

---

**MOVIMIENTO DE TIERRAS**

**ANEJO 09**

**INDICE**

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CRITERIOS DE TRAZADO .....</b>	<b>1</b>
2.1. EXCAVACIONES .....	1
2.2. RELLENOS .....	4
2.3. ESPESOR DE LAS CAPAS DE ASIENTO .....	4
2.4. COEFICIENTES DE PASO Y FACTOR DE ESPONJAMIENTO .....	4
2.4.1. COEFICIENTE DE PASO .....	4
2.4.2. FACTOR DE ESPONJAMIENTO .....	4
<b>3. ANÁLISIS DE VOLÚMENES RESULTANTES .....</b>	<b>5</b>
<b>4. COMPENSACIÓN DE TIERRAS .....</b>	<b>6</b>
<b>5. PRÉSTAMOS .....</b>	<b>7</b>
<b>6. VERTEDEROS .....</b>	<b>7</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este Anejo es justificar los criterios empleados y las mediciones realizadas para definir el movimiento de tierras correspondiente a las obras del presente Estudio. Del estudio de los resultados obtenidos en el análisis del movimiento de tierras, se deducen los volúmenes de préstamo, vertedero y distribución de transporte necesarios.

Para la elaboración de las mediciones se ha utilizado el programa ISTRAM, en el que previamente se ha modelizado tanto el terreno como los ejes (en planta y alzado) que definen las actuaciones proyectadas. Asimismo, también han sido introducidos en el programa las secciones tipo en tramos homogéneos y el conjunto de datos extraídos de las recomendaciones geotécnicas y del análisis de determinación de las capas de asiento.

## 2. CRITERIOS DE TRAZADO

Para la elección de los distintos elementos constitutivos de la superestructura, así como la determinación de los valores o parámetros básicos empleados en el diseño y cálculo de la infraestructura y las distintas características y especificaciones técnicas para los materiales y su puesta en obra, se recurre a lo establecido por ADIF en su Manual de Instrucciones (IGP 2011 v2) y en las actuales normas vigentes de ferrocarriles (entre las que se encuentra la Norma N.A.V.).

La mayor parte de los datos para el cálculo de los volúmenes de tierras se han obtenido directamente de los listados que genera el programa ISTRAM.

Los datos de partida para el análisis del movimiento de tierras correspondiente al presente Estudio son los siguientes:

### 2.1. EXCAVACIONES

Se ha realizado una caracterización preliminar de las unidades litológicas existentes a lo largo de la traza. Todos los resultados de los ensayos de laboratorio de proyectos previos se han unificado y agrupado por unidades según la cartografía geológica realizada para esta fase de estudio informativo.

A partir de esta agrupación se ha procedido a realizar una caracterización preliminar de aquellas unidades de las que se tiene información.

Se ha realizado un análisis de los desmontes y rellenos, así como de la capacidad portante de cara a la cimentación de estructuras.

Además, a partir de la información recogida en el presente anejo, se establece adoptar un valor medio de la capa de tierra vegetal de 0,30 m a lo largo de toda la traza, así como prever un saneo homogéneo de 1 m bajo todas las zonas de terraplén.

A continuación, a modo de resumen, se incluye un cuadro con los aspectos geotécnicos más relevantes de las unidades, incluidas aquellas de las que no se tienen ensayos de laboratorio. Estas conclusiones proceden de la observación en campo realizada como parte del presente estudio informativo.

EDAD	Denominación unidades 5.000	DESCRIPCIÓN	EXCAVABILIDAD	POSIBLE APROVECHAMIENTO	CIMENTACIONES	TALUD RECOMENDADO		
				USOS ESTIMADOS		DESMONTE	RELLENO	
Triásico	T1	Areniscas, conglomerados y limolitas a techo (Facies Buntsandstein)	VOLADURA (ripable y excavable niveles lutíticos y zonas alteradas)	Pedraplén, Todo Uno	Capacidad portante alta. Cimentación superficial	1H:1V	2H:1V	
	T2	Arcillas rojas ocasionalmente con yeso (Facies Keuper)	EXCAVABLE (ripable niveles argilíticos endurecidos)	Marginal	Capacidad portante media a baja. Asientos diferenciales inadmisibles en cimentación superficial. Hinchamiento, expansividad, agresividad al hormigón.	3H:2V		
	T3	Ofitas	EXCAVABLE (puntualmente ripado o pequeña voladura)	Pedraplén, Todo Uno	Capacidad portante alta. Cimentación superficial	1H:1V		
Jurásico	J1	Dolomías, carniolas y calizas	VOLADURA (ripable y excavable zonas alteradas)	Pedraplén, Todo-Uno	Baja capacidad portante si está alterada	1H:1V		
	J2	Calizas bien estratificadas	VOLADURA (ripable y excavable zonas alteradas)	Pedraplén, Todo Uno	Capacidad portante alta, asientos inexistentes o moderados. Cimentaciones superficiales. Caída de bloques. Posible karstificación	1H:1V		
	J3	Margas y alternancias de calizas y margas	RIPADO (Voladura en términos calizos)	Todo Uno; marginal tramos margosos	Capacidad portante alta, asientos inexistentes o moderados. Cimentaciones superficiales. Ligera karstificación	3H:2V		
	J4	Alternancia de margas y calizas microcristalinas, con niveles de lutitas, margocalizas y calizas bioclásticas con esponjas	RIPADO (Voladura en términos calizos)	Inadecuado	Baja capacidad portante si está alterada	3H:2V		
	J5	En la base lutitas anaranjadas con niveles de conglomerados y areniscas. En el techo niveles de calizas y margas con lutitas (Purbeck Inferior)	RIPADO (Voladura en términos rocosos)	Todo-Uno, terraplén. Exclusivamente de las areniscas y conglomerados	Capacidad portante media a baja, que mejora en los tramos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas	3H:2V		
Cretácico	Inferior	C1	Areniscas y conglomerados (Purbeck)	RIPADO (Voladura en términos rocosos)	Tolerable. Los tramos litificados deben ser retirados o sometidos a fragmentación.	Capacidad portante media a baja. Asientos diferenciales.		3H:2V
		C2	Arcillas, lutitas, areniscas, conglomerados y margas con ostreidos (Purbeck)	RIPADO (Voladura en términos rocosos)	Inadecuado	Capacidad portante media a baja. Mejora en los tramos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas		3H:2V
		C3	Areniscas y conglomerados con intercalaciones arcillosas calcáreas (Weald)	VOLADURA Y RIPADO (areniscas y conglomerados)	Pedraplén, Todo-Uno	Capacidad portante media a baja. Reptaciones y solifluxiones	3H:2V	
		C4	Lutitas rojas y verdes con niveles de areniscas (Weald)	EXCAVABLE (lutitas)	Inadecuado	Capacidad portante media a baja. Mejora en los tramos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas	3H:2V	
		C5	Conglomerados y areniscas pardo rojizas con niveles de lutitas grises y rojas a techo	RIPABLE Y VOLADURA (puntual en las capas de arenisca y conglomerado más compactas)	Todo-Uno, terraplén	Capacidad portante media a baja. Mejora en los tramos con intercalaciones de areniscas, conglomerados y calizas	3H:2V	
	Superior	C6	Conglomerados, areniscas, lutitas y arenas. Facies Utrillas	EXCAVABLE, RIPABLE (volable niveles areniscosos o conglomeráticos)	Tolerable; marginal lutitas	Capacidad portante baja a media.	3H:2V	

EDAD	Denominación unidades 5.000	DESCRIPCIÓN	EXCAVABILIDAD	POSIBLE APROVECHAMIENTO	CIMENTACIONES	TALUD RECOMENDADO	
				USOS ESTIMADOS		DESMONTE	RELLENO
Cuaternario	QAL	Aluviales recientes: Arcillas, limos, arenas y gravas redondeadas	EXCAVABLE	Marginal	Capacidad portante baja. Asientos inadmisibles en cimentación superficial	3H:2V	
	QCL	Coluviales: Arcillas y limos con algo de arena y grava subangulosa	EXCAVABLE	Tolerable; marginal términos arcillo-limosos	Capacidad portante media a baja. Puede sufrir asientos	3H:2V	
	QCDY	Conos de deyección: arenas, lutitas y cantos	EXCAVABLE	Tolerable; marginal términos arcillo-limosos	Capacidad portante baja. Puede sufrir asientos	3H:2V	
	QTZ	Terrazas: Gravas redondeadas en matriz areno-arcillosa	EXCAVABLE	Tolerable/adecuado; marginal términos arcillo-limosos	Capacidad portante media a baja. Puede sufrir asientos	3H:2V	
	QFV	Rellenos de fondo de vaguada: limos arcillosos y arenosos	EXCAVABLE	Tolerable/adecuado; marginal términos arcillo-limosos	Capacidad portante media a baja. Puede sufrir asientos	3H:2V	
	QD	Deslizamiento de ladera	EXCAVABLE	Tolerable/adecuado; marginal términos arcillo-limosos	Capacidad portante media a baja. Puede sufrir asientos	3H:2V	

## 2.2. RELLENOS

En general, para todos los terraplenes se ha definido un talud único de 2H:1V.

Las zonas en las que el trazado atraviesa la unidad QAL, correspondiente a depósitos aluviales y llanura de inundación, se han considerado como potencialmente inundables. En estas zonas de relleno que puedan quedar bajo la cota máxima de inundación, a precisar en fases posteriores de proyecto, se ejecutará con cimiento drenante tipo pedraplén, con un contenido en finos inferior al 5%, hasta la cota prevista de inundación más un resguardo de 0,50 m. Para esta capa se recomienda un talud 3H:2V.

El proceso de ejecución será el establecido en el PGP 2011 v2, en el que se indica lo siguiente:

*“Cuando el cimiento deba ser permeable o drenante, se aplicarán las especificaciones indicadas para pedraplenes, hasta una cota de cincuenta centímetros (50 cm) por encima de la altura considerada inundable, con rocas no sensibles al agua, coeficiente de Los Ángeles inferior a treinta y cinco (35) y contenido de finos menor de cinco por ciento (5%). En este caso se tendrá en cuenta la posible contaminación si el terreno de apoyo es limoso o arcilloso, dando un espesor amplio a la capa (no menos de sesenta centímetros (60 cm)) o colocando una transición o geotextil con funciones de filtro.”*

Cabe destacar que cuando el terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de agua superficial o subálvea, se desviarán las primeras y captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde vaya a construirse el relleno, antes de comenzar su ejecución.

## 2.3. ESPESOR DE LAS CAPAS DE ASIENTO

Se trata de los volúmenes de materiales necesarios para la formación de capa de forma, subbalasto y adecuación de las reposiciones de viales, que se obtendrán directamente de cantera.

Como se indica en el Anejo 06. Estudio de materiales, el trazado discurre principalmente sobre suelo tolerable o inadecuado. Por lo tanto, del lado de la seguridad, se ha considerado un espesor de capa de forma uniforme de 60 cm. Este valor deberá revisarse en fases posteriores, con una información más precisa.

Se ha considerado para todos los trazados un espesor de balasto de 0,35 m y 0,30 m de subbalasto.

## 2.4. COEFICIENTES DE PASO Y FACTOR DE ESPONJAMIENTO

Tal como se justifica en el anejo de estudio de materiales se consideran los siguientes coeficientes:

- Coeficiente de paso:

Se ha considerado que el grado de compactación conseguido en obra será del.

- Factor de esponjamiento

Los parámetros que se recomienda aplicar en el cálculo de compensación de tierras son un coeficiente de esponjamiento de valor 1,4 para el paso del volumen procedente de túneles y desmontes a vertedero, y un coeficiente de compactación para la ejecución de relleno de valor 1,15.

### 3. ANÁLISIS DE VOLÚMENES RESULTANTES

A continuación, se resumen los volúmenes globales en toda la actuación

VOLÚMENES DE TIERRAS (m³)	ÁMBITO NOGALES-MATAPORQUERA			ÁMBITO MATAPORQUERA		ÁMBITO MATAPORQUERA-REINOSA	
	T1 ESTE	T1 CENTRO	T1 OESTE	T2 ESTE	T2 OESTE	T3 ESTE	T3 OESTE
Excavación en desmonte	2.696.568,1	3.037.288,2	4.442.074,7	1.414.161,3	1.653.363,6	1.142.480,1	1.864.397,0
Excavación de saneos	390.055,5	282.852,0	262.962,8	80.847,1	48.209,7	35.277,2	35.535,3
Excavación de tierra vegetal	280.708,7	240.053,4	266.030,3	77.536,8	77.994,7	48.902,6	71.848,4
Capa de Forma	226.343,6	198.969,4	192.457,5	103.757,1	99.239,8	65.510,8	75.190,5
Subbalasto	99.918,3	87.694,5	84.824,7	45.790,1	43.791,3	29.227,3	33.265,6
Terraplén	2.850.718,4	1.736.601,9	1.649.164,6	506.712,5	287.200,5	125.963,3	158.320,3
Relleno Saneos	390.055,5	282.852,0	262.962,8	80.847,1	48.209,7	35.277,2	35.535,3
Relleno Falso Túnel	1.069.186,7	1.039.443,5	1.534.750,9	0,0	0,0	34.519,9	0,0
<b>Balasto</b>	<b>152.127,5</b>	<b>146.639,8</b>	<b>140.748,8</b>	<b>54.305,7</b>	<b>51.875,8</b>	<b>33.119,0</b>	<b>36.673,3</b>

La propuesta de zonas de obtención de materiales y de vertido de tierras excedentarias, se basa en las necesidades concretas de este estudio. A continuación se analizan dichos requerimientos, que derivan de los movimientos de tierras previstos para cada alternativa, y del grado de compensación o reutilización de los materiales excavados en la ejecución de los rellenos.

- **Ámbito 1 Nogales-Mataporquera**

APORTACIONES		Alternativa Este	Alternativa Centro	Alternativa Oeste
EXCAVACIONES	Desmonte (m³)	2.696.568,1	3.037.288,2	4.442.074,7
	Coef Med Aprov. Rellenos	41%	26%	18%
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m³)	1.092.408,4	781.478,1	807.371,4
	Aprovechable Falso Túnel (sin coef) (m³)	929.727,6	903.863,9	1.334.566,0
	Saneos (m³)	390.055,5	282.852,0	262.962,8
	A Vertedero (con Coef) (m³)	1.490.282,7	2.288.717,5	3.588.340,1
TUNEL	Perfil (m³)	555.933,0	809.991,0	807.611,0
	Coef Med Aprov. Rellenos	65%	46%	47%
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m³)	359.118,6	370.335,6	376.702,1
	A Vertedero (con Coef) (m³)	275.540,2	615.517,6	603.272,5

NECESIDADES		Alternativa Este	Alternativa Centro	Alternativa Oeste
RELLENOS	Terraplén (m³)	2.850.718,4	1.736.601,9	1.649.164,6
	Relleno Saneos (m³)	390.055,5	282.852,0	262.962,8
	Total (m³)	3.240.773,9	2.019.453,9	1.912.127,4
	Proc. Obra (con Coef) (m³)	1.669.256,1	1.324.585,8	1.361.684,5
	Proc. Préstamos (m³)	1.571.517,9	694.868,1	550.442,9
	Excedente a Vert (con Coef) (m3)	0,0	0,0	0,0
CUBRICIONES	Falso túnel (m³)	1.069.186,7	1.039.443,5	1.534.750,9
	Proc. Obra (con Coef) (m³)	1.069.186,7	1.039.443,5	1.534.750,9
	Proc. Préstamos (m³)	0,0	0,0	0,0

- **Ámbito 2 Mataporquera**

APORTACIONES		Alternativa Este	Alternativa Oeste
EXCAVACIONES	Desmonte (m³)	1.414.161,3	1.653.363,6
	Coef Med Aprov. Rellenos	41%	23%
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m³)	583.341,5	376.966,9
	Aprovechable Falso Túnel (sin coef) (m³)	0,0	0,0
	Saneos (m³)	80.847,1	48.209,7
	A Vertedero (con Coef) (m³)	1.276.333,6	1.854.449,0
TUNEL	Perfil (m³)	0,0	0,0
	Coef Med Aprov. Rellenos	-	-
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m³)	0,0	0,0
	A Vertedero (con Coef) (m³)	0,0	0,0

NECESIDADES		Alternativa Este	Alternativa Oeste
RELLENOS	Terraplén (m³)	425.865,4	238.990,8
	Relleno Saneos (m³)	80.847,1	48.209,7
	Total (m³)	506.712,5	287.200,5
	Proc. Obra (con Coef) (m³)	506.712,5	287.200,5
	Proc. Préstamos (m³)	0,0	0,0
	Excedente a Vert (con Coef) (m3)	194.399,6	175.051,3
CUBRICIONES	Falso túnel (m³)	0,0	0,0
	Proc. Obra (con Coef) (m³)	0,0	0,0
	Proc. Préstamos (m³)	0,0	0,0

• **Ámbito 3 Mataporquera-Reinosa**

APORTACIONES		Alternativa Este	Alternativa Oeste
EXCAVACIONES	Desmante (m <sup>3</sup> )	1.142.480,1	1.864.397,0
	Coef Med Aprov. Rellenos	65%	51%
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m <sup>3</sup> )	742.612,1	950.842,5
	Aprovechable Falso Túnel (sin coef) (m <sup>3</sup> )	30.017,3	0,0
	Saneos (m <sup>3</sup> )	35.277,2	35.535,3
	A Vertedero (con Coef) (m <sup>3</sup> )	567.179,1	1.328.725,8
TUNEL	Perfil (m <sup>3</sup> )	149.525,4	0,0
	Coef Med Aprov. Rellenos	80%	-
	Aprovechable Rellenos (sin coef) (m <sup>3</sup> )	119.620,3	0,0
	A Vertedero (con Coef) (m <sup>3</sup> )	41.867,1	0,0

NECESIDADES		Alternativa Este	Alternativa Oeste
RELLENOS	Terraplén (m <sup>3</sup> )	90.686,1	122.785,0
	Relleno Saneo (m <sup>3</sup> )	35.277,2	35.535,3
	Total (m <sup>3</sup> )	125.963,3	158.320,3
	Proc. Obra (con Coef) (m <sup>3</sup> )	125.963,3	158.320,3
	Proc. Préstamos (m <sup>3</sup> )	0,0	0,0
	Excedente a Vert (con Coef) (m <sup>3</sup> )	1.052.433,6	1.136.751,0
CUBRICIONES	Falso túnel (m <sup>3</sup> )	34.519,9	0,0
	Proc. Obra (con Coef) (m <sup>3</sup> )	34.519,9	0,0
	Proc. Préstamos (m <sup>3</sup> )	0,0	0,0

**4. COMPENSACIÓN DE TIERRAS**

Como se ha recogido en las tablas del apartado anterior, el estudio de aprovechamiento de materiales ha detectado una serie de unidades susceptibles de ser aprovechables en obra. Por ello, parte de los materiales excavados, podrá reutilizarse en los rellenos, quedando un volumen sobrante que debe ser destinado a vertedero.

Las excavaciones cubren las necesidades de terraplén y saneos en todas las alternativas salvo en las del Ámbito 1, para las que no será suficiente el material procedente de la obra, siendo preciso obtener un cierto volumen de préstamo.

A continuación se recogen las tablas resumen de necesidades totales de préstamos y vertederos.

• **Ámbito 1 Nogales-Mataporquera**

	Alternativa Este	Alternativa Centro	Alternativa Oeste
<b>TOTAL PRESTAMOS (m<sup>3</sup>)</b>	1.571.517,9	694.868,1	550.442,9
<b>TOTAL VERTEDERO (con coef) (m<sup>3</sup>)</b>	1.765.822,8	2.904.235,0	4.191.612,6

• **Ámbito 2 Mataporquera**

	Alternativa Este	Alternativa Oeste
<b>TOTAL PRESTAMOS (m<sup>3</sup>)</b>	0,0	0,0
<b>TOTAL VERTEDERO (con coef) (m<sup>3</sup>)</b>	1.470.733,3	2.029.500,3

• **Ámbito 3 Mataporquera-Reinosa**

	Alternativa Este	Alternativa Oeste
<b>TOTAL PRESTAMOS (m<sup>3</sup>)</b>	0,0	0,0
<b>TOTAL VERTEDERO (con coef) (m<sup>3</sup>)</b>	1.661.479,8	2.465.476,8



## 5. PRÉSTAMOS

Se incluye a continuación la información relativa a los préstamos propuestos para el presente Estudio, se incluye en el apartado 3.4 del anejo 6 Estudio de Materiales.

En la siguiente tabla se resumen cada uno de los préstamos seleccionados junto con sus principales características:

Préstamo	Localización			Unidad Geológica	Superficie (m <sup>2</sup> )	CLASIFICAC. PG-3	Usos	
	Municipio	Coordenadas					PGP 2011	PG-3
		X	Y					
P-1	Menaza	401283.30	4743763.94	QR	258.000	Tolerable	-	Capa de forma, Coronación, Núcleo y cimientado de terraplén
P-2	Porquera de los Infantes	401453.21	4739764.60	QR	156.000	Tolerable	-	Núcleo y cimientado de terraplén
P-3	Olleros de Pisuerga	393462.52	4733304.38	C6	73.800	Tolerable	-	Núcleo y cimientado de terraplén
P-4	Mave	395121.79	4732757.89	QFV	41.000	Adecuado	-	Capa de forma, Coronación, Núcleo y cimientado de terraplén

En fases posteriores, los proyectos concretarán las superficies que finalmente se consideren óptimas, dando prioridad a las zonas de préstamo utilizadas para la extracción de materiales, siempre que esto sea compatible con la ejecución de la obra. En el caso de las zonas degradadas por la actividad minera previa que se han inventariado en el buffer de 10 km, se ajustará su superficie a las necesidades reales del proyecto, evitando en todo momento la afección a los elementos ambientales con gran valor de conservación.

## 6. VERTEDEROS

En el marco del Estudio de Impacto Ambiental del presente Estudio, se han analizado todas las posibles zonas de vertido de excedentes, habiéndose considerado que la opción óptima desde el punto de vista ambiental, es la utilización de los préstamos abiertos para la obtención de materiales, lo que facilitará su posterior restauración.

Teniendo en cuenta los movimientos de tierra recogidos en el apartado 4. "Compensación de tierras", se analiza la situación más desfavorable de necesidades de vertedero, con el fin de determinar si la capacidad estimada en 12.561.946,5 m<sup>3</sup> de las zonas propuestas es suficiente para el vertido de los excedentes. Las alternativas que mayor volumen a vertedero presentan son las Oeste, en todos los ámbitos, tal como se recoge en la tabla siguiente:

ALTERNATIVA	VERTEDERO (m <sup>3</sup> )
<b>ÁMBITO 1. NOGALES DE PISUERGA - MATAPORQUERA</b>	
ALTERNATIVA OESTE	6.060.005,00
<b>ÁMBITO 2. MATAPORQUERA</b>	
ALTERNATIVA OESTE	2.029.500,25
<b>ÁMBITO 3. MATAPORQUERA – REINOSA</b>	
ALTERNATIVA OESTE	2.465.476,78

Los requerimientos de zonas de vertedero en la situación más desfavorable ascienden a 10.554.982,34 m<sup>3</sup>, por lo que la propuesta de vertederos cubre las necesidades del proyecto.