto sirve como drenaje de la vía y no requiere ninguna otra operación al respecto. En vía en placa, los carriles descansan sobre una losa de hormigón impermeable por lo que es necesario pensar en la manera de evacuar el agua de lluvia y cualquier otro residuo líquido que pueda acabar en la vía.

9.1. DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE

La obra está situada en la cuenca hidrográfica del Ebro y según la AEMET la precipitación media anual alcanza los 322 mm, con una temperatura media de 15,5°C. Según el apartado de climatología en el anejo geotécnico, con una evapotranspiración de 760 mm, la zona sufre un déficit hidrológico, especialmente en los meses de verano. Dado que con estos datos, la precipitación no supone un problema grave, además de no tener suficiente información para realizar el cálculo estricto y debido a que para nuestro estudio, el drenaje tiene poca relevancia, se opta, para mayor simplicidad, por disponer el mismo sistema de drenaje empleado en una obra lineal cercana, donde sí que se realizó el cálculo pertinente.

Este drenaje está compuesto por cunetas trapeciales de guarda en desmontes revestidas in situ de hormigón y en pie de terraplenes. Además, en bermas y en los extremos de la plataforma se disponen las mismas cunetas trapeciales sólo que prefabricadas para reducir costes. Las cunetas de guarda se realizan in situ para evitar problemas de filtraciones en las juntas existentes entre elementos prefabricados que puedan provocar problemas de inestabilidad o erosión en los taludes. Las características de estos elementos se definen en detalle en el siguiente apartado.

A efectos de drenaje, una vía de ferrocarril funciona de la misma forma que una carretera, por esta razón en caso de tener que dimensionar las obras de drenaje, se debe recurrir a la norma 5.2 IC sobre drenaje superficial y respetar las recomendaciones sobre drenaje impuestas por ADIF en las IGP-2008.

Para dimensionar las obras de drenaje transversal, se debe calcular primero el caudal de proyecto en esa zona, mediante la siguiente fórmula:

$$Q = K \cdot (C \cdot I \cdot A) / 3,6$$

Siendo Q el caudal de paso (m^3/s), K el coeficiente de uniformidad, C el coeficiente de escorrentía, A es el área de la cuenca que hay que drenar mediante obras de drenaje transversal e I la intensidad media de precipitación en mm/h.

A su vez, el coeficiente de uniformidad K se obtiene con la siguiente fórmula:

$$K = 1 + 1 / (1 + (14 / (T_c^{1,25})))$$

Siendo T_c el tiempo de concentración de la cuenca, que se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T_c = 0,3 \cdot (L^4 \cdot VJ)^{0,76}$$

Donde L es la distancia a la que se encuentra el punto más alejado del área a desaguar y J corresponde a la pendiente media entre ese punto y la obra de drenaje en línea recta.

Para calcular la intensidad media de precipitación se recurre a la siguiente fórmula:

$$(I_t / I_d) = (I_1 / I_d)^{(28^{0,1-t^{0,1}}) / (28^{0,1-1})}$$

Siendo I_1 la intensidad horaria de precipitación correspondiente al periodo de retorno, t el tiempo de concentración e I_d la intensidad media diaria de precipitación, obtenida a través de la precipitación total diaria correspondiente al periodo de retorno (P_d), obtenida con la ayuda de bases de datos históricos y mapas de isolíneas de precipitaciones máximas diarias. Además, es necesario aplicar un coeficiente corrector, que a su vez depende del tamaño del área a desaguar:

$$I_d = K_a \cdot (P_d / 24) \quad K_a = 1 - (\text{Log } A) / 15$$

La norma dispone de un mapa donde se puede obtener de forma aproximada el valor I_1 / I_d (10 para Zaragoza). Además, en la norma también existen formulas para obtener el coeficiente de escorrentía, en función del umbral de escorrentía P_0 y P_d , aunque la norma también dispone de valores estandarizados según el uso de suelo para obtener el coeficiente de forma simplificada.

Una vez obtenido el caudal de proyecto y localizados los puntos donde los cursos de agua se cruzan con la obra lineal, se dispone en estos puntos obras de drenaje transversal con dimensiones que permitan el drenaje del caudal de proyecto.

Para dimensionar las cunetas de la plataforma, el proceso es mucho más sencillo, debido a que la norma emplea un método simplificado basado en ábacos donde a partir del material, la pendiente y el ancho, se puede obtener la altura y el caudal máximo que es capaz de desaguar.

Antes de dimensionar las cunetas hay que obtener el caudal que deben desaguar en función de las dimensiones y la pendiente de las obras de tierra, de la precipitación y de la capacidad del terreno de infiltración o de resistencia ante la erosión entre otros factores.

Para dimensionar las obras de drenaje longitudinal, el primer dato necesario es el coeficiente de rugosidad K que se obtiene en la siguiente tabla:

En tierra desnuda: Superficie uniforme	40-50
Superficie irregular	30-50
En tierra: Con ligera vegetación	25-30
Con vegetación espesa	20-25
En roca: Superficie uniforme	30-35
Superficie irregular	20-30
Fondo de grava: Cajeros de hormigón	50-60
Cajeros encachados	30-45
Encachado	35-50
Revestimiento bituminoso	65-75
Hormigón proyectado	45-60
Tubo corrugado: Sin pavimentar	30-40
Pavimentado	35-50
Tubo de fibrocemento: Sin juntas	100
Con juntas	85
Tubo de hormigón	60-75

Nota: Los valores superiores de la Tabla 4.1 se refieren a un conducto corto recién construido, mientras que los inferiores tienen en cuenta su envejecimiento, pequeñas irregularidades, ligeros defectos de limpieza, pequeños cambios de dirección y forma, así como el paso de conductos a través de arquetas cuyo fondo tenga una forma favorable al flujo del agua (por conservar la sección del conducto en su parte inferior), siempre que estos obstáculos sean locales y limitados, el conducto no sea muy corto y la velocidad no sea muy grande. Estos valores inferiores pueden valer también para empalmes con conductos menores, siempre que se procure que el agua llegue por arriba y, a ser posible, oblicuamente de modo que se incorpore en la dirección del conducto principal.

Tabla 12. Coeficiente de rugosidad K ($m^{1/3}/s$) empleado en Manning-Strickler según el material. Fuente: Norma 5.2 IC

El siguiente parámetro a elegir es la pendiente longitudinal del elemento, para los casos de las obras lineales, se suele recurrir a una pendiente similar a la de la propia obra lineal. Por último, se ha de elegir el tipo de cuneta (triangular, trapezoidal o parabólica) y F, el ancho de la base. Se obtiene la pendiente específica: $K^2 \cdot J \cdot F^{(1/3)}$. Una vez calculada, se introduce en el ábaco para obtener el caudal específico de la cuneta correspondiente, dicho ábaco se expone a continuación y se determina una valor para el caudal específico en $m^{(1/2)}/s$.

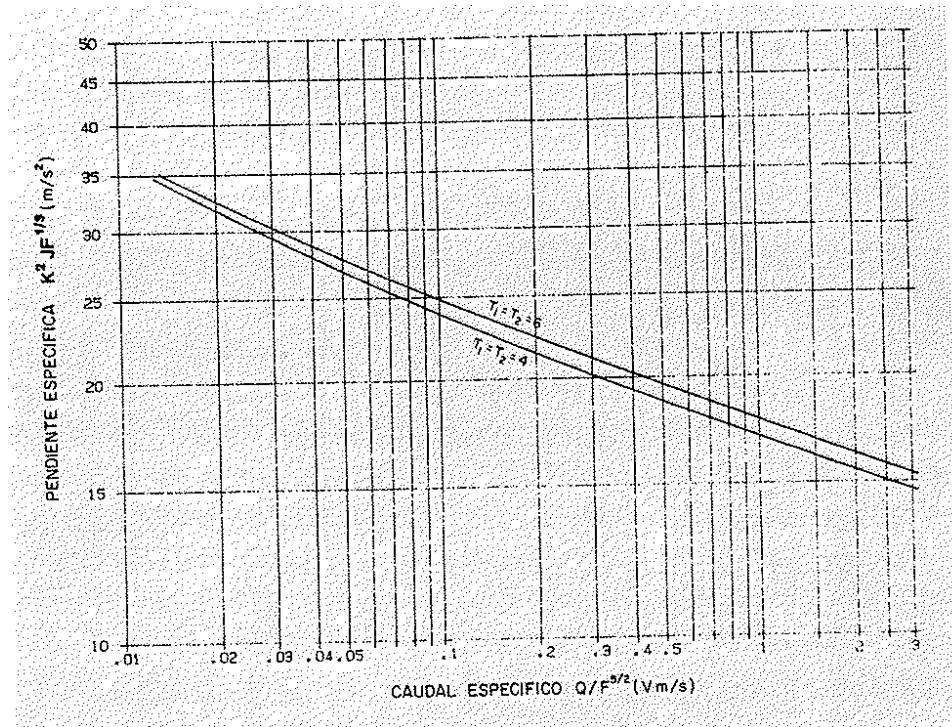


Figura 20. Ábaco nº1 de condiciones de desagüe en lámina libre de una cuneta trapezoidal. Fuente: Norma 5.2 IC

Despejando el caudal se debe obtener un valor que cumpla con la recomendación de las IGP 2008 de disponer cunetas con caudales unitarios menores de 0,5 m³/s. A continuación, se emplea el segundo ábaco para determinar la profundidad unitaria, que se muestra la siguiente imagen:

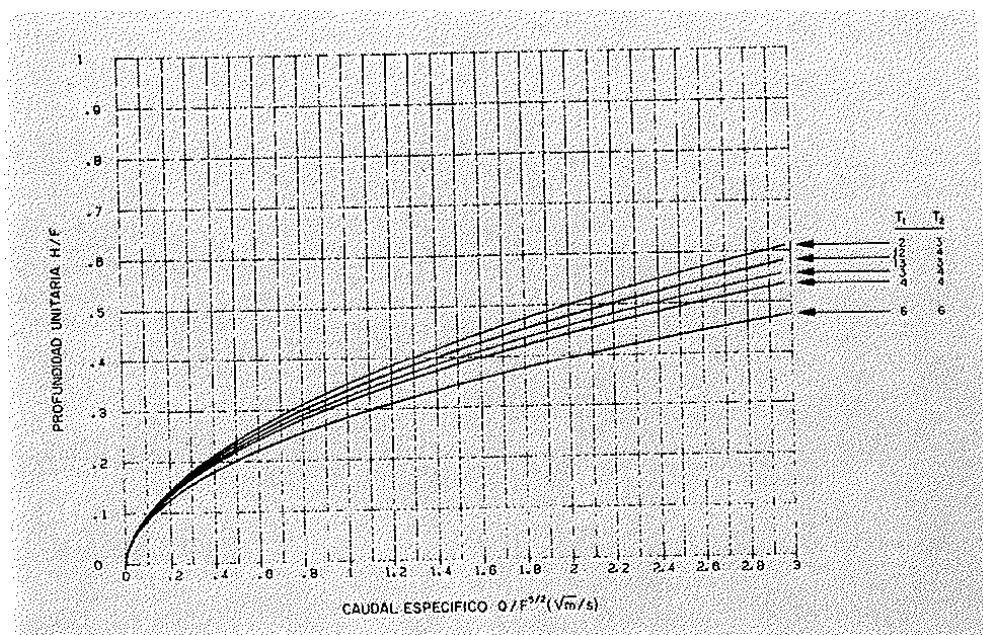


Figura 21. Ábaco nº2 de condiciones de desagüe en lámina libre de una cuneta trapezoidal. Fuente: Norma 5.2 IC

Despejando, se obtiene la profundidad de la cuneta dispuesta.

Por último se determina la velocidad específica en m²/s con el último de los ábacos, a través del caudal específico obtenido mediante la fórmula $Q/(K*\sqrt{J})$:

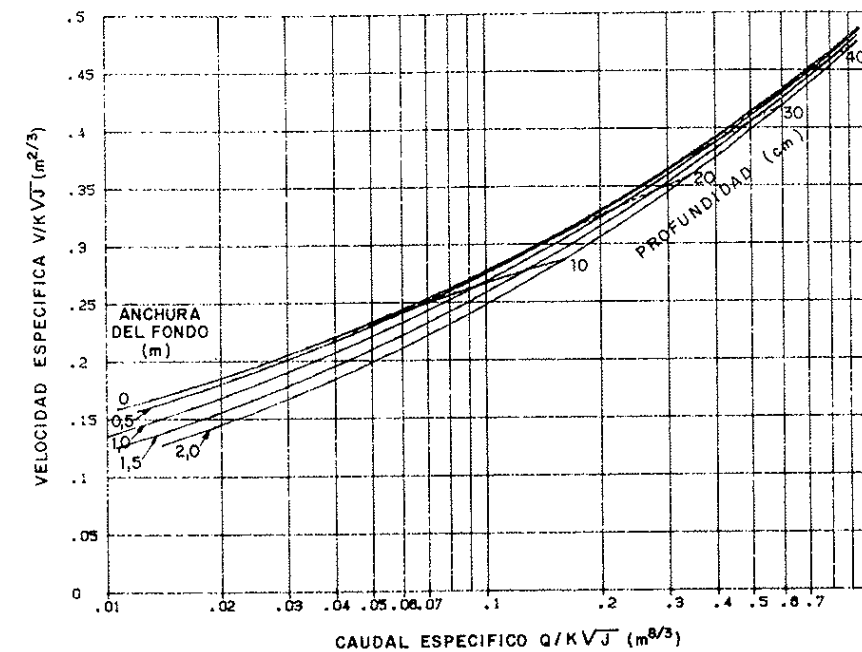


Figura 22. Ábaco nº3 de condiciones de desagüe en lámina libre de una cuneta trapezoidal. Fuente: Norma 5.2 IC

Despejando el parámetro de la velocidad, se debe garantizar que el material de la cuneta no va a sufrir una erosión profunda.

Una vez determinado el caudal que puede desaguar la cuneta, habiendo comprobado previamente que no se produce erosión, se comprueba que la cuneta dimensionada es suficiente para realizar de forma segura el drenaje longitudinal de la obra lineal.

En este punto se han mostrado algunos ábacos a modo de ejemplo, pero cuando se emplea este método la norma posee varios ábacos en función del tipo y de la forma de la cuneta y de los taludes dispuestos.

9.2. ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

A continuación se exponen los diversos elementos presentes en el sistema Edilon para asegurar un correcto drenaje y que éste no afecte a la durabilidad de los elementos estructuras de la vía en placa. Hay que tomar en cuenta que existen dos tipos de drenaje en las obras de tierras, el transversal y el longitudinal, y que para cada uno se adoptan criterios y medidas distintos.

Obras de drenaje en obras de tierra

El drenaje transversal está presente exclusivamente en terraplenes, para permitir el paso del agua sin que ésta pueda afectar al terraplén. Las obras de drenaje transversal dependen de los cursos de agua y la topografía presente en la zona.

No siempre son necesarios aunque en caso de serlo, cuando la obra interrumpe una vaguada, se realizarán de un tamaño suficiente, no sólo para el paso de agua, si no que se aprovecha esta obra para realizar un paso de la fauna, evitando de esta forma el efecto barrera, o incluso para el paso de personas y vehículos en casos de que hubieran núcleos urbanos cercanos.

El trazado de la vía estudiada atraviesa una multitud de caminos y algunas carreteras y ríos. La intersección con grandes carreteras se resuelve por medio de túneles o puentes que no son objeto del estudio realizado por lo que no se entre en detalles en ellos, estos últimos se utilizan también para salvar los ríos.

El resto de caminos no necesita un ancho importante es por ello que se decide disponer marcos de 2,5*2,5 metros, para garantizar el paso a vehículos ligeros sin necesidad de adentrarse en grandes obras. Como se han de disponer varios marcos en ese tramo, se decide aprovechar la instalación de estos para desviar las vaguadas afectadas de forma que atraviesen las ODT, evitando de esta forma tener que disponer aún más obras de drenaje.

La norma recomienda desviar las vaguadas lo menos posible, en este caso sufren una desviación. Pero una vez dispuestas las ODT necesarias para que no se tenga que desviar el tráfico en el tramo estudiado, se observa que las desviaciones que sufren las vaguadas no suponen un cambio relevante en el régimen hidrológico. Los marcos estarán sobredimensionados de forma que no es necesario disponer rastrillos en ellos.

En cualquier caso, esta medida tiene que estar obligatoriamente dimensionada para escorrentías de periodo de retorno de 100 años según la IGP-2008.

Siendo una línea de alta velocidad, se debe garantizar que la tela metálica empleada a modo de cerramiento no interfiera con las obras de drenaje, con el fin de evitar la obstrucción de la circulación de las aguas.

Para el drenaje longitudinal existen distintos elementos para evacuar aguas tanto de la obra de tierra como de la vía en placa:

Cunetas

Se colocan a lo largo de las bermas y en lo alto de los desmontes (cuneta de berma y de guarda, respectivamente), en el pie de los terraplenes y en la plataforma, tanto en desmonte como en terraplén. Se dimensionan para 50 años considerando caudales y duraciones de poca magnitud, con un caudal unitario menor a 0,5 m³/s siguiendo las recomendaciones de la IGP-2008.

La función principal de las cunetas es transportar el agua, procedente de la escorrentía superficial, hasta las arquetas para evitar la entrada de agua en la excavación, la erosión de las obras de tierra y la inundación de la vía, se fabrican, tanto las prefabricadas como las ejecutadas in situ, con un espesor de 10 cm y, al igual que el resto de elementos de drenaje longitudinal, en hormigón en masa HM-15 para evitar a toda costa la infiltración de agua y no comprometer la estabilidad de las obras de tierra.

Para permitir este drenaje las bermas, la zona superior de las obras de tierras y la plataforma deben tener una pendiente mínima del 5%. Obedeciendo la IGP-2008, esta actuación se ha dimensionado además para soportar fugas de cuencas vecinas para avenidas de 300 años de periodo de retorno.

En los puntos de transición entre terraplén y desmonte, las cunetas de guardas en lo alto de los desmontes y en las bermas se conectan, mediante bajantes en algunos casos, con las cunetas a pie de terraplén para guiar el agua hasta una obra de drenaje transversal (ODT) por donde pasa un pequeño curso de agua. Además, las cunetas de la plataforma tienen continuidad entre los tramos de desmonte y terraplén, lo que se aprovecha para colocar bajantes en los terraplenes cada 30 metros, al ser clima mediterráneo, para poder evacuar el agua hasta una ODT como en el caso anterior. Estas bajantes se dimensionan con un caudal unitario inferior a 1 m³/s.

Como se ha mencionado en el punto anterior, se va a disponer las mismas cunetas que en una obra lineal cerca, las dimensiones de dichas cunetas se muestran en la siguiente figura donde las cotas se expresan en centímetros:

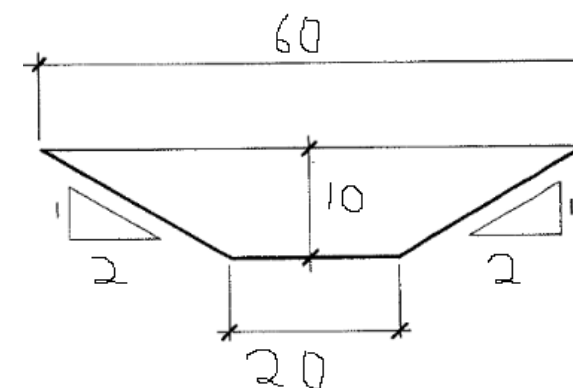


Figura 23. Croquis acotado con las dimensiones y taludes de la cuneta dispuesta. Fuente: Norma 5.2 IC

Arquetas

Se disponen arquetas para garantizar la inspección y conservación de los elementos de drenaje enterrados, se disponen cada 50 metros y con una dimensiones de 80 cm en el sentido de la corriente, 40 cm en el sentido transversal y 1,5 metros de profundidad.

Caces de media caña

Situado en el centro de la plataforma, entre las dos losas principales que soportan los trenes, recogen el agua y la transportan hasta desagües que conectan el caz central con una conducción de drenaje subterránea, para proporcionar un drenaje eficaz se dispone un caz de 30 cm de ancho y la losa debe ejecutarse con una pendiente mínima del 5%. Para evitar la obstrucción del caz central, se dispone sobre él una rejilla tramex que evite la caída de residuos de gran tamaño.

El sistema de drenaje tanto con carril embebido como con Rheda 2000 es prácticamente el mismo. El único aspecto suplementario a tener en cuenta en el caso del carril embebido, es el agua que queda entre los dos carriles, al estar éstos embebidos directamente sobre la losa actúan como barreras ante la evacuación de agua. Es por ello que se disponen en cada vía un pequeño caz de media caña entre los dos carriles de forma que el agua que quede entre ellos pueda ser evacuada fácilmente. En la zona entre los carriles se dispone la misma pendiente que en los extremos (5%). Todo esto se ilustra en la imagen, es importante indicar que ni las dimensiones ni la pendiente coinciden con las verdaderamente dispuestas en la vía estudiada, esta imagen sólo ilustra el concepto de los caces dispuestos:

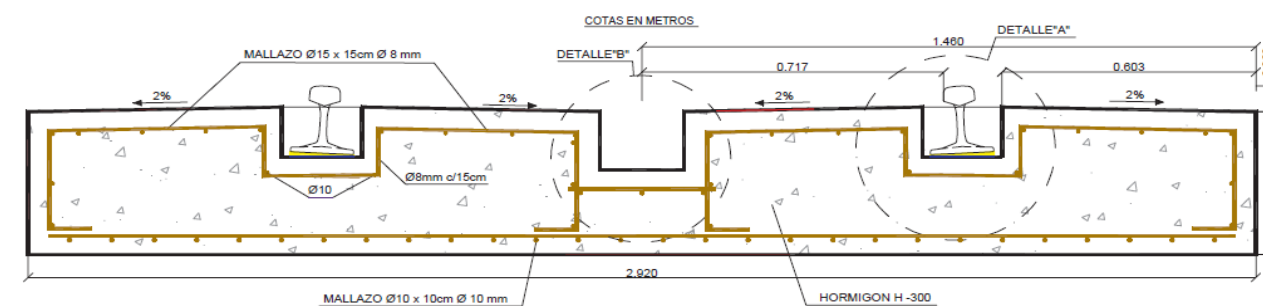


Figura 24. Croquis del sistema de drenaje del agua entre los carril en una vía simple de carril embebido Edilon.

10. ELECTRIFICACIÓN

En este apartado se detalla el tipo de sistema empleado para la alimentación de los trenes que circulan. En la siguiente imagen se exponen los principales elementos que permiten la electrificación de las vías y que van a ser descritos a continuación con cierto detalle.

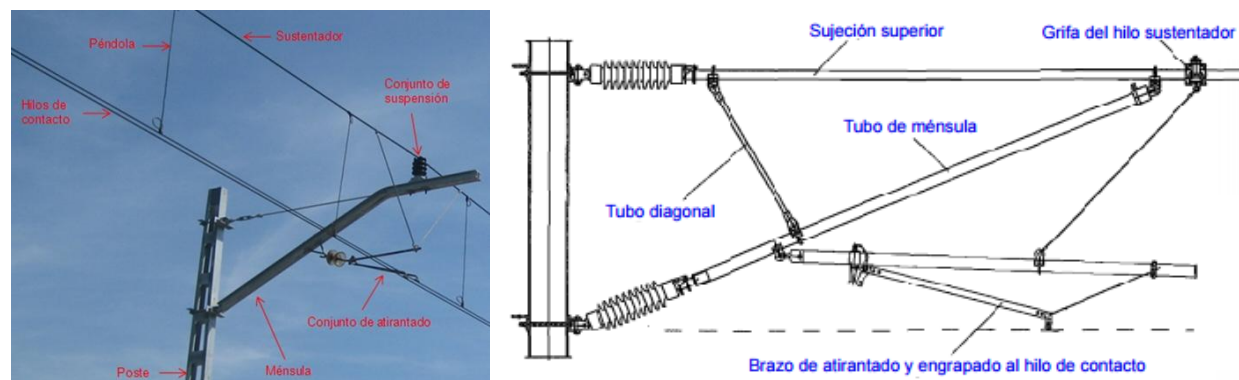


Figura 24. Fotografía y croquis de los principales elementos de la línea aérea de contacto. Fuente: ADIF

10.1. APOYO

El sistema empleado para la sustentación de la catenaria está compuesto por postes aislados tipo X2B y X3B. Estos postes se disponen principalmente cada 65 metros, pero en curvas de radio menor a 1300 m o en zonas próximas a estaciones, esta distancia se reduce a 60 m. No se considera que el viento sea tan fuerte como para tener que reducir la separación.

Cada poste está embebido en un macizo de hormigón de 5 m³, para mayor facilidad constructiva este macizo se apoya sobre la losa ya hormigonada, cuando ya está montada la vía, en caso contrario podría ser un obstáculo.

El poste está compuesto principalmente por el poste, propiamente dicho, pero también por la ménsula, el equipo de suspensión y de atirantado, que permite sostener de forma segura la catenaria sobre la vía.

10.2. CATENARIA

Dado que es alta velocidad, se emplea un único hilo de contacto y se utiliza corriente alterna. El hilo de contacto tiene una sección de 150 mm², el cable sustentador se dispone con una sección de 100 mm² y por último, se emplean péndolas equipotenciales de 25 mm² de sección.

El hilo de contacto se coloca a 5,30 metros sobre el plano de rodadura, pero en los túneles se permite reducir esta altura hasta 4,50 metros en caso de que fuera necesario. Para evitar el desgaste excesivo del mismo, se le da una excentricidad de 20 cm, esta excentricidad aumenta en curvas de radio inferior a 1300 m hasta 24 cm. Por último se le da al cable, la misma pendiente del carril.

Los elementos descritos son los principales presentes en una catenaria. Sin embargo, para funcionar con seguridad, es necesario que se instalen además elementos de seguridad, para evitar corrientes residuales que puedan producir daños a las personas.

Los principales elementos de seguridad empleados son los aisladores para evitar que la corriente de los elementos conductores pase a los apoyos y tierra, los seccionadores para separar distintos tramos de catenaria. Este sistema además de seguridad, evita que se corte completamente el tráfico en caso de avería de la catenaria, sólo se deja de circular por el tramo afectado. Otro elemento son los aisladores de sección que se

emplean para separar eléctricamente las dos vías, por seguridad y para que en caso de avería, pueda al menos funcionar una de las dos vías. El cable de tierra une todos los elementos de la catenaria y los mantiene al mismo potencial y por último el pararrayos protege la catenaria de sobretensiones causadas principalmente por tormentas eléctricas.

No hay que olvidar que una vez la corriente alimenta al tren, está acaba en el carril y debe volver a la subestación, por esta razón es necesario en las juntas de los carriles disponer cables de retorno. Respecto a las subestaciones, es necesario observar que se deben disponer al menos tantas como seccionamientos instalados para que no queden tramos de vía sin alimentar.

11. PRESUPUESTO

En este punto se exponen las principales unidades de obra en las que se divide la obra, la unidad en las que se mide y el precio unitario de cada una. Por último se obtiene, el presupuesto de ejecución material resultante de la suma de los productos de cada precio unitario con su respectiva medición.

11.1. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES DE OBRA

Excavación: Expresada en m³, corresponde a todo el volumen de tierra retirado en desmonte y para sustituir el terreno, incluye refinado de taludes. En esta unidad se incluye la carga, el transporte y la descarga del material en vertedero, al igual que la parte proporcional de retroexcavadoras, palas cargadoras, rippers y camiones. El rendimiento asciende a 72 m³/h.

Relleno procedente de cantera: Expresada en m³, corresponde a todo el volumen de tierra procedente de la cantera para sustituir el terreno natural y ejecutar los terraplenes. Incluye la adquisición, carga en la cantera, transporte y descarga en acopios de la obra, al igual que la parte proporcional de maquinaria y equipos para el refinado de taludes, el riego y la compactación de las distintas capas del terraplén. Se excluye el volumen destinado a la capa de forma. El rendimiento asciende a 15 m³/h.

Geotextil: Expresado en m², geotextil de fibra de coco de 120 g/m² colocado sobre los taludes resultantes de las obras de tierras, tanto en desmonte como en terraplén. Incluye suministro, limpieza, preparación, solapes inserción de vegetación con un rendimiento del equipo de 8 m²/h.

Capa de forma: Expresado en m³, corresponde al volumen de la cantera empleado para realizar la capa de forma donde es necesario aplicar un procedimiento de estabilización de suelos en el que se indicará la relación de cemento respecto al suelo o los kilogramos de cemento necesarios para estabilizar un metro cúbico de suelo. Incluye fabricación, transporte, extendido y compactación, alcanza rendimientos de 15 m³/h.

Encofrado: Expresado en m², superficie de encofrado con placas metálicas para el hormigonado de las losas, incluso suministro, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante, con un rendimiento de 8 m²/h.

Hormigón en masa HM-20: Expresado en m³, equivale al volumen de hormigón tipo HM-20/P/20/I necesario para ejecutar la losa de apoyo. Incluye fabricación, transporte, vertido, vibrado y curado del hormigón, además de la parte proporcional de todos los equipos implicados, con un rendimiento medio de 15 m³/h.

Hormigón armado HA-35 (armadura incluida): Expresado en m³, es el volumen de hormigón tipo HA-35/P/20/IIa necesario para ejecutar las losas principales de los tramos de vía con sistema Rheda 2000. Incluye fabricación, transporte, armado, ferrallado, vertido, vibrado y curado del hormigón, además de la parte proporcional de los

equipos necesarios para ejecutar esta unidad de obra. Se indica además que la cuantía de acero necesaria por cada metro cúbico de hormigón alcanza los 50 kilogramos. Con un rendimiento medio de 15 m³/h para el hormigonado y 150 kg/h para el armado.

Hormigón armado HA-25 (armadura incluida): Unidad equivalente a la anterior pero para las losas principales de los tramos de vía con sistema de carril embebido con hormigón tipo HA-25/P/20/IIa. Se expresa con las mismas unidades e incluye las mismas operaciones. Con una cuantía de 55 kilogramos por metro cúbico de hormigón, un rendimiento medio de 15 m³/h para el hormigonado y 150 kg/h para el armado.

Carril UIC 60: Medida en metro lineal, corresponde a la cuantía de acero S355 JR necesaria para la fabricación del carril UIC 60. Incluye fabricación, transporte, colocación y las soldaduras aluminotérmicas, además de un 5% adicional por la parte proporcional de los equipos empleados para la ejecución de esta unidad. Rendimiento de 160 m/h.

Traviesas B355: Expresada en unidades, es el número de traviesas necesarias para ejecutar los tramos con Rheda 2000, teniendo en cuenta las zonas de transición, donde las traviesas están más próximas, y un pequeño excedente del 10 % para cubrir posibles defectos o roturas que impliquen sustituir la traviesa. Rendimiento medio de 40 unidades por hora, incluso suministro, transporte, colocación y sujeción.

Riego de imprimación y riego de adherencia: Riego dispuesto sobre el carril y sobre las acanaladuras en el sistema de carril embebido, con la ayuda de un camión cisterna de riego, para garantizar una buena adherencia entre el corkelast y los distintos elementos de la vía. Contiene una dotación de 1 kg/m², se expresa en m² y se obtiene un rendimiento medio de 2000 m² por hora. Son dos riegos distintos pero tienen el mismo precio, por esta razón se ha decidido agruparlos. Para la medición se tomara en cuenta que riega la misma superficie dos veces, una por cada riego, por lo que se habrá que multiplicar por dos la medición.

Corkelast: Se mide en m³, y corresponde al volumen necesario de Corkelast para garantizar la adherencia entre el carril y la losa. En esta unidad se incluye la fabricación, el transporte y el vertido, con un rendimiento de 65 m³/h.

Postes eléctricos y otras instalaciones eléctricas: Se expresa en unidades, corresponde al coste de implantación de los postes que sostienen la catenaria. En esta unidad se incluye la fabricación, transporte y montaje de los postes y se incluye la parte proporcional de equipos empleados en su instalación al igual que el de otras instalaciones como pueden ser subestaciones eléctricas y las conexiones entre subestación y catenaria. Rendimiento medio de 10 unidades por hora.

Catenaria: Se expresa en metro lineal, se mide el hilo de contacto dispuesto, teniendo en cuenta que se disponen dos hilos de contacto, por lo que se obtiene el doble de longitud. En esta unidad se incluye además una parte proporcional correspondiente al cable sustentador y a las péndolas dispuestas, además se incluye la parte proporcional de los equipos necesarios para la instalación de la catenaria. Rendimiento medio de 160 m/h.

Cunetas y caces de media caña: Expresado en m, incluye la fabricación, excavación y montaje de las cunetas y caces prefabricados y los otros elementos de drenaje longitudinal, se incluye la parte proporcional de los equipos empleados para ejecutar esta unidad de obra. En el sistema Edilon además, se toma en cuenta los caces en los ejes de las vías. Rendimiento medio de 30 m/h.

Obras de drenaje transversal: Expresada en metros lineales, marcos prefabricados en hormigón armado de 2,5*2,5 m que permiten, además dejar paso a las vaguadas existentes, dar paso a vehículos pequeños. Rendimiento 40 metros por hora.

11.2. PRECIOS UNITARIOS, PEM Y PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

Al igual que se va a realizar para las secciones tipo, se estudia el presupuesto para 100 m de tramo con sistema Rheda 2000 en terraplén y otro tramo de la misma longitud pero con sistema de carril embebido y en desmonte.

Para el cálculo del presupuesto de ejecución material (PEM), se calcula el tiempo necesario de los equipos, la inversa de rendimiento, se multiplica por su precio por hora y se obtienen parciales, la suma de estos parciales representa el PEM de las distintas unidades de obras.

Al ser obras terrestres se ha adoptado un 6% de costes indirectos.

Para los precios unitarios, se han adoptado los valores expuestos en la publicación de "Valoración de obras de Ingeniería Civil" y en el siguiente enlace:

<http://itec.es/noumetabase2.e/consultes.aspx?paraula=carril+UIC>

Ejecución de 100 m de terraplén con Rheda 2000:

Se expone la relación de los precios unitarios de las distintas unidades de obra mediante las siguientes tablas:

Precio unitario: m ³ Excavación del terreno que va a ser sustituido, incluso carga, transporte y descarga.					
					U.O. 1
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ001	0.014	Retroexcavadora	38.77	0.54	
MQ004	0.056	4 camiones de 24 t	32.52	1.81	
					2.35
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
HERRAMIENTAS % sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					2.35
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.14
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					2.49

Tabla 13. Las tablas 13 a 25, ambas inclusive, muestran las principales unidades de obras en las que se ha desglosado la obra, donde se exponen los materiales, equipos y mano de obra necesaria para la ejecución del sistema Rheda 2000 en terraplén, al igual que sus respectivos precios y rendimientos y el precio unitario final de la unidad de obra.

Fuente: Elaboración propia.

Precio unitario: m ³ Relleno procedente de cantera para el terraplén y la sustitución del terreno, incluso adquisición, carga, transporte y descarga, refinado de taludes, riego y compactación.					
					U.O. 2
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT003	1 m ³	relleno seleccionado	4.65	4.65	
					4.65
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ001	0.067	Retroexcavadora	38.77	2.58	
MQ004	0.267	4 camiones de 24 t	32.52	8.67	
MQ014	0.067	Camión de riego	25.42	1.69	
MQ005	0.067	rodillo vibratorio autopropulsado	34.07	2.27	
					15.22
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO001	0.067	Peón ordinario	16.08	1.07	
					1.07
HERRAMIENTAS % sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					20.94
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					1.26
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					22.20

Tabla 14.

Precio unitario: m ² Geotextil de fibra de coco de 120g/m ² colocado sobre los taludes de las obras de tierra, incluso suministro, limpieza, preparación, solapes y vegetación.					
					U.O. 3
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT001	1 m ²	geotextil	1	1	
					1.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ002	0.250	Camión grúa de 3t	27.48	6.87	
					6.87
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO001	0.250	2 Peones ordinarios	16.08	4.02	
					4.02
HERRAMIENTAS 4% sobre mano de obra					0.16
SUMA DE COSTES DIRECTOS					12.05
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.72
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					12.77

Tabla 15.

Precio unitario: m ³ Capa de forma ejecutada con suelo seleccionado estabilizado con cemento (S-EST 3).					
					U.O. 4
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT002	0.29 t	cemento	69.12	20.04	
MT003	2 t	relleno seleccionado procedente de cantera	4.65	9.30	
MT004	0.17 m ³	Agua para el S-EST 3	0.54	0.09	
					29.44
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ003	0.067	Planta de estabilización de suelos	55.23	3.68	
MQ005	0.267	4 camiones hormigonera	33.91	9.04	
MQ006	0.067	rodillo vibratorio autopropulsado	34.07	2.27	
					15.00
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO001	0.333	5 Peones ordinarios	16.08	5.36	
MO002	0.133	2 Oficiales de primera	17.24	2.30	
					7.66
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.15
SUMA DE COSTES DIRECTOS					52.24
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					3.13
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					55.38

Tabla 16.

Precio unitario: m ² Superficie de encofrado metálico, incluye suministro, colocación, desencofrado y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y desencofrante.					
					U.O. 5
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT005	1.15 m ²	Placa metálica de encofrado con parte proporcional de apuntalamientos y desencofrante	0.93	1.07	
					1.07
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ002	0.125	Camión grúa de 3t	27.48	3.44	
					3.44
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO006	0.125	Oficial encofrador	17.85	2.23	
MO007	0.250	2 ayudantes	16.19	4.05	
					6.28
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.31
SUMA DE COSTES DIRECTOS					11.10
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.67
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					11.76

Tabla 17.

Precio unitario: m ³ Hormigón en masa HM-20/P/20/I de consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 20 mm, de ambiente no agresivo, en losa de apoyo, incluso fabricación, transporte y vertido.						U.O. 6
MATERIALES				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
P.X.1	1.00 m ²	Fabricación HM-20/P/20/I incluso transporte y vertido	43.00	43.00		
					43.00	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ005	0.067	Camión hormigonera	33.91	2.26		
					2.26	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO002	0.067	Oficial de primera	17.24	1.15		
MO001	0.067	Peón ordinario	16.08	1.07		
					2.22	
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.04	
SUMA DE COSTES DIRECTOS					47.53	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					2.85	
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					50.38	

Tabla 18.

Precio unitario: m ³ Hormigón armado HA-35/P/20/IIa de consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 20 mm, de ambiente con exposición normal, en losa principal, incluso fabricación, transporte, armado, ferrallado, vertido, vibrado y curado.						U.O. 7
MATERIALES				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT002	0.31 t	Cemento	69.12	21.43		
MT006	1.50 t	Arena para	6.37	9.56		
MT007	0.60 t	Grava para	5.17	3.10		
MT004	0.17 m ³	Agua para el	0.54	0.09		
MT008	50 kg	Acero B-500-S	0.45	22.50		
MT009	2.5 kg	Alambre	0.6	1.50		
					34.08	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ005	0.267	4 Camiones hormigonera	33.91	9.04		
MQ007	0.067	Planta de hormigón	55.23	3.68		
MQ005	0.067	Bomba de hormigón	116.02	7.73		
		Rodillo				
MQ006	0.067	vibratorio autopropulsado	34.07	2.27		
MQ002	0.333	Camión grúa 3t	27.48	9.16		
					31.89	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO002	0.133	2 Oficiales de primera	17.24	2.30		
MO001	0.333	5 Peones ordinario	16.08	5.36		
MO003	0.333	Oficial ferrallista de primera	18.16	6.05		
MO004	1.000	3 Ayudantes de ferrallista	16.19	16.19		
					7.66	
HERRAMIENTAS 9% sobre mano de obra					0.69	
SUMA DE COSTES DIRECTOS					74.32	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					4.46	
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					78.78	

Tabla 19.

Precio unitario: ud Travesas B355, se dispone un 10% de excedente en el total para cubrir posibles defectos o roturas. Incluso adquisición, transporte, suministro, colocación y elementos de sujeción.					
					U.O. 8
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT010	1.10	Travesa B355, incluso colocación y sujeciones	169.84	186.82	
					186.82
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0.025	Camión grúa 20t	46.80	1.17	
					1.17
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.100	4 Oficiales de primera	17.24	1.72	
MO001	0.200	8 Peones ordinarios	16.08	3.22	
					4.94
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.25
SUMA DE COSTES DIRECTOS					193.18
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					11.59
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					204.77

Tabla 20.

Precio unitario: m Carrles UIC 60, incluso suministro, transporte, colocación y nivelación, soldaduras aluminotérmicas.					
					U.O. 9
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT011	1.05	carril UIC, incluso soldadura	45.89	48.18	
					48.18
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0.00625	Camión grúa 20 t	27.48	0.17	
					0.17
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.00625	Oficial de primera	17.24	0.11	
MO001	0.01250	2 Peones ordinarios	16.08	0.20	
					0.31
HERRAMIENTAS 7% sobre mano de obra					0.02
SUMA DE COSTES DIRECTOS					48.69
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					2.92
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					51.61

Tabla 21.

Precio unitario: ud Postes eléctricos galvanizados tipo X2B y X3B, incluso adquisición, transporte y colocación.					
					U.O. 10
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT012	1.00	Poste tipo X2B y X3B, incluso conexiones con subestaciones eléctricas	378.75	378.75	
					378.75
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0.20000	Camión grúa 20 t	27.48	5.50	
					5.50
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.20000	2 Oficiales de primera	17.24	3.45	
MO001	0.80000	4 Peones ordinarios	16.08	12.86	
					16.31
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.33
SUMA DE COSTES DIRECTOS					400.88
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					24.05
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					424.94

Tabla 22.

Precio unitario: m Catenaria, incluye suministro, transporte e instalación.					
					U.O. 11
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT013	0.89 kg	cable sustentador de 100 mm ²	5.69	5.06	
MT014	1.34 kg	hilo de contacto de 150 mm ²	6.05	8.11	
MT015	1.00	conjunto de pendolas de 25 mm ²	16.02	16.02	
					29.19
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE	PARCIAL	TOTAL
MQ009	0.00625	Tren de montaje de catenaria	34.70	0.22	
					0.22
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.00625	Oficial de primera	17.24	0.11	
MO001	0.01875	3 Peones ordinarios	16.08	0.30	
					0.41
HERRAMIENTAS 0% sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					29.82
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					1.79
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					31.61

Tabla 23.

Precio unitario: m Cunetas y caz central, incluso fabricación, transporte, colocación, arquetas, bajantes y otros elementos de desagüe.					
					U.O. 12
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT016	1.00	cunetas prefabricadas de plataforma y cunetas de guarda revestidas de hormigón, incluso colocación y revestimiento	4*24.82	99.28	
MT017	1.00	caz central prefabricado	25.16	25.16	
					124.44
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.06667	2 Oficiales de primera	17.24	1.15	
MO001	0.13333	4 Peones ordinarios	16.08	2.14	
					3.29
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.16
SUMA DE COSTES DIRECTOS					127.90
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					7.67
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					135.57

Tabla 24.

Precio unitario: m Marcos prefabricados de hormigón armado 2,5*2,5 m, empleados como obras de drenaje transversal que permiten el paso de pequeños vehículos,					
					U.O. 13
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT018	1.00	ODT	120	120.00	
					120.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ010	0.05000	2 Grúas autopropulsadas de 20 t	57.07	2.85	
					2.85
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.02500	Oficial de primera	17.24	0.43	
MO001	0.07500	3 Peones ordinarios	16.08	1.21	
					1.64
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.08
SUMA DE COSTES DIRECTOS					124.57
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					7.47
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					132.05

Tabla 25.

Para realizar las mediciones se toma la sección del terraplén situado en la autopista A-2 y se considera que las obras de drenaje transversal tienen una longitud media de 40 m.

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) se obtiene sumando los productos de los precios unitarios de las distintas unidades de obra con sus respectivas mediciones. Dado el pequeño número de unidades de obras, se prescinde de agruparlas por capítulos:

unidad de obra	Precio unitario (€/UD)	Mediciones	Precio total de la unidad
U.O. 1	2.49	6800	16903.76 €
U.O. 2	22.20	23600	523953.45 €
U.O. 3	12.77	2440	31168.86 €
U.O. 4	55.38	420	23259.25 €
U.O. 5	11.76	219.816	2585.36 €
U.O. 6	50.38	228	11486.17 €
U.O. 7	78.78	153.6	12100.96 €
U.O. 8	204.77	308	63069.73 €
U.O. 9	51.61	400	20643.12 €
U.O. 10	424.94	4	1699.75 €
U.O. 11	31.61	200	6321.25 €
U.O. 12	135.57	100	13557.19 €
U.O. 13	132.05	40	5281.87 €

Tabla 26. Precios unitarios y mediciones de las unidades de obras descritas anteriormente. Fuente: Elaboración propia.

El PEM obtenido es 732030.73 €, es decir SETECIENTOS TREINTA Y DOS MIL TREINTA EUROS CON SETENTA Y TRES CÉNTIMOS.

A continuación, para obtener el Presupuesto Base de Licitación se le suman al PEM los gastos generales de la obra, en este caso ascienden hasta el 17% y el beneficio industrial (6%), en ambos casos el porcentaje se aplica sobre el PEM:

Presupuesto Base de Licitación:		
PEM	732030.73	€
Gastos Generales (17% del PEM)	124445.22	€
Beneficio industrial (6% del PEM)	43921.84	€
Total sin IVA	900397.80	€

Tabla 27. Presupuesto de Ejecución Material y Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A. Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene un Presupuesto Base de Licitación de 900397.80 €, es decir NOVECIENTOS MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.

Finalmente se le suma el Impuesto de Valor Añadido (I.V.A.), que asciende en este caso al 21% del Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A. para obtener el Presupuesto Base de Licitación definitivo:

Total sin IVA	900397.80	€
IVA (21%)	189083.54	€
Total final	1089481.34	€

Tabla 28. Presupuesto Base de Licitación con I.V.A. Fuente: Elaboración propia.

El Presupuesto Base de Licitación definitivo para ejecutar 100 metros de vía en placa con sistema Rheda 2000 sobre terraplén asciende a 1089481.34 €, es decir UN MILLÓN OCHENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Ejecución de 100 m de desmonte con carril embebido Edilon:

Se expone la relación de los precios unitarios de las distintas unidades de obra mediante las siguientes tablas:

Precio unitario: m ³ Excavación del desmonte y del terreno que va a ser sustituido, incluso carga, transporte y descarga.					
					U.O. 1
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ001	0.014	Retroexcavadora	38.77	0.54	
MQ004	0.056	4 camiones de 24 t	32.52	1.81	
					2.35
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
HERRAMIENTAS 0% sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					2.35
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.14
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					2.49

Tabla 29. Las tablas 29 a 41, ambas inclusive, muestran las principales unidades de obras en las que se ha desglosado la obra, donde se exponen los materiales, equipos y mano de obra necesaria para la ejecución del sistema de carril embebido Edilon en desmonte, al igual que sus respectivos precios y rendimientos y el precio unitario final de la unidad de obra.

Fuente: Elaboración propia.

Precio unitario: m ³ Relleno procedente de cantera para la sustitución del terreno, incluso adquisición, carga, transporte y descarga, refinado de taludes, riego y compactación.					
					U.O. 2
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT003	1 m ³	relleno seleccionado procedente de cantera	4.65	4.65	
					4.65
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ001	0.067	Retroexcavadora	38.77	2.58	
MQ004	0.267	4 camiones de 24 t	32.52	8.67	
MQ014	0.067	Camión de riego	25.42	1.69	
MQ005	0.067	rodillo vibratorio autopropulsado	34.07	2.27	
					15.22
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO001	0.067	Peón ordinario	16.08	1.07	
					1.07
HERRAMIENTAS % sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					20.94
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					1.26
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					22.20

Tabla 30.

Precio unitario: m ² Geotextil de fibra de coco de 120g/m ² colocado sobre los taludes de las obras de tierra, incluso suministro, limpieza, preparación, solapes y vegetación.						U.O. 3
MATERIALES				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT001	1 m ²	geotextil	1	1		
					1.00	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ002	0.250	Camión grúa de 3t	27.48	6.87		
					6.87	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO001	0.250	2 Peones ordinarios	16.08	4.02		
					4.02	
HERRAMIENTAS 4% sobre mano de obra					0.16	
SUMA DE COSTES DIRECTOS					12.05	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.72	
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					12.77	

Tabla 31.

Precio unitario: m ³ Capa de forma ejecutada con suelo seleccionado estabilizado con cemento (S-EST 3).						U.O. 4
MATERIALES				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MT002	0.29 t	cimento	69.12	20.04		
MT003	2 t	relleno seleccionado procedente de cantera	4.65	9.30		
MT004	0.17 m ³	Agua para el S-EST 3	0.54	0.09		
					29.44	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MQ003	0.067	Planta de estabilización de suelos	55.23	3.68		
MQ005	0.267	4 camiones hormigonera	33.91	9.04		
MQ006	0.067	rodillo vibratorio autopropulsado	34.07	2.27		
					15.00	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)		
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL	
MO001	0.333	5 Peones ordinarios	16.08	5.36		
MO002	0.133	2 Oficiales de primera	17.24	2.30		
					7.66	
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.15	
SUMA DE COSTES DIRECTOS					52.24	
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					3.13	
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					55.38	

Tabla 32.

Precio unitario: m ² Superficie de encofrado metálico, incluye suministro, colocación, desencofrado y acanaladuras y parte proporcional de apeos, apuntalamientos y					
					U.O. 5
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT005	1.15 m ²	Placa metálica de encofrado con parte proporcional de apuntalamientos y desencofrante	0.93	1.07	
					1.07
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ002	0.125	Camión grúa de 3t	27.48	3.44	
					3.44
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO006	0.125	Oficial encofrador	17.85	2.23	
MO007	0.250	2 ayudantes encofradores	16.19	4.05	
					6.28
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.31
SUMA DE COSTES DIRECTOS					11.10
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.67
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					11.76

Tabla 33.

Precio unitario: m ³ Hormigón en masa HM-20/P/20/l de consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 20 mm, de ambiente no agresivo, en losa de apoyo,					
					U.O. 6
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
P.X.1	1.00 m ²	Fabricación HM-20/P/20/l incluso transporte y vertido	43	43.00	
					43.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ005	0.067	Camión hormigonera	33.91	2.26	
					2.26
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.067	Oficial de primera	17.24	1.15	
MO001	0.067	Peón ordinario	16.08	1.07	
					2.22
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.04
SUMA DE COSTES DIRECTOS					47.53
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					2.85
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					50.38

Tabla 34.

Precio unitario: m ³ Hormigón armado HA-25/P/20/IIa de consistencia plástica, tamaño máximo de árido de 20 mm, de ambiente con exposición normal, en losa principal, incluso fabricación, transporte, armado, ferrallado, vertido, vibrado y curado.					
					U.O. 7
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT002	0.29 t	Cemento	69.12	20.04	
MT006	1.50 t	Arena para hormigón	6.37	9.56	
MT007	0.60 t	Grava para el hormigón	5.17	3.10	
MT004	0.17 m ³	Agua para el hormigón	0.54	0.09	
MT008	55 kg	Acero B-500-S incluye separadores despuntes y solapes	0.45	24.75	
MT009	2.5 kg	Alambre	0.6	1.50	
				32.70	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ005	0.267	4 Camiones hormigonera	33.91	9.04	
MQ007	0.067	Planta de hormigón	55.23	3.68	
MQ005	0.067	Bomba de hormigón	116.02	7.73	
MQ006	0.067	Rodillo vibratorio	34.07	2.27	
MQ002	0.367	autopropulsado Camión grúa 3t	27.48	10.08	
				32.81	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.133	2 Oficiales de primera	17.24	2.30	
MO001	0.333	5 Peones ordinario	16.08	5.36	
MO003	0.367	Oficial ferrallista de primera	18.16	6.66	
MO004	1.100	3 Ayudantes de ferrallista	16.19	17.80	
				7.66	
HERRAMIENTAS 9% sobre mano de obra					0.69
SUMA DE COSTES DIRECTOS					73.86
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					4.43
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					78.29

Tabla 35.

Precio unitario: m ² Riego de imprimación Edilon Primer U90WB y Riego de adherencia Edilon Primer 21 sobre el carril y las acanaladura de la losa que mejora la adherencia del corkelast, dotación de 1 kg/m ² . Incluso adquisición, transporte y vertido.					
					U.O. 8
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT020	1.00 m ²	Riego de adherencia y de imprimación	0.42804	0.43	
				0.43	
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ011	0.001	Camión cisterna para riegos	28.42	0.01	
				0.01	
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO001	0.001	Peón ordinario	16.08	0.01	
				0.01	
HERRAMIENTAS 0% sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					0.45
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					0.03
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					0.48

Tabla 36.

Precio unitario: m ³ Corkelast: Mezcla elastomérica que garantiza la unión entre el carril y la losa, incluso fabricación, transporte y vertido.					
					U.O. 9
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT021	1.00 m ³	Mezcla elastomérica tipo Corkelast. Incluso fabricación y vertido	8350.00	8350.00	
					8350.00
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.015	Oficial de primera	17.24	0.27	
MO001	0.031	2 Peones ordinarios	16.08	0.49	
					0.76
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.04
SUMA DE COSTES DIRECTOS					8350.80
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					501.05
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					8851.85

Tabla 37.

Precio unitario: m Carrles UIC 60, incluso suministro, transporte, colocación y nivelación, soldaduras aluminotérmicas.					
					U.O. 10
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT011	1.05	carril UIC, incluso soldadura	45.89	48.18	
					48.18
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0.00625	Camión grúa 20 t	27.48	0.17	
					0.17
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.00625	Oficial de primera	17.24	0.11	
MO001	0.01250	2 Peones ordinarios	16.08	0.20	
					0.31
HERRAMIENTAS 7% sobre mano de obra					0.02
SUMA DE COSTES DIRECTOS					48.69
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					2.92
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					51.61

Tabla 38.

Precio unitario: ud Postes eléctricos galvanizados tipo X2B y X3B, incluso adquisición, transporte y colocación.					
					U.O. 11
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT012	1.00	Poste tipo X2B y X3B, incluso conexiones con subestaciones eléctricas	378.75	378.75	
					378.75
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ008	0.20000	Camión grúa 20 t	27.48	5.50	
					5.50
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.20000	2 Oficiales de primera	17.24	3.45	
MO001	0.80000	4 Peones ordinarios	16.08	12.86	
					16.31
HERRAMIENTAS 2% sobre mano de obra					0.33
SUMA DE COSTES DIRECTOS					400.88
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					24.05
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					424.94

Tabla 39.

Precio unitario: m Catenaria, incluso suministro, transporte e instalación.					
					U.O. 12
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT013	0.89 kg	cable sustentador de 100 mm ²	5.69	5.06	
MT014	1.34 kg	hilo de contacto de 150 mm ²	6.05	8.11	
MT015	1.00	conjunto de pendolas de 25 mm ²	16.02	16.02	
					29.19
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MQ009	0.00625	Tren de montaje de catenaria	34.70	0.22	
					0.22
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.00625	Oficial de primera	17.24	0.11	
MO001	0.01875	3 Peones ordinarios	16.08	0.30	
					0.41
HERRAMIENTAS 0% sobre mano de obra					0.00
SUMA DE COSTES DIRECTOS					29.82
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					1.79
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					31.61

Tabla 40.

Precio unitario: m Cunetas, caz central y caces de entreeje, incluso fabricación, transporte, colocación, arquetas, bajantes y otros elementos de desagüe.					
					U.O. 13
MATERIALES				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	UD	DEFINICIÓN	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MT016	1.00	cunetas prefabricadas de plataforma y cunetas de guarda revestidas de hormigón, incluso colocación y revestimiento	6*24.82	148.92	
MT017	1.00	caz central prefabricado	25.16	25.16	
MT022	1.00	caces de los entreejes	2*25.16	50.32	
					224.40
MAQUINARIA				IMPORTE (€)	
CODIGO	HORA	TIPO	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
					0.00
MANO DE OBRA				IMPORTE (€)	
CÓDIGO	HORA	CATEGORÍA	COSTE (€/UD)	PARCIAL	TOTAL
MO002	0.06667	2 Oficiales de primera	17.24	1.15	
MO001	0.20000	6 Peones ordinarios	16.08	3.22	
					4.37
HERRAMIENTAS 5% sobre mano de obra					0.22
SUMA DE COSTES DIRECTOS					228.98
SUMA DE COSTES INDIRECTOS 6% SOBRE COSTE DIRECTO					13.74
TOTAL PRECIO EJECUCIÓN MATERIAL					242.72

Tabla 41.

Para realizar las mediciones se toma la sección del desmonte cercano a Zaragoza y se considera que en los 100 metros medidos, la sección es constante, al ser desmonte no se disponen ODT.

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) se obtiene sumando los productos de los precios unitarios de las distintas unidades de obra con sus respectivas mediciones. Dado el pequeño número de unidades de obras, se prescinde de agruparlas por capítulos:

unidad de obra	Precio unitario (€/UD)	Mediciones	Precio total de la unidad
U.O. 1	2.49	48845.68	121422.90 €
U.O. 2	22.20	2800	62163.97 €
U.O. 3	12.77	5268	67294.08 €
U.O. 4	55.38	420	23259.25 €
U.O. 5	11.76	306.976	3610.49 €
U.O. 6	50.38	228	11486.17 €
U.O. 7	78.29	288	22546.91 €
U.O. 8	0.48	747.2	356.64 €
U.O. 9	8851.85	8.532	75523.95 €
U.O. 10	51.61	400	20643.12 €
U.O. 11	424.94	4	1699.75 €
U.O. 12	31.61	200	6321.25 €
U.O. 13	242.72	100	24272.27 €

Tabla 42. Precios unitarios y mediciones de las unidades de obras descritas anteriormente. Fuente: Elaboración propia.

El PEM obtenido es 440600,77 €, es decir CUATROCIENTOS CUARENTA MIL SEISCIENTOS EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS.

A continuación, para obtener el Presupuesto Base de Licitación se le suman al PEM los gastos generales de la obra, en este caso ascienden hasta el 17% y el beneficio industrial (6%), en ambos casos el porcentaje se aplica sobre el PEM:

Presupuesto Base de Licitación:	
PEM	440600.77 €
Gastos Generales (17% del PEM)	74902.13 €
Beneficio industrial (6% del PEM)	26436.05 €
Total sin IVA	541938.94 €

Tabla 43. Presupuesto de Ejecución Material y Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A. Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene un Presupuesto Base de Licitación de 541938,94 €, es decir QUINIENTOS CUARENTA Y UN MIL NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

Finalmente se le suma el Impuesto de Valor Añadido (I.V.A.), que asciende en este caso al 21% del Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A. para obtener el Presupuesto Base de Licitación definitivo:

Total sin IVA	541938.94 €
IVA (21%)	113807.18 €
Total final	655746.12 €

Tabla 44. Presupuesto de Ejecución Material y Presupuesto Base de Licitación sin I.V.A. Fuente: Elaboración propia.

El Presupuesto Base de Licitación definitivo para ejecutar 100 metros de vía en placa con sistema de carril embebido Edilon en el fondo de un desmonte asciende a 655746.12 €, es decir SEISCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON DOCE CÉNTIMOS.

12. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Según la Orden Ministerial de 28/06/91 para la Clasificación de Contratistas de Obras del Estado, los contratistas que se encargan de la ejecución del proyecto, deben cumplir algunos requisitos. Estos requisitos no son globales si no que se engloban tareas en diferentes grupos y cada grupo en función del presupuesto se clasifica con una clase.

Se ha calculado un presupuesto aproximado de las unidades de obra más importantes, agrupando algunas de ellos en los siguientes grupos:

- Grupo A. Movimiento de tierras
 - Subgrupo 2. Explanaciones 7278817 €
 - Subgrupo 4. Pozos, galerías, drenaje y andenes 8734483 €

- Grupo C. Edificaciones
 - Subgrupo 7. Aislamientos e Impermeabilizaciones 373402 €
- Grupo D. Ferrocarriles
 - Subgrupo 1. Tendido de vías 21904370 €
 - Subgrupo 3. Señalizaciones y enclavamiento 1671158 €
 - Subgrupo 4. Electrificación de ferrocarriles 220058 €
- Grupo J. Instalaciones Mecánicas
 - Subgrupo 1. Elevadoras o Transportadoras 567876 €

A partir de los grupos obtenidos y según lo que marca la norma, el contratista para poder ejecutar cada uno de los grupos debe tener como mínimo la siguiente clasificación indicada en cada caso:

- Grupo A. Subgrupo 2. Explanaciones
 - Presupuesto 7278817 €
 - Plazo (según Plan de Obra) 10 meses.
 - Anualidad media 8734580 €
 - Categoría f
- Grupo A. Subgrupo 4. Pozos, galerías, drenaje y andenes
 - Presupuesto 9035687 €
 - Plazo (según Plan de Obra) 10 meses
 - Anualidad media 10842825 €
 - Categoría f
- Grupo C. Subgrupo 7. Impermeabilizaciones
 - Presupuesto 373402 €
 - Plazo (según Plan de Obra) 2 meses
 - Anualidad media 2240414 €
 - Categoría e

- Grupo D. Subgrupo 1. Tendido de vías.	
- Presupuesto	21904370 €
- Plazo (Según Plan de Obra)	12 meses.
- Anualidad media	21904370 €
- Categoría	f
- Grupo D. Subgrupo 3. Señalización y enclavamientos	
- Presupuesto	1671158 €
- Plazo (Según Plan de Obras)	2 meses.
- Anualidad media	10026946 €
- Categoría	f
- Grupo D. Subgrupo 4. Electrificación de ferrocarriles	
- Presupuesto	220058 €
- Plazo (Según Plan de Obra)	3 meses.
- Anualidad media	880232 €
- Categoría	e
- Grupo J. Subgrupo 6. Instalaciones mecánicas	
- Presupuesto	567876 €
- Plazo (Según Plan de Obra)	1 mes.
- Anualidad media	6814517 €
- Categoría	f

13. RECOMENDACIONES EN SEGURIDAD Y SALUD

En este apartado se darán algunas indicaciones en seguridad y salud, pero no desarrolla un estudio completo de seguridad y salud puesto que no es el objetivo del estudio comparativo.

13.1. MEDIDAS COLECTIVAS PREVENTIVAS Y ORGANIZATIVAS

Se dispondrán barandillas en los extremos de la coronación de los terraplenes y en la zona superior de los desmontes, para evitar la caída a distinto nivel de los trabajadores. Se separarán los caminos de acceso a la obra, disponiendo uno para personas y otro para maquinaria y otros vehículos. Se señalizarán cualquier

elemento que suponga un riesgo para el trabajador. Los acopios se realizarán de forma limpia y ordenada de forma que no exista riesgo de pisadas de objetos, cortes o caídas al mismo nivel. Tras la construcción de las obras de tierra, se regará para reducir la emisión de polvo con el paso de vehículos.

13.2. EPI

Los equipos de protección individual necesarios para la ejecución de la obra en condiciones de seguridad dependen de cada actividad. Los chalecos reflectantes serán obligados en todo momento puesto que el tráfico de maquinaria y vehículos es constante. El casco será también obligatorio para evitar lesiones graves en caso de caídas de objetos en los desmontes o en caso de impacto con elementos de la maquinaria. Los guantes serán obligados en cualquier actividad de corte, las mascarillas en cualquier actividad que implique generación importante de polvo u otras sustancias que puedan ser perjudiciales. Las gafas de seguridad serán obligadas en cualquier actividad que genere chispas o residuos incandescentes.

13.3. MEDIDAS EN ACTIVIDADES ESPECÍFICAS DE ALTO RIESGO

Para la construcción de esta obra se han detectado dos actividades que representan un riesgo importante para el trabajador y se deben disponer medidas específicas para minimizar dicho riesgo.

Vertido del corkelast: Al ser una mezcla a muy alta temperatura, el vertido se realizará con guantes en todo momento y desde una altura y con una velocidad lenta para evitar proyecciones. Además de guantes, será necesario realizar el vertido con un mono de trabajo para proteger el resto del cuerpo, será necesario también estar equipados con mascarilla y gafas protectoras, debido a los vapores que emana la mezcla y a su alta temperatura.

Soldaduras aluminotérmicas: El vertido del material fundente en el molde debe realizarse desde poca altura y a baja velocidad para evitar proyecciones y accidentes en caso de que el molde falle en la contención del material fundente. Durante todo el proceso se debe tener localizado un extintor por el riesgo de incendio. El uso de guantes, mascarilla y gafas protectoras con cristales ahumados es obligatorio para manipular el crisol. Una vez realizada la soldadura, el desbarbado y el esmerilado, la limpieza de los residuos se realiza con agua o aire a presión para evitar quemaduras.

14. RECOMENDACIONES CONTRA EL IMPACTO AMBIENTAL

Al igual que en seguridad y salud, en este apartado se darán algunas recomendaciones para reducir el impacto ambiental y unas directrices para el control de las medidas dispuestas. No se va a realizar un estudio de Impacto ambiental exhaustivo al no ser el objeto del trabajo.

14.1. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS

Los trabajos que se realicen cerca de zonas urbanas, respetarán el horario de sueño de los vecinos comenzando a las 8h de la mañana y finalizando a las 22h de la noche. En estas zonas, en caso de que el sistema de carril embebido no reduzca lo suficiente las emisiones acústicas, se instalarán pantallas sonoras.

Para evitar o reducir al máximo el efecto barrera en los animales, las obras de drenaje transversal de gran tamaño se dispondrán sin reja de forma que se pueda emplear como una vía de paso. Para reducir la emisión de polvo, se regarán los caminos de acceso y las obras de tierra. Para dar valor paisajístico a la obra y reducir el efecto de confinamiento en las trincheras, aprovechando los geotextiles dispuestos para evitar la erosión potencial, se introducirá además vegetación de la zona en los geotextiles para aumentar esos tres efectos.

Durante la construcción de la obra, se respetarán las épocas de reproducción de las especies protegidas y no se trabajará en las zonas afectadas durante ese periodo o bien se realizará el traslado de las especies afectadas a hábitats similares. Antes de verter el corkelast, se comprobará que no existan fisuras en la losa que pueda provocar la infiltración del corkelast en el terreno. Se dispondrá una malla de cerramiento que evite la entrada tanto de personas como de animales, se instalará también una serie de compuertas equidistantes de sentido único para que si un animal entra accidentalmente en el recinto, pueda salir pero no volver a entrar.

14.2. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Una vez recogida la información necesaria, se adaptará la planificación de la obra para que no coincida a las épocas de reproducción comprobando, mediante inspecciones periódicas, que se respeten las zonas afectadas. Se comprobará el estado del cerramiento y se realizarán las reparaciones oportunas en caso de que sea necesario. Una vez comience la explotación de la vía, se medirá el impacto acústico que provoca en los centros urbanos y en caso de que supere el umbral admisible se realizarán las modificaciones necesarias en las pantallas. Se comprobará de forma periódica el estado de la vegetación para no perder el valor paisajístico que aporta.

15. SECCIONES TIPO

Por último, se va a ilustrar a través de planos y croquis, algunas secciones tipos y detalles constructivos de la obra estudiada.

15.1. SECCIÓN EN TERRAPLÉN

La estructura del terraplén está condicionada por el ancho de la plataforma que debe ser menor o igual a la coronación. Como se ha visto en el anejo geotécnico, el talud del desmonte tiene un ángulo de 35°. Para esta sección se va a representar el sistema Rheda 2000 en el terraplén del Autopista A-2, donde se tienen las siguientes dimensiones:

SECCIÓN DE VÍA DOBLE EN PLACA TIPO RHEDA 2000	
Ancho de vía	1,435 m
Distancia entre ejes de la vía	4,70 m
Carril de tipo UIC	60 kg/m
Ancho de losa portante	3,20 m
Espesor de losa portante	0,24 m
Anchura de la capa portante	3,80 m
Espesor de la capa portante	0,30 m
Ancho de la plataforma	14,00 m
Distancia poste catenaria a eje de vía	3,35 m
Distancia eje canaleta a eje de vía	4,00 m
Separación entre traviesas	0,65 m

Tabla 45. Dimensiones de los elementos que definen la sección de vía doble en placa tipo Rheda 2000.

La sección acotada está representada en los PLANOS 1-A y 1-B.

15.2. SECCIÓN EN DESMONTE

Al igual que en el terraplén, el desmonte está condicionado por el ancho de su fondo, 14 metros en este caso. Para esta sección se representa el sistema de carril embebido Edilon en el desmonte de Zaragoza, con las siguientes dimensiones:

SECCIÓN DE VÍA DOBLE EN PLACA TIPO CARRIL EMBEBIDO EDILON	
Ancho de vía	1,435 m
Distancia entre ejes de la vía	4,70 m
Carril de tipo UIC	60 kg/m
Ancho de losa portante	3,20 m
Espesor de losa portante	0,45 m
Anchura de la capa portante	3,80 m
Espesor de la capa portante	0,30 m
Ancho de la plataforma	14,00 m
Distancia poste catenaria a eje de vía	3,35 m
Distancia eje canaleta a eje de vía	4,00 m
Acanaladuras	180*137 mm

Tabla 46. Dimensiones de los elementos que definen la sección de vía doble en placa tipo carril embebido Edilon.

La sección acotada está representada en los PLANOS 2-A y 2-B.

15.3. DETALLE DIMENSIONES CARRIL UIC-60

A continuación se expone un croquis del carril UIC-60 donde se indican todas sus dimensiones y algunas de sus características principales:

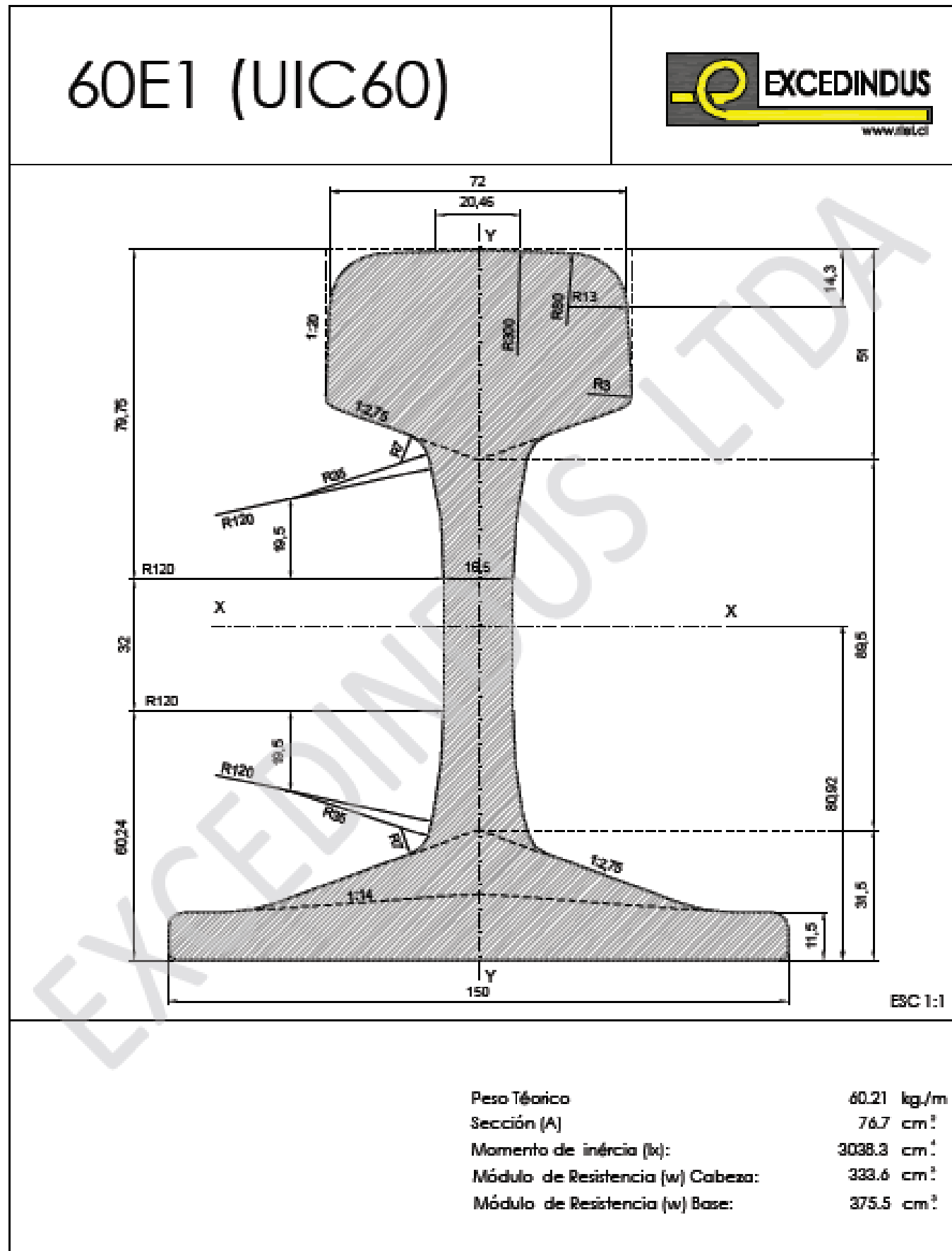


Figura 24. Croquis acotado de una sección de carril 60E1 (UIC60) con cuadro de características. Fuente: Excedindus Rieles

15.4. DETALLE DEL CARRIL EMBEBIDO

Por último se añade un croquis del detalle del carril embebido en corkelast. Es importante indicar que en el croquis se ven galgas de nivelación que en realidad no se han empleado en la obra estudiada, debido a que se han empleado, en su lugar, pòrtico de nivelación con los que se obtiene una mayor precisión y rendimiento. Sin embargo, los 15 milímetros entre el carril y la solera de la acanaladura sí que se mantienen.

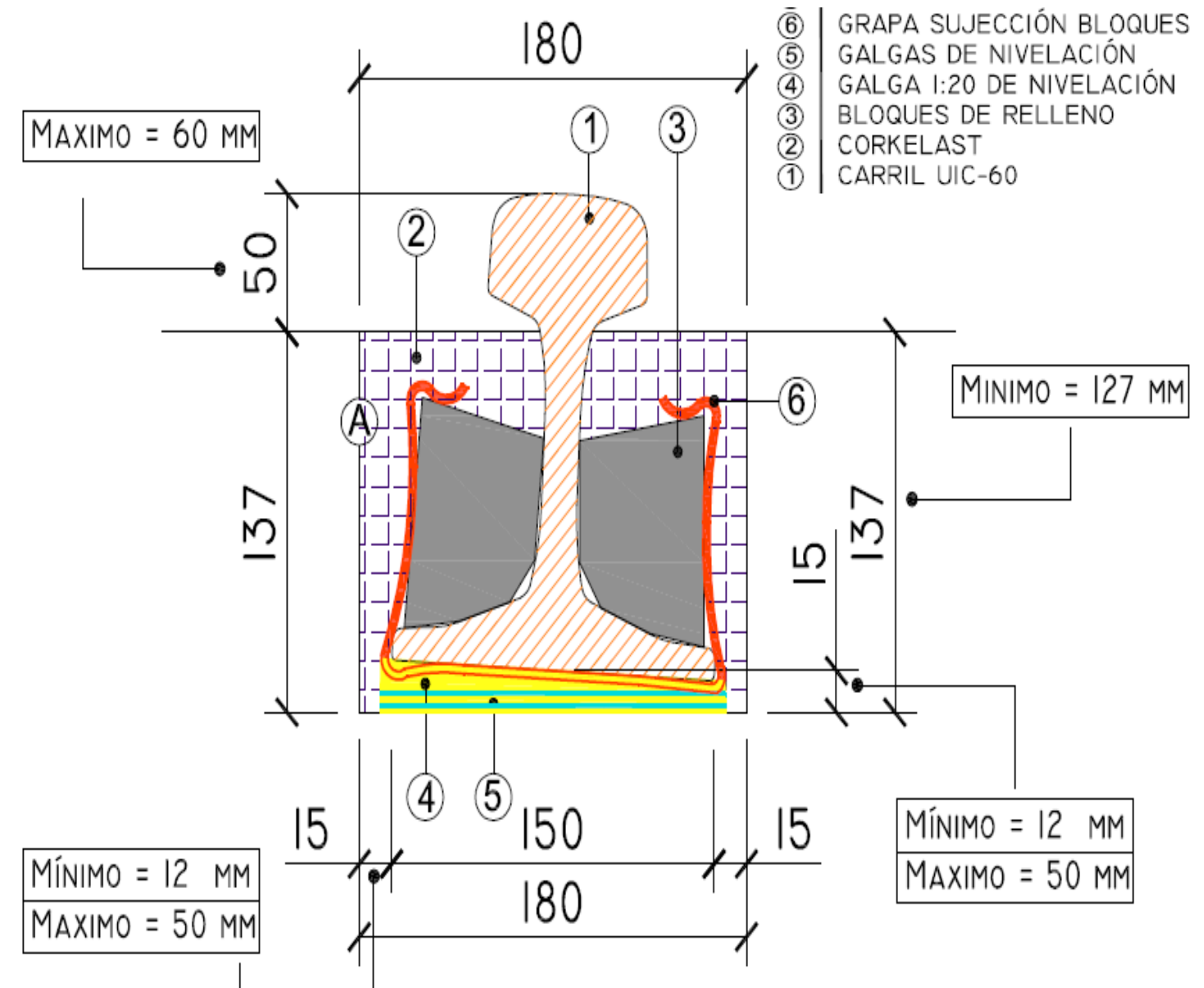


Figura 25. Detalle de la sección y de los elementos que conforman el sistema Edilon de carril embebido. Fuente: SENER

16. BIBLIOGRAFÍA

- [1] "Proyecto de Línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera francesa". Documento cedido por el profesor Ricardo Insa Franco.
- [2] ADIF "Instrucciones generales para los proyectos de plataforma (IGP)". Documento cedido por el profesor Ricardo Insa Franco.
- [3] MINISTERIO DE FOMENTO "Norma 5.2 IC", sobre drenaje superficial.
- [4] CATALÁ ASÍS, J., PELLICER ARMIÑANA, E., MONDRÍA GARCÍA, M., SANZ BENLLOCH, A. "Valoración de Obras de Ingeniería Civil". Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- [5] ESVELD, C. "Modern Railway Track, Second Edition." Universidad de Tecnología de Delft, 2001.
- [6] "RHEDA 2000 BALLASTLESS TRACK SYSTEM". Documento de RAIL.ONE.
- [7] GALVÁN GIMÉNEZ, J.M., "Estudio por elementos finitos de la transición vía con balasto-vía en placa 722-tesca-4953". Tesina de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Octubre de 2011.
- [8] GOICOLEA RUIGÓMEZ, J.M., "Estudio del comportamiento a medio y largo plazo de las estructuras ferroviarias de balasto y placa Ref. PT-2006-024-19CCPM Informe Final: resumen del trabajo y conclusiones", Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- [9] MINISTERIO DE FOMENTO, ADIF. "Acceso de alta velocidad a Toledo".
- [10] METROTENERIFE Y TIFSA "Instrucciones para el diseño de la vía en placa en los proyectos básicos y constructivos de la plataforma del tren del sur de Tenerife".
- [11] "CAPÍTULO 2. Las Líneas de Alta Velocidad frente a las convencionales desde el punto de vista de la Infraestructura."
- [12] "La utilización de vía en placa en líneas de alta velocidad: Aplicación práctica". Estudio de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).
- [13] Apuntes de "Vía en placa", de Miguel Rodríguez Bugarín. Grupo de Ferrocarriles y Transportes – Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de A Coruña, cedido por el profesor Ricardo Insa Franco.
- [14] "Corredor Mediterráneo Las Palmas de G.C - Maspalomas. Tramo: El Doctoral – Playa del Águila", Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid.
- [15] Apuntes de la asignatura "Caminos y Aeropuertos", impartida por Ana María Pérez Zuriaga y Vicente Melchor Ferrer Pérez. Curso 2013/2014 de GIC.
- [16] Apuntes de la asignatura "Ferrocarriles". Impartida por Ricardo Insa Franco y Jaime Pallarol Simón. Curso 2013/2014 de GIC.
- [17] Base de datos del Instituto de Tecnología de la construcción (ITeC): metaBase, Banco de Entidades y Banco BEDEC (Precios de referencia): <http://itec.es/noumetabase2.e/consultes.aspx?paraula=carril+UIC> [Consultada el 25 de mayo de 2015].
- [18] ADIF (PÁGINA WEB) "Ficha de actualidad de ADIF, Modelos de Catenaria de ADIF". http://www.adif.es/es_ES/comunicacion_y_prensa/fichas_de_actualidad/ficha_actualidad_00070.shtml [Visitada el 05/06/2015]