ANEJO 5

ESTUDIO DE MATERIALES

ÍNDICE

1. Introducción 1
2. Condiciones exigibles a los materiales 1
   2.1. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para los proyectos de plataforma (PGP-2011 v2), de ADIF 1
      2.1.1. Prescripciones de los materiales para rellenos 1
      2.1.2. Prescripciones de los materiales para capa de forma 5
      2.1.3. Prescripciones de los materiales para subbalasto 6
      2.1.4. Cuadros resumen 7
   2.2. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, PG-3 9
3. Balance de materiales 14
   3.1. Materiales procedentes del trazado 14
      3.1.1. Cuaternarios 14
      3.1.2. Triásico 14
      3.1.3. Jurásico 15
      3.1.4. Cretácico 15
      3.1.5. Resumen reutilización de materiales 16
   3.2. Coeficiente de paso y factor de esponjamiento 16
      3.2.1. Coeficiente de paso 16
      3.2.2. Factor de esponjamiento 17
   3.3. Materiales externos al trazado 18
      3.3.1. Canteras 18
      3.3.2. Plantas de suministro 19
   3.4. Vertederos 20

Apéndice 1. Mapa de rocas industriales (1:200.000)
Apéndice 2. Planta de Situación de Canteras y Plantas de Hormigón
Apéndice 3. Fichas de canteras recopiladas

1. Introducción

En este anejo se realiza un estudio sobre las necesidades de los materiales necesarios para la ejecución de las obras, la aptitud de los materiales de la traza de cara a su reutilización, así como de las canteras existentes a lo largo del tramo o sus inmediaciones que puedan ser susceptibles de proveer a la obra de materiales aptos para su empleo en rellenos (terraplenes, todo-uno o pedraplenes), como suministro de áridos o como suministro de balasto.

Para establecer las necesidades de los materiales necesarios para la ejecución de las obras y estudiar las posibles procedencias de cada uno de estos materiales, se ha considerado:

- Caracterizar las distintas litologías procedentes de la excavación susceptibles de ser explotadas.
- Incluir un inventario de canteras e instalaciones de suministro situadas a una distancia razonable de la obra, incluyendo una descripción del material a explotar (o procedencia del mismo), distancia a la obra y toda la información que pudiera ser considerada de interés.
- Realizar un estudio de vertederos tanto para el material sobrante resultante del movimiento de tierras como para los residuos de construcción y demolición.

Para rellenos y explanadas, aunque son los que mayor volumen de material requieren, sus exigencias en general son reducidas, con lo que suelen utilizarse algunos materiales procedentes de la traza (desmontes, túneles...) o de zonas de préstamos cercanas.

Asimismo, existen materiales de cantera, fundamentalmente de naturaleza calcárea, que previo estudio de sus características podrían ser susceptibles de utilizarse para cubrir las necesidades de obra en cuanto a las capas más exigentes de rellenos.

En lo referente al suministro de áridos existen en la zona varias canteras de calizas en activo con las suficientes reservas y capacidad de producción como para cubrir las necesidades de la obra.

En cuanto al suministro de balasto, en las proximidades del tramo estudiado solamente existe una explotación activa, que extrae material (ofitas) con este fin, aunque también se han incluido canteras de balasto más alejadas.

2. Condiciones exigibles a los materiales

Se incluyen a continuación las prescripciones a cumplir por los materiales que conforman las diferentes capas del terraplén.

2.1. Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para los proyectos de plataforma (PGP-2011 v2), de ADIF

Los requisitos a cumplir por los materiales para obras del ADIF se encuentran recogidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares para los Proyectos de Plataforma (PGP-2011 V2), de ADIF, concretamente en el apartado G0104 (Rellenos), G0106 (Capa de forma) y G0107 (Subbalasto), criterios que han sido adoptados para la elaboración del presente anejo.

2.1.1. Prescripciones de los materiales para rellenos

A continuación, se exponen las características necesarias de los materiales a utilizar.

Antes de iniciar la explotación de un determinado desmonte o préstamo cuyo material se vaya a destinar a la formación de rellenos, se procederá a una primera caracterización del mismo mediante los siguientes ensayos:

- Granulometría. (UNE 103-101)
- Estabilidad frente al agua (NLT-255).

- Durabilidad (SDT, "Slake durability test" NLT-251).

Si estos ensayos indican de manera fehaciente que:

- El porcentaje, en peso, de partículas que pasen por el tamiz veinte (20) UNE será inferior al treinta por ciento (30%) y el porcentaje que pase por el tamiz 0,080 UNE sea inferior al diez por ciento (10%), estando el tamaño máximo comprendido entre diez y cincuenta centímetros (10-50 cm).
- No existe material (ensayo NLT-255) que sumergido en agua durante veinticuatro horas (24 h) manifieste fisuración o experimente pérdida de peso superior al dos por ciento (2%).
- No existe material cuya durabilidad (ensayo SDT) sea inferior al setenta por ciento (70%).

Entonces el material tendrá la consideración de pedraplén. En caso contrario, el material será calificado de terraplén o “todo-uno”.

A efectos prácticos, en el Pliego PGP 2011, el tratamiento que se dará a los rellenos tipo terraplén o tipo todo uno será conjunto.

2.1.1.1. Terraplenes

MATERIALES A EMPLEAR EN CIMIENTO DE TERRAPLENES

El material a colocar en la base o cimiento de terraplenes podrá ser:

- Análogo al del núcleo (con las restricciones que más adelante se exponen).
- Con características de refuerzo.
- Con características de drenaje.

En el primer caso deberá tenerse en cuenta si existen condiciones de posible saturación y si es así, el contenido de finos inferiores al tamiz 0,080 UNE se limitará al quince por ciento (15%), prolongando esta exigencia en el núcleo hasta una altura de dos metros (2 m) por encima de la cota del terreno natural (o del relleno del saneo si lo hubo).

Para la función de refuerzo en zonas con problemas de inestabilidad (capacidad portante o compresibilidad) podrán emplearse materiales tratados con ligantes hidráulicos, interposición de geotextiles o materiales adecuados del tipo siguiente:

- Tamaño máximo 80 - 400 mm (no mayor del 40% del espesor de la capa)
- Cernido tamiz nº 4 20 - 50%
- Cernido tamiz nº 40 < 30%
- Finos < 0,080 UNE < 8%

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.

MATERIALES A EMPLEAR EN EL NÚCLEO Y CORONACIÓN DE TERRAPLENES

Los materiales a emplear en el núcleo de los terraplenes serán suelos o materiales todo uno, exentos de materia vegetal y cuyo contenido en materia orgánica degradable sea inferior al uno por ciento (1%).

El contenido de sulfatos será inferior al cinco por ciento (5%), si bien la Dirección de Obra podrá admitir suelos con un contenido de sulfatos de hasta el quince por ciento (15%), siempre que se impida la entrada de agua tanto superficial como profunda mediante una coronación y espaldones impermeables.

El material empleado en el núcleo cumplirá, como mínimo, las condiciones siguientes:

- Límite líquido inferior a cuarenta (40).
- Si el límite líquido es superior a cuarenta (40) e inferior a sesenta y cinco (65), el índice de plasticidad será mayor del setenta y tres por ciento del límite líquido menos veinte (IP > 0,73 (LL-20)).
- Asiento en el ensayo de colapso (NLT 254) inferior al uno por ciento (1%).
- Densidad máxima en el ensayo Proctor Modificado superior a un kilogramo setecientos cincuenta gramos por decímetro cúbico (> 1,750 kg/dm3).
- El índice CBR será superior a cinco (5) y el hinchamiento, medido en dicho ensayo, será inferior al uno por ciento (1%). Para valores de hinchamiento medio superiores al 1% e inferiores al 2%, sin que ningún ensayo supere el 3%, la utilización del material podrá ser autorizada por la Dirección de Obra, siempre que el material se coloque a más de dos metros bajo la cota de coronación del terraplén y que su compactación hasta la densidad exigida se efectúe con un contenido de humedad superior al óptimo Proctor.
- Cuando existan condiciones de posible saturación, se limitará el contenido de finos.

A continuación, se incluye una tabla con las prescripciones de ADIF para núcleo:

CARACTERÍSTICAS	ARTÍCULO G-0104: RELLENOS (PGP – 2011)			
	APTOS		ESPECIALES	
	Valor de referencia	Valor extremo	Valor de referencia	Valor extremo
GRANULOMETRÍA	Pasa por tamiz 200 <25% Tmax 30cm	-	-	
PLASTICIDAD	Para espaldones LL<40 LL < 40 o Si 40 < LL < 65 entonces IP > 0,73 (LL-20)	LL < 40 o Si 40 < LL < 70 entonces IP > 0,73 (LL-25)	LL < 85	LL < 90
DENSIDAD PROCTOR MÍNIMA				
CBR	≥ 5	> 4	≥ 3	> 2.5
% HINCHAMIENTO	≤ 2% En edómetro al 100PM (*)	<2.5% En edómetro al 100PM(*)	≤ 2% En edómetro al 100PN(*)	<2.5% En edómetro al 100PN(*)
ASIENTO DE COLAPSO	≤ 1 % al 95%PM(*)	< 1.5 % al 95%PM(*)	≤ 2 % al 95%PN(*)	< 2.5 % al 95%PN(*)
MATERIA ORGÁNICA	≤ 1 %	< 2 %	≤ 4 %	< 5 %
SULFATOS	≤ 2.5 %	< 3.5 %	≤ 10 %	< 12 %
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESOS	≤ 1%	<1.5%	≤ 2 %	< 3 %

(*) Se utiliza el material que pasa por el tamiz 2

En la coronación del terraplén se dispondrá un material de mejor calidad cumpliendo las siguientes limitaciones:

- Límite líquido inferior a cuarenta (40).
- Tamaño máximo inferior a diez centímetros (10 cm).
- El cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al cuarenta por ciento (40%) en peso en la fracción de material inferior a sesenta milímetros (60 mm) (tamiz 60 UNE). Al igual que se indicó anteriormente, este porcentaje no será superior al quince por ciento (15%) cuando existan condiciones de posible saturación. Estas condiciones se cumplirán en muestras tomadas en el material después de compactado.

El tamaño máximo no podrá superar los dos tercios (2/3) del espesor de tongada.

A continuación, se incluyen las prescripciones de ADIF para coronación:

CARACTERÍSTICAS	ARTÍCULO G-0104: RELLENOS (PGP – 2011)
GRANULOMETRÍA	-El cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al 40% en la fracción de material inferior a 60mm. En caso de posible saturación será inferior a 15%. -Tamaño máximo inferior a 10cm -Tamaño máximo inferior a 2/3 el espesor de la tongada
PLASTICIDAD	LL < 40
DENSIDAD PROCTOR MÍNIMA	
CBR	> 10
% HINCHAMIENTO LIBRE	<2% En edómetro
ASIENTOS	< 1 %
SULFATOS	< 2.5 %
SALES SOLUBLES DISTINTAS DE YESOS	<1%

Cuando en el cimiento del terraplén haya de disponerse una capa drenante como la definida en el apartado anterior, se dispondrá entre esta capa y el núcleo del terraplén una zona de transición de al menos un metro (1 m) de espesor, con objeto de establecer un paso gradual entre ambos materiales, debiéndose verificar entre dos (2) tongadas sucesivas las siguientes condiciones de filtro:

$$(I_{15}/S_{85}) < 5;\ (I_{50}/S_{50}) < 25;\ \ (I_{15}/S_{15}) < 20$$

Siendo Ix la abertura del tamiz por el que pasa el x% en peso de material de la tongada inferior y Sx la abertura del tamiz por el que pasa el x% en peso del material de la tongada superior.

MATERIALES A EMPLEAR EN ESPALDONES

En el caso de que la Dirección de Obra aprecie problemas de erosión en los taludes, podrá exigir la colocación de un sobreancho de dos metros (2,0 m) (o el que considere necesario) de material con porcentaje de finos (pasantes por el tamiz cero coma cero ochenta (0,080) UNE) inferior al quince por ciento (15%).

MATERIALES A EMPLEAR EN RELLENO DE SANEOS DE FONDO DE DESMONTE

El relleno de los saneos en fondo de desmonte previstos en el proyecto debe realizarse con material que cumpla las mismas condiciones que las exigidas para la coronación de los rellenos. En el caso particular de que el suelo del fondo de desmonte sea potencialmente expansivo, el relleno del saneo se efectuará inmediatamente después de excavado éste sin dar tiempo a que se deseque, con material poco o nada permeable, previa colocación sobre el fondo rasanteado a dos aguas, de una lámina de PVC prolongada hasta zanjas de drenaje longitudinales provistas de tubo poroso, si se prevé el riesgo de entrada de agua.

MATERIALES A EMPLEAR EN EL TRASDÓS DE MUROS

Serán materiales provenientes de la traza o de préstamo cuyo porcentaje en peso pasante por el tamiz cero coma cero ochenta (0,080) UNE no supere el quince por cierto (15%), sin presencia de materia orgánica ni cloruros.

2.1.1.2. Pedraplenes

Los materiales a emplear para la construcción de pedraplenes serán productos pétreos. Queda excluida la roca de yeso.

El material deberá cumplir además las siguientes condiciones granulométricas:

- El tamaño máximo estará comprendido entre cien milímetros (100 mm) y la mitad (1/2) del espesor de la tongada compactada.
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el cedazo veinte (20) UNE será inferior al treinta por ciento (30%).
- El contenido, en peso, de partículas que pasen por el tamiz cero coma cero ochenta (0,080) UNE será inferior al diez por ciento (10%).

Las condiciones anteriores corresponden al material compactado. Las granulometrías obtenidas en cualquier otro momento de la ejecución tan sólo tendrán un valor orientativo, debido a las segregaciones y alteraciones que puedan producirse en el material. En los casos en los que la roca se degrade o desmorone por efecto de la compactación se aplicarán las prescripciones correspondientes al relleno normal o al “todo-uno”, según criterio del Director de Obra.

En coronación del pedraplén habrá una zona de transición de un metro (1 m) de espesor por debajo de la capa de forma, que se ejecutará según las condiciones citadas para terraplenes.

FORMA DE LAS PARTÍCULAS

Salvo autorización expresa del Director, el contenido en peso de partículas con forma inadecuada será inferior al treinta por ciento (30%). A estos efectos se consideran partículas con forma inadecuada aquellas en que se verifique:

$$((L+G)/2E)>3$$

Siendo L, G y E, los valores de la longitud, grosor y espesor, definidos según el Artículo 331 del PG-3.

OTRAS CARACTERÍSTICAS:

El coeficiente de desgaste Los Ángeles será inferior a cincuenta (50).

El coeficiente de friabilidad, según la Norma NLT-351/74, será inferior a veinticinco (25).

Las pérdidas de peso tras cinco (5) ciclos de sulfato sódico y magnésico serán inferiores al veinte por ciento (20%) y treinta por ciento (30%) por ciento respectivamente (Normas NLT-158/72 o UNE 1367).

Para facilitar la revegetación de los taludes se deberán disponer los materiales más gruesos en el núcleo del relleno mientras que los más finos se dispondrán en el borde del talud de tal forma que sirvan de sellado y faciliten la disposición de la capa vegetal.

2.1.2. Prescripciones de los materiales para capa de forma

- La capa de forma se interpone entre la parte superior del terraplén o pedraplén, o en su caso del desmonte, y la capa de subbalasto. Las condiciones que deben cumplir los materiales para ser útiles como capa de forma son las siguientes:
- Contenido en materia orgánica inferior al cero con dos por ciento (MO<0,2 %) según UNE 103-204.
- Contenido en sales solubles en agua, incluido el yeso, inferior al cero con dos por ciento (SS< 0,2%) según NLT 114.
- Tamaño máximo no superior a cien milímetros (Dmax <= 100mm).
- Cernido por el tamiz cero coma cuarenta (0,40) UNE menor o igual que el quince por ciento (# 0,40 <= 15%) o que en caso contrario cumpla todas y cada una de las condiciones siguientes:
- Cernido por el tamiz dos milímetros UNE, menor del ochenta por ciento (# 2< 80%).
- Cernido por el tamiz cero con cuarenta milímetros UNE, menor del setenta y cinco por ciento (# 0,40< 75%).
- Cernido por el tamiz cero con cero ochenta milímetros UNE, menor veinticinco por ciento (# 0,080< 25%).
- Límite líquido menor de treinta (LL<30). Según UNE 103103.
- Índice de plasticidad menor de diez (IP <10) según UNE 103104.
- En el caso de utilizar material procedente de cantera de roca, su coeficiente de Desgaste de Los Ángeles (UNE EN 1097-2) no será superior a treinta (30). El ensayo Micro Deval húmedo (UNE EN 1097-1) deberá dar menor o igual de veinticinco (25).
- El valor del índice CBR será superior a diez (10) para el noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad máxima Proctor Modificado. El hinchamiento por inmersión será inferior al cero coma dos por ciento (0,2%). Para materiales más gruesos serán de aplicación los módulos de placa que se indican más adelante.

A continuación, se incluye una tabla con las prescripciones de ADIF para capa de forma:

	PGP 2011	
	VALOR DE REFERENCIA	VALOR EXTREMO
Tamaño máximo	≤10cm	≤ 12cm
Pasante por el tamiz 2 (2mm)	30 ≤ 2 mm ≤ 65%	25 ≤ 2 mm ≤70%
Contenido en finos	≤ 5%	≤ 7%
Contenido en materia orgánica	≤ 0.2%	≤ 0.3%
Índice CBR	≥ 15	≥ 8
Hinchamiento en CBR	≤ 0.2%	≤ 0.3%
Desgaste de Los Ángeles	≤30	≤ 35
Ensayo Micro Deval húmedo	≤ 25	≤ 30

2.1.3. Prescripciones de los materiales para subbalasto

Como subbalasto se entiende la capa superior de la plataforma sobre la que se apoya el balasto y cumplir una serie de especificaciones, como son:

- Se comprobará, mediante la Norma UNE-EN 933-5:1999, que el cien por cien (100%) del material retenido en el tamiz número cuatro (nº 4) es calificable como “triturado” y que procede del machaqueo y clasificación de piedra no caliza, extraída en cantera o en desmontes rocosos de la traza, o en yacimientos naturales de árido rodado silíceo.
- Si el material procede de un suministro exterior a la obra, deberá cumplir los requisitos del marcado CE.
- El subbalasto no podrá contener fragmentos de: madera, materia orgánica, metales, plásticos, rocas alterables, ni de materiales tixotrópicos, expansivos, solubles, putrescibles, combustibles ni polucionantes (desechos industriales).
- El contenido de materia orgánica, según Norma UNE 103204:1993, deberá ser inferior al cero con dos por ciento (0,2%) en peso, de la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).
- El contenido en sulfatos, según Norma UNE 103201:1996, deberá ser inferior al cero con dos por ciento (0,2%) en peso, de la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).
- Granulometría.
- El subbalasto estará constituido por una grava arenosa bien graduada, con un pequeño porcentaje de elementos finos. El ensayo para su determinación se realizará según Norma UNE-EN933-1:1998 y el resultado deberá cumplir lo siguiente:

TAMIZ UNE	% QUE PASA (EN PESO)
40	100
31.5	90-100
16	85-95
8	65-80
4	45-65
2	30-50
0.5	10-40
0,20	5-25
0,063	3-9

- El coeficiente de uniformidad C2 = D60/D10, será mayor o igual que catorce (Cu ≥ 14).
- El coeficiente de curvatura Cc = D302/ (D10 x D 60), estará comprendido entre uno y tres (1,0 ≤ Cc 3,0).
- El equivalente de arena, según UNE-EN 933-8:2000, será mayor de cuarenta y cinco (45), para la fracción que pasa por el tamiz número dos (nº 2).
- El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) será inferior al veintiocho por ciento (< 28%). El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-2:1999, teniendo en cuenta lo especificado en su Anexo A.
- El coeficiente Micro-Deval Húmedo (MDH) será inferior al veintidós por ciento (< 22%). El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-1:1997.

- El coeficiente de permeabilidad vertical del subbalasto (K), compactado al cien por cien (100%) de la densidad máxima del Proctor Modificado, debe ser ≤diez elevado a menos seis metros por segundo (10-6 m/s). Su determinación en laboratorio se hará con permeámetro de carga variable, según del procedimiento descrito en el Anejo 3 de la Orden FOM/1269/2006. Se podrá prescindir del control de permeabilidad del material de la capa de sub-balasto, siempre que la capa subyacente cumpla condiciones de capa de forma definidas en el artículo G0106 del presente Pliego.

2.1.4. Cuadros resumen

Sobre la base de esta normativa se han elaborado una serie de cuadros, que se muestran a continuación:

- Materiales para la formación de terraplenes propuesta de nuevo texto del Artículo G-0104: “rellenos” (PGP – 2011)

Los valores serán representativos de un conjunto de al menos 8 muestras:

SUELOS	GRANULOMETRÍA	LÍMITES ATTERBERG		M.O.	% SO3	ASIENTO DE COLAPSO	SALES SOLUBLES MENOS YESOS	CBR	HINCH EN EDOMETRO
	TAMICES UNE % QUE PASA	L.L.	I.P.	(%)		(NLT-254)			
Apto para núcleo y cimiento		LL < 40	Si 40 < LL < 65 entonces IP > 0,73 (LL-20)	MO < 1%	<2.5%	<1%	<1%	>5	<2%
Especial para núcleo y cimiento		LL < 85		MO < 5%	<10%	<2%	<2%	>3	<2%
Espaldones	Pasa por tamiz 200 <25% Tmax 30cm	LL<40	Si 40 < LL < 65 entonces IP > 0,73 (LL-20)	MO < 1%	<2.5%	<1%	<1%	>5	<2%
Cimiento saturado	Pasa por tamiz 200 <15%	LL < 40	Si 40 < LL < 65 entonces IP > 0,73 (LL-20)	MO < 1%	<2.5%	<1%	<1%	>5	<2%
Cimiento drenante	Ver prescripciones de pedraplén drenante								
Cimiento reforzado	Tamaño máximo: 80 - 400 mm (no mayor del 40% del espesor de la capa) Cernido tamiz nº 4 (5mm): 20 - 50% Cernido tamiz nº 40 (0,40 mm): < 30% Finos < 0,080 UNE: < 8%	LL < 40	Si 40 < LL < 65 entonces IP > 0,73 (LL-20)	MO < 1%	<2.5%	<1%	<1%	>5	<2%
Coronación	El cernido por el tamiz 0,080 UNE será inferior al 40% en la fracción de material inferior a 60mm. En caso de posible saturación será inferior a 15%. Tamaño máximo inferior a 10cm Tamaño máximo inferior a 2/3 el espesor de la tongada	LL < 40		MO < 1%	<2.5%	<1%	<1%	>5	<2%
Capa de forma	-Carecerán de elementos de tamaño superior a diez centímetros -Su cernido por el tamiz 2mm será inferior al 65% Su cernido por el tamiz 0,080 UNE será menor del cinco por ciento (5%) en peso. En caso de que LL<30 y IP <10, el material sea o plástico el contenido puede llegar hasta el 15%. En el caso de utilizar material procedente de machaqueo de rocas, su coeficiente de Desgaste de Los Ángeles no será superior a treinta (30). El ensayo Micro Deval húmedo deberá dar menor o igual de 25.			MO < 0.2%	-	-	>1.75 gr/cm3	>10	<0.2%

- Materiales para la formación de pedraplenes PGP 2011:

	GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL COMPACTADO				COEFICIENTE DE FORMA	LA	Microdeval	% perdida sulfato magnésico
	EL TAMAÑO MÁXIMO SERÁ		% QUE PASA CEDAZO 20 UNE	% QUE PASA CEDAZO 0,080 UNE	(L+G)/2E>3			
	COMO MAX.	COMO MIN.						
	(mm)	(mm)						
PEDRAPLÉN	½ Espesor capa	100	< 30	< 10	< 30 de partículas con forma inadecuada. Siendo estas aquellas que cumplan: (L+G)/2 ³ 3E siendo: L = Separación máx. entre dos planos paralelos tangentes G= Ø del agujero circular min. por el que puede atravesar E = Separación min. entre dos planos paralelos tangentes	<50 Para pedraplén drenante <35	<25	<30

- Materiales para plataformas y firmes:

ÁRIDOS	GRANULOMETRÍA	PLAST.	SULF.	DESGASTE LOS ÁNGELES	MICRO DEVAL.	Permeabilidad.	ÍNDICE DE LAJAS	TERRONES ARCILLOSOS	EQUIV. ARENA	MAT. ORG.	C.B.R.	CARAS DE FRACTURA
												(% de dos o más caras de fractura UNE 5 mm)
SUBBALASTO PGP 2011	3 a 9 % pasa #0,080 UNE	N.P.	-	< 28	<22	<10-6m/sg	-	0	> 45	<0.2	≥ 20	
SUBBALASTO BITUMINOSO												
ZAHORRA ARTIFICIAL Art 501 PG3	3 a 9 % pasa #0,080 UNE	N.P.	-	< 30	-	-	< 35	0	> 35	0	-	> 75%

2.2. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, PG-3

Otros materiales necesarios para finalizar el movimiento de tierras son los rellenos para caminos y terraplenes a acceso a estructuras y las zahorras artificiales de los firmes. Sus prescripciones están recogidas en el PG-3 y se resumen brevemente en las siguientes tablas:

MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE TERRAPLENES PG-3 Art. 330

TIPO DE SUELO	GRANULOMETRÍA TAMICES UNE % QUE PASA	LÍMITES DE ATERRBERG		M.O. (%) (UNE 103.204)	SALES SOLUBLES (%) (NLT-114)	YESO (%) (NLT-115)	ASIENTO DE COLAPSO (%) (NLT-254)	HINCHAMIENTO LIBRE (%) (UNE-103.161)	UTILIZACIÓN
		L.L. (UNE 103.103)	I.P. (UNE 103.104)						
SELECCIONADO	100% ≤ 100 mmØ y # 0.40 ≤ 15%	-	-	MO<0.2	SS< 0,2 %				CORONACIÓN: CBR>5 CIMIENTO Y NÚCLEO: CBR>3
	(si # 0.40 ≥ 15%, entonces debe darse: # 2 < 80%, # 0.40 < 75%,¨y # 0.080 < 25%	LL<30	IP<10						
ADECUADO	100% ≤ 100 mmØ # 2 < 80%, # 0.080 < 35%	LL < 40		MO<1	SS< 0,2 %				CORONACIÓN: CBR>5 CIMIENTO Y NÚCLEO: CBR>3
		si LL > 30	IP>4						
TOLERABLE	-	LL < 65		MO<2	Distintos al yeso < 1%	YESO < 5%	< 1 %	< 3 %	CIMIENTO Y NÚCLEO: CBR>3
		si LL > 40	IP > 0.73 (LL-20)						
MARGINAL		si LL > 90	IP < 0.73 (LL-20)	MO<5				< 5 %	NÚCLEO: CBR>3

MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE PEDRAPLENES PG-3 Art.331

	GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL COMPACTADO				COEFICIENTE DE FORMA (L+G)/2E>3	HUSO UNA VEZ COMPACTADO	
	EL TAMAÑO MÁXIMO SERÁ		% QUE PASA 20 mm UNE	% QUE PASA 0,080 mm UNE			
	COMO MAX. (mm)	COMO MIN. (mm)				Tamiz UNE (mm)	% que pasa
PEDRAPLEN	900	100	< 30	< 10	< 30 de partículas con forma inadecuada. Siendo estas aquellas que cumplan: (L+G)/2≥3E siendo: L = Separación máx. entre dos planos paralelos tangente G= Ø del agujero circular min. por el que puede atravesar E = Separación min. entre dos planos paralelos tangente	220 55 14	50-100 25-50 12.5-25

CONDICIONES EXIGIBLES A LOS MATERIALES

RELLENOS LOCALIZADOS Y TODO-UNO

MATERIALES PARA RELLENOS LOCALIZADOS PG-3 Art. 332			
RELLENOS LOCALIZADOS	TIPOS DE SUELO A EMPLEAR (según PG-3 art. 330)	Valor del CBR (UNE 103502)	
		Caso general	En trasdós obras de fábrica
	ADECUADOS Y SELECCIONADOS	>10	>20

MATERIALES PARA TODO-UNO PG-3 Art. 333								
TODO-UNO	GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL COMPACTADO	TIPO DE ROCA	DESMORONAMIENTO (NLT-255)		PIRITAS (UNE 83.120)	YESO (NLT-115)	OTRAS SALES SOLUBLES (NLT-114)	M.0.
			FISURACIÓN	PERDIDA DE PESO				
	# 0.080 < 35% y 30% < # 20 <70% ---------- # 20 < 30% y # 0.080 > 10% ---------- Condiciones de pedraplén con tamaño máximo < 100 mm.	ROCAS ESTABLES	NO	<2%	Ausencia En caso contrario son marginales	< 5% 5-20% solo en núcleo con espaldones >20% rocas marg.	< 1% >1% rocas marginales	>2% rocas marginales
		ROCAS EVOLUTIVAS	SI	>2%				

CONDICIONES EXIGIBLES A LOS MATERIALES

FORMACIÓN DE EXPLANADAS

MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE EXPLANADAS PG-3 Art. 512 y 6.1-IC Secciones de firme											
SUELOS	GRANULOMETRÍA UNE EN 333-2			PLASTICIDAD		M.O.% UNE-103.204	SULF.% UNE –EN 1744-1	C.B.R. UNE 103.502		C.B.R. MEZCLA A 7 DIAS	RESISTENCIA A COMPRESIÓN A 7 DIAS Mpa
	T. MÁX. (80 UNE)	% pasa (2 UNE)	% pasa (0,063 UNE)	LL UNE 103.103	IP UNE 103.103 UNE 103.104			ÍNDICE	HINCH. %		
SELECCIONADO PARA E-3	100	-	< 25	< 30	< 10	MO < 0,2	-	> 20	0	-	-
SELECCIONADO PARA E-2	100	-	< 25	< 30	< 10	MO < 0,2	-	> 10	0	-	-
ADECUADO PARA E-1	100	-	< 35	<40	LL>30 IP>4	MO < 1		> 5	< 2	-	-
TOLERABLE	150 (< 20%)	-	-	<40	-	< 2	-	> 3	-	-	-
				<65	> (0,6 LL-9)						
SUELO ESTABILIZADO CEMENTO											
EST 1			< 50			< 2				≥ 6	-
EST 2	100	> 20	<35	≤ 40	≤ 15	< 1	< 0,7			≥ 12	-
EST 3						< 1					≥ 1,5
SUELO ESTABILIZADO CON CAL					SI IP>40 mezcla en 2 etapas						
EST 1	100	-	≥ 15%	-	≥12	< 2	< 1			≥ 6	
EST 2					12≤IP≤40	< 1				≥ 12	

CONDICIONES EXIGIBLES A LOS MATERIALES

MATERIALES PARA FIRMES Y MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS

MATERIALES PARA FIRMES PG-3 Art. 510, 513 y 542

ÁRIDOS	GRANULOMETRÍA UNE EN 333-2	PLASTICIDAD UNE 103.103 UNE 103.104	SULFATOS (%) UNE –EN 1744-1	DESGASTE LOS ÁNGELES UNE –EN 1097-2	C.P.A. UNE 146130	ÍNDICE DE LAJAS UNE-EN 933-3	TERRONES DE ARCILLA UNE 7133	EQUIVAL. ARENA UNE-EN 933-8	M. O. (%) UNE-103.204	PARTICULAS TRITURADAS UNE-EN 933-5
SUELO-CEMENTO PG-3 Art. 513	Husos SC40 y SC20	LL<30, IP<12	Total azufre < 1.0 % SO3 < 0.8%		-		<0.25 % árido grueso <1.0 % árido fino		< 1.0	T00-T1 ≥ 70; T2 ≥ 50; T3 y T4 ≥ 30 Arcenes T00-T1 ≥ 50 Arcenes T2-T3-T4 ≥30
GRAVA-CEMENTO PG-3 Art. 513	Husos GC32 y GC20	T00 a T2 NP Resto LL<25, IP<6		T00 a T2<30, T3 y T4 <35 Arcenes<40		T00 a T2<30, T3 y T4 <35, arcenes<40		GC20>40 GC32>35		
ZAHORRA NATURAL PG-3 Art. 510	Husos ZN 40, ZN 25 o ZN 20	N.P. LL<25, IP<6 para T4	< 0,5 % capas con cemento < 1% resto	Superior en 5 a los exigidos ZA		-	0	T00 a T1 EA>40; T2 a T4 y arcenes de T00 a T2 EA>35; Arcenes de T3 y T4 EA>30	0	-
ZAHORRA ARTIFICIAL PG-3 Art. 510	Husos ZA 32, ZA 20 o ZAD 20	N.P.		T00 a T2 <30 T3, T4 y arcenes <35		<35				T00 y T0=100% T1 y T2 ≥ 70 % T3 a T4 ≥ 50
MEZCLAS BIT. C. ÁRIDO GRUESO PG-3 Art. 542	>2 mm.		-	de ≤ 30 a ≤ 20	T00 y T0 ≥ 56 T1 a T31 ≥ 50 T32, T4 y arc. ≥ 44	T00 ≤ 20 T0 a T31 ≤ 25 T32, T4 y arc.≤ 30	<0,5	0	0	T00-T0-T1=100 T2=90-100 T3, T4 y arcenes ≥70
MEZCLAS BIT. C. ÁRIDO FINO PG-3 Art. 542	<2 mm y >0,063 mm.	NP	-	< 25 rodadura e intermedia, < 30 base			0	> 50 la mezcla		≥ 75 a 100

MATERIALES PARA MEZCLAS BITUMINOSAS DISCONTINUAS EN CALIENTE PARA CAPAS DE RODADURA PG3 Art. 543

ÁRIDOS	GRANULOMETRÍA UNE EN 333-2	DESGASTE LOS ÁNGELES UNE –EN 1097-2	C.P.A. UNE 146130	PARTICULAS TRITURADAS UNE-EN 933-5	ÍNDICE DE LAJAS UNE-EN 933-3	EQUIVAL. ARENA UNE-EN 933-8	LIMPIEZA UNE 146130
ARIDO GRUESO	> 2 mm	T00 y T0 < 15 T1 y T2 ≤20 T3 T4 y Arc. < 25	T00 y T0 > 56 T1 a T31 ≥ 50 T32-T4 y arc. > 44	T00 y T31 = 100 T32 y Arc. ≥ 90 T4≥70	T00 y T31 ≤20 T32, T4 y Arc.≤25	> 50 la mezcla	< 0.5 %
ARIDO FINO	< 2 mm > 0.063 mm.	-	-	-	-		0
POLVO MINERAL	< 0.063	T00 y T2 = 100% de proporción de polvo mineral de aportación. T3, T4 y arcenes > 50% La densidad aparente del filler según NLT 176 deberá estar comprendida entre 0.5 y 0.8 gr/cm3					

CONDICIONES EXIGIBLES A LOS MATERIALES

MATERIALES PARA HORMIGONES

MATERIALES PARA HORMIGONES (EHE Art. 28)														
ÁRIDOS	CONDICIONES FISICOQUÍMICAS								CONDICIONES FISICOMECÁNICAS				PÉRDIDA EN PESO	GRANULOM. Y COEF. DE FORMA
	Terrones de arcilla % UNE 7133:,58	Partículas blandas % UNE 7134:,58	Retenido # 0,063 UNE y que flota en un líquido de densidad 2 % UNE 7244:,71	Compuestos de azufre referidos al árido seco % UNE 1744-1:98	Sulfatos solubles en ácidos y referidos al árido seco % UNE 1744-1:98	Cloruros referidos al árido seco % UNE 1744-1:98	Sulfuros oxidables %	Mat. Orgá. %	Equivalente de arena	Friabilidad de la arena UNE 1097-1:97	Desgaste de los Angeles UNE 1097-2:98	Absorción de agua % UNE 83133:90 83134:90	Con Sulfato Magnésico % UNE 1367-2:98	Máx. % pasa # 0,063 mm
ARIDO FINO	< 1,00	-	< 0,50	< 1,0	< 0,80	< 0,05 Hormigón armado o en masa < 0,03 Hormig. Pretensad.	0	0	75 ó 80 según la agresividad del ambiente	< 40	-	< 5%	< 15	6% según el tipo 10% de árido 15% y clase de exposición de la obra
ARIDO GRUESO	< 0,25	< 0,50	< 1,00	< 1,0	< 0,80	< 0,05 Hormigón armado o en masa < 0,03 Hormig. Pretensad.	0	0	-	-	< 40	< 5%	< 18	1% según el tipo 2% de árido.

3. Balance de materiales

El diseño trazado va a plantear un claro excedente de materiales, ya que los ejes proyectados discurren gran parte del recorrido por túneles.

Los materiales obtenidos en las excavaciones a realizar permitirán cubrir las necesidades materiales requeridas por la obra. No obstante, se incluyen una serie de canteras de cara a las necesidades de materiales más exigentes.

ALTERNATIVA	CAPA DE FORMA (m^3)	SUBBALASTO (m^3)	EXCAVACIÓN / DTIERRAS (m^3)	TERRAPLÉN (m^3)	CAPA DE FORMA PROCEDENTE DE PRÉSTAMO (m^3)	SUBBALASTO PROCEDENTE DE PRESTAMO (m^3)	MATERIAL TOTAL A VERTEDERO (m^3)
NORTE	75,464.5	38,393.80	1,252,390.80	173,765.40	75,464.50	38,393.80	1,424,599.01
SUR	67,621.8	34,967.60	1,503,563.96	182,939.70	52,895.37	0.00	1,682,179.23
CENTRO	65,199.7	33,912.80	1,470,504.63	183,977.00	0.00	0.00	1,580,109.76

Tabla 1. Resumen movimiento de tierras

3.1. Materiales procedentes del trazado

Las litologías afectadas por los trazados estudiados se pueden agrupar en tres grandes grupos: el primero correspondiente a suelos cuaternarios, los materiales rocosos jurásicos y cretácicos, y las ofitas y arcillas triásicas.

Los materiales jurásicos y cretácicos, detríticos y carbonatados, dominan la mayor parte del trazado. Por otra parte, los materiales triásicos y cuaternarios se localizan en vaguadas y zonas de cotas más bajas.

Se han analizado según los ensayos de laboratorio de proyectos previos y actuales, en caso de que se hayan investigado en la campaña ejecutada para el presente proyecto, clasificándolos y dando recomendaciones de reutilización en base a la PGP 2011.V2 y el PG-3. Esta clasificación se ha realizado en función de los valores medios obtenidos para cada unidad, por lo que deberá ser estudiado en detalle en cada zona en fases posteriores de proyecto

3.1.1. Cuaternarios

3.1.1.1. Depósitos aluviales, QA

Debido a las características intrínsecas de estos materiales (alto contenido en materia orgánica, humedad y plasticidad elevada, etc.) deberán ser retirados a vertedero.

3.1.1.2. Depósitos de fondo de vaguada, QFV

Estos materiales pueden considerarse válidos para su uso en rellenos de caminos, presentando dudas sobre su aprovechamiento en los terraplenes ferroviarios, debido al posible contenido en materia orgánica superior al 1%.

3.1.1.3. Depósitos coluviales, QC

Se cuenta con dos muestras ensayadas en estos materiales, las cuales los clasifican como válidos para núcleo de terraplén y relleno de caminos.

3.1.1.4. Derrubios de ladera, QP

No se cuenta con información de esta unidad geotécnica.

3.1.2. Triásico

3.1.2.1. Keuper, T1

Arcillas abigarradas de color verdoso y rojizo.

Esta unidad puede presentar problemas de plasticidad, hinchamiento y presencia de yesos, por lo que se recomienda su retirada a vertedero.

Se excavará en el túnel de San Marcos en las alternativas centro y sur.

3.1.2.2. Ofitas, T2

Masas de rocas ofítica que, originalmente, se debieron disponer en forma de lacolitos. Generalmente se encuentran muy alteradas. En corte fresco aparecen como ofitas de grano fino, de aspecto masivo y con una fracturación muy importante.

Estos materiales se pueden reutilizar para capa de forma y subbalasto.

Se excavará en el túnel de San Marcos en las alternativas centro y sur.

3.1.3. Jurásico

3.1.3.1. Infra-Lias calizo – dolomítico, J1 y Lias margoso, J2

Se trata de materiales válidos en general para constituir pedraplenes, cimientos permeables e incluso aprovechables como escollera, en base a las altas resistencias, que en general presentan las muestras ensayadas, los bajos valores del Desgaste de Los Ángeles y su alta durabilidad.

La unidad J_2 se puede reutilizar también para capa de forma.

El suelo de alteración de la unidad J_1 no se dispone de ensayos para determinar su reutilización.

Estas unidades se van a excavar en la Alternativa Norte, al final del túnel de Antondegi y en el túnel de San Marcos de las Alternativas Centro y Sur.

3.1.4. Cretácico

3.1.4.1. Unidad detrítica, C1. Fm Oiartzun

En esta unidad se engloban las litologías detríticas de la Formación Oiartzun, del Complejo Suprurgoniano. Está constituida, por tanto, principalmente por areniscas silíceas con cementación variable y tamaño de grano medio a grueso, y conglomerados y microconglomerados silíceos.

El sustrato rocoso de esta unidad se puede emplear para constituir rellenos tipo todo-uno.

Respecto al suelo de alteración de esta unidad, los materiales pueden emplearse como núcleo de terraplén (si bien alguna muestra podría resultar inadecuada debido a la plasticidad), máxime si se tiene en cuenta el mezclado en Obra con el sustrato subyacente constituyendo un material tipo todo-uno.

Se excavará en el túnel de San Marcos, e interestratificado con C2 en el de Arkale de la Alternativa Norte, y en el de San Marcos, e interestratificado con C2 en el de Mendigain de las alternativas Centro y Sur.

3.1.4.2. Lutitas y limolitas de color marrón rojizo, C3

Esta unidad está compuesta por lutitas y limolitas de colos marrón rojizo. Se ha detectado en el túnel de San Marcos en la Alternativa Centro.

El sustrato rocoso de esta unidad se puede emplear para constituir rellenos tipo todo-uno.

3.1.4.3. Calizas bioclásticas grises. Formación Oiartzun Complejo Supraurgoniano, C2 y Flysch detrítico calcáreo, C4

Formado por margas gris oscuro, esquistosas, generalmente masivas o alternando con calizas margosas y por calizas grises-negras masivas y calizas arenosas, en bancos decimétricos, alternando con capas centimétricas de lutitas, margas, limonitas y areniscas.

En base a los ensayos disponibles se pueden clasificar estos materiales como válidos para pedraplén.

Los niveles de mayor resistencia de la unidad C2 podrían aprovecharse como escollera y/o cimiento de terraplenes.

Debe tenerse en cuenta que la unidad C4 corresponden a grandes rasgos a alternancias de calizas y margas, dependiendo del comportamiento de estos materiales puestos en relleno de la proporción de unos y otros. Una mayor proporción de los materiales margosos o lutíticos, de menor resistencia, supondrá un peor comportamiento del conjunto, debiéndose destinar dichos materiales a constituir rellenos tipo todo-uno.

Para el conjunto de suelos procedentes de la alteración de las dos unidades, en determinadas zonas donde el espesor del suelo de alteración sea elevado y presente valores de plasticidad altos, deberá retirarse a vertedero o destinarse al uso en rellenos de caminos. Si el espesor de estos niveles alterados es

moderado, se podrá mezclar con el resto de los niveles de rocas, obteniéndose un todo-uno válido para núcleo de terraplén.

Estas unidades se excavarán en todos los túneles de las tres alternativas, además de en todos los desmontes de la Alternativa Norte a partir del emboquille de salida del túnel de San Marcos.

3.1.5. Resumen reutilización de materiales

A continuación, se incluye un cuadro resumen con la reutilización de los materiales que se van a excavar en el tramo en estudio. Estas conclusiones deberán revisarse en fases posteriores de proyecto.

REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL POR UNIDADES EXCAVADAS		
Unidades Geotécnicas	Litología	Uso
AE	Escombros	Vertedero
AV	Vertidos urbanos, orgánicos y de desecho	Vertedero
AR	Rellenos antrópicos	Vertedero
QA arcilloso	Limos, arcillas y fangos	Vertedero
QA granular	Bolos, gravas y arenas	Vertedero
QFV	Arenas arcillosas con gravas	Relleno de caminos
QC	Arcillas y arenas arcillosas con gravas y bloques	Núcleo de terraplén y relleno de caminos
QP	Fragmentos conglomeráticos y areniscosos	-
Suelos alteración C2 y C4	Calizas margosas alternando con calizas arenosas	Vertedero y relleno de caminos
Suelo alteración C1	Suelo de alteración de areniscas silíceas	Núcleo de terraplén y relleno de caminos
Suelo alteración J1	Sustrato alteración de margas	-
T1	Arcillas abigarradas y yesos	Vertedero
C1	Conglomerados silíceos y arenas silíceas	Todo-Uno
C2	Calizas bioclásticas	Escollera y cimiento de terraplenes
C3	Lutitas y limolitas marrón rojizo	Rellenos todo-uno
C4	Margas y calizas	Rellenos todo-uno

REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL POR UNIDADES EXCAVADAS		
Unidades Geotécnicas	Litología	Uso
J1	Margas	Pedraplenes, cimientos permeables y escollera
J2	Margas y calizas	Pedraplenes, cimientos permeables, capa de forma y escollera
T2	Ofitas	Capa de forma, subbalasto

Tabla 2. Reutilización de material por unidad

3.2. Coeficiente de paso y factor de esponjamiento

3.2.1. Coeficiente de paso

El coeficiente de paso o de variación volumétrica (Cp) hace referencia a la diferencia a la relación existente entre el volumen in situ del terreno que se debe excavar y el máximo volumen posible de relleno compactado que se debe ejecutar con dicho material.

En los materiales que se van a excavar y reutilizar en los rellenos tipo terraplén, los coeficientes de paso o variación volumétrica (Cp) se determinan mediante la expresión:

$$Cp = 100 \frac{\gamma_{dm} / \gamma_{\max}}{Gc}$$

Donde:

γdm valor medio de las densidades secas en el estado natural del material (t/m3), obtenido en los sondeos en desmonte si ha sido posible disponer de muestras inalteradas, y en función de la granulometría de los materiales donde no se dispone de ellas.

$\gamma dmax$ valor medio de las densidades máximas correspondientes al ensayo de compactación Proctor.

Gc es el grado de compactación conseguido en la puesta en obra del material, expresado en tanto por ciento respecto al máximo obtenido en el Proctor de referencia.

Se ha considerado que el grado de compactación conseguido en obra será del 95%.

3.2.2. Factor de esponjamiento

Se denomina factor de esponjamiento a la relación de volúmenes antes y después de la excavación y se define a partir de la siguiente relación:

Fw=Vb/Vs = ds/db

Dónde:

Fw es el factor de esponjamiento.
Vb es el volumen de material en banco.
Vs es el volumen de material suelto o excavado.
db es la densidad del material en banco.
ds es la densidad del material suelto o excavado

Este factor es importante en los materiales que no son aptos para su reutilización, ya que existe una clara diferencia entre el volumen que un material ocupa originalmente (Vb, en banco) y el volumen del mismo cuando éste ha sido excavado y transportado a su destino (Vs, material suelto).

Otro parámetro relacionado con el factor de esponjamiento es el porcentaje de esponjamiento (Sw), definido como el incremento de volumen que el material experimenta cuando es excavado, para posteriormente trasportarlo, respecto del que tenía en banco.

El porcentaje de esponjamiento se define como sigue:

$$S_W = \frac{V_S - V_B}{V_B} x100$$

O en función de las densidades:

$$S_W = \frac{d_B - d_S}{d_S} x100$$

El porcentaje de esponjamiento y el factor de esponjamiento están relacionados:

$$F_W = \frac{d_S}{d_B} = \frac{d_S}{\left(\frac{S_W}{100}+1\right) \times d_S} = \frac{1}{\frac{S_W}{100}+1}$$

Para el cálculo se emplean los datos de densidad aparente media y la densidad Próctor modificado media de cada una de las unidades, según los ensayos recopilados de estudios previos.

Además se tendrá en cuenta la PGP-2011 V2, en la que se indica que en caso de transporte a vertedero se supondrá una compactación del material del 70-80% de la especificada y del 95% de compactación para rellenos.

En los rellenos tipo pedraplén o todo-uno no es aplicable la expresión anterior. En este tipo de rellenos el cálculo del coeficiente de paso es independiente de las densidades inicial y final, ya que únicamente depende del porcentaje de huecos considerado en el relleno compactado. En función de la naturaleza del material que se empleará en la construcción de estos rellenos y tomando como punto de partida la experiencia, así como la bibliografía existente (Simposio sobre terraplenes y otros rellenos, Madrid 1986), se ha considerado un porcentaje de huecos del 10% para las formaciones rocosas blandas, 15% para formaciones rocosas medias y 20% para formaciones rocosas duras.

El coeficiente de paso de excavación a vertedero para suelos se obtiene considerando que el grado de compactación en vertedero es del orden del 75% del Próctor máximo de referencia.

En el caso de roca de voladura, el coeficiente de paso a vertedero o de esponjamiento varía en función del tipo de roca. Bibliográficamente se recogen en la siguiente tabla los rangos de valores del coeficiente de esponjamiento en función del tipo de roca:

Tipo de roca	Coeficiente de esponjamiento
Roca dura-muy dura (volada)	1,50 – 2,00
Roca mediana (volada)	1,40 – 1,80
Roca blanda (volada)	1,25 – 1,40

Tabla 3. Coeficiente de esponjamiento de roca de voladura

Teniendo en cuenta la media de los resultados de laboratorio y la información bibliográfica consultada, los coeficientes de paso para los materiales excavados son los siguientes:

COEFICIENTES PARA SUELOS				
Unidades Geotécnicas	Densidad seca (kN/m^3)	Densidad próctor mod. (kN/m^3)	Coef. paso Terraplén (95% comp)	Coef. esponjamiento Vertedero (75% comp.)
A_E	16,3	-	-	1
A_V	-	-	-	1
A_R	-	-	-	1
Q_A arcilloso	12,8	19,5	-	1
Q_A granular	16,7	21,5	-	1,04
Q_{FV}	12,5	17(*)	0,774	1
Q_C	16,5	18(*)	0,964	1,22
Q_P	-	-	-	-
Suelos alteración C_2 y C_4	15,5	19,3(*)	-	1,07
Suelo alteración C_1 y C_3	16,5	18	0,965	1,22
Suelo alteración J_1	20,7	25,8(*)	0,845	1,07

(*) Datos obtenidos bibliográficamente

Tabla 4. Coeficientes de paso y esponjamiento de suelos

COEFICIENTES PARA ROCA VOLADA				
Unidades Geotécnicas	Clasificación de las rocas según ISRM (1981)	Índice de huecos (%)	Coef. paso	Coef. esponjamiento Vertedero
C_2	Dura	20	1,20	1,50
C_4	Blanda	10	1,10	1,35
C_1 y C_3	Blanda	10	1,10	1,26
J_1	Media	15	1,15	1,40
J_2	Dura	20	1,20	1,55
T_1	Media	15	1,15	1,45

Tabla 5. Coeficientes de paso y esponjamiento de roca de voladura

Los parámetros que se recomienda aplicar en el cálculo de compensación de tierras son un coeficiente de esponjamiento de valor 1,3 para el paso del volumen procedente de túneles y desmontes a volumen sobre camión, y un coeficiente de compactación para la ejecución de terraplén de valor 1,11.

3.3. Materiales externos al trazado

La información incluida en este apartado se ha basado en la del Proyecto Básico consultado, adecuándolo a la situación actual de las canteras.

3.3.1. Canteras

Se han inventariado dos canteras de caliza masiva, de la que se obtiene material para la construcción de los rellenos tipo todo-uno y pedraplén (escollera), así como para su utilización en hormigones y capa de forma.

En la zona no existen yacimientos granulares. Es necesario acudir a materiales de rechazo de cantera o fabricar estos suelos a partir de machaqueo y clasificación de las rocas excavadas en la traza. Para este propósito son válidas las rocas calizas bioclásticas de la Fm. Oiartzun (C2), las margocalizas del Flysch Cretácico (C4 margosa) y las calizas Jurásicas (J1 y J2).

En la siguiente tabla se incluye la distancia a la traza de las canteras y sus características

Dentro de los materiales rocosos se distinguen los que pudieran ser empleados en la fabricación de subbalasto, capa de forma y fabricación de hormigones.

En el Apéndice 3 se han recogido las fichas de canteras estudiadas en este apartado.

Denominación	Nombre	Localización	Material explotado	Coordenadas		Uso	Distancia a la obra
				X	Y		
C-1	Canteras de Tolosa, S.A.	Altzo (Guipúzcoa)	Calizas	576531	4770718	Hormigones, núcleo y cimientos	25 km
C-2	Aizkibel, S.A.	Urnieta (Guipúzcoa)	Calizas	582369	4790699	Hormigones, subbalasto, Núcleo,cimientos,coronación Capa de forma y pedraplén	6 km

Tabla 6. Tabla resumen de canteras existentes en la zona de trazado

3.3.2. Plantas de suministro

3.3.2.1. Plantas de hormigón

En la tabla siguiente, se incluye empresas que disponen de plantas de hormigón preparado en el entorno de las obras previstas:

Cantera	Localización	Empresa	COORDENADAS		Teléfono	DISTANCIA A PUNTO MEDIO DEL TRAZADO (km)
			X	Y		
PH-1	Camino de la Hípica, 74 - Loiola	Hormigones Ekarri S.L.	584256	4794438	943 46 42 61	7
PH-2	Araneder Bidea, 2, Gipuzkoa	Hormigones Oiartzun S.A.	591121	4794347	943 49 00 10	3
PH-3	Polígono Industrial Ergoien. Alto de Irurain, s/n	AIZKIBEL, S.A.	580994	4787578	943 55 50 50	15

Tabla 7. Tabla resumen de las plantas de hormigón próximas a la zona de trazado

3.3.2.2. Suministro de balasto

Con el objetivo de satisfacer las necesidades de balasto para el presente proyecto, el balasto a emplear deberá cumplir lo establecido en la ORDEN FOM/1269/2006 de 17 de abril y publicado en el Boletín Oficial del Estado número 103 de 1 de mayo de 2006, en la que se establece la aprobación del capítulo 6.- Balasto, del Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios, que será de aplicación en el proyecto, construcción y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias integradas en la Red Ferroviaria de Interés General.

Para obtener el balasto deberá acudirse a material procedente de canteras con distintivo de calidad de ADIF y que cumplan las especificaciones requeridas para este material según la vigente normativa anteriormente mencionada. A continuación se expone la séptima edición del mapa de canteras de balasto en el territorio español con distintivo de calidad ADIF, actualizado a febrero del 2.019.

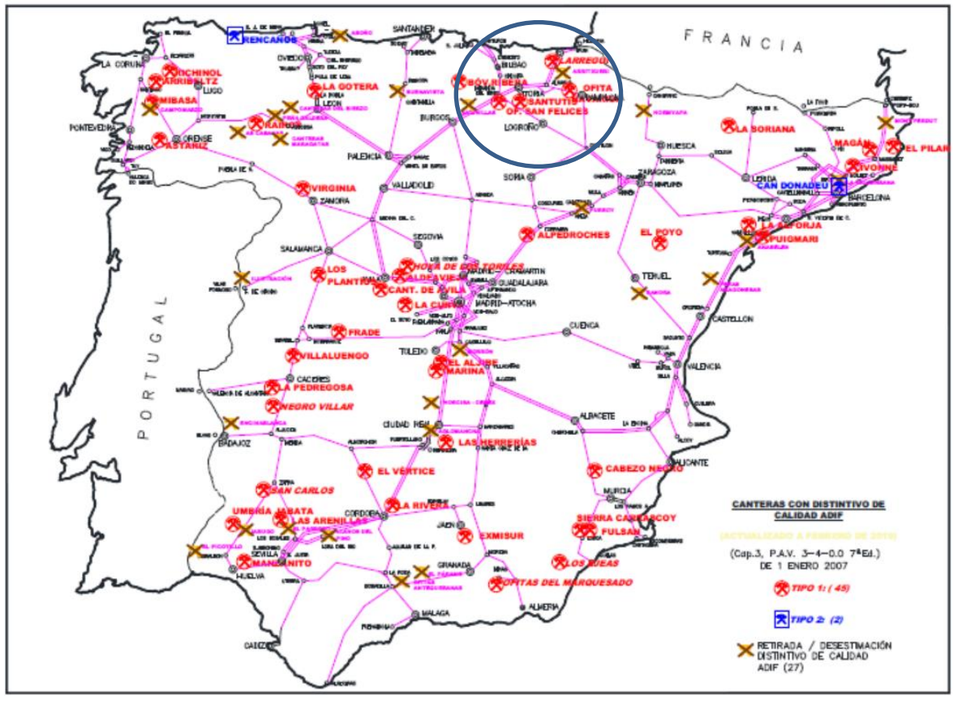


Imagen 1. Mapa de canteras de balasto en el territorio español con distintivo de calidad ADIF

A fecha de ejecución del presente Proyecto, según la edición del mapa de canteras de balasto en el territorio español con distintivo de calidad ADIF, las canteras de balasto activas más próximas a la obra:

DENOMINACIÓN DE LA CANTERA	COORDENADAS		EMPRESA	LITOLOGÍA	CATEGORÍA	DISTANCIA A PUNTO MEDIO DEL TRAZADO (km)
	X	Y				
LARREGUI	579686	4787060	Ofitas de Urretxu S.L.	OFITA	TIPO 1	18
OFITA NAVARRA	603182	4764563	Ofita Navarra, S.A.	OFITA	TIPO 1	74
SANTUTIS	522370	4719945	Ofitas de Santutis, S.L.	OFITA	TIPO 1	135
SAN FELICES	512373	4719274	Ofitas de San Felices S.A.	OFITA	TIPO 1	135

Tabla 8. Tabla resumen de las canteras de balasto más próximas a la zona de estudio

3.4. Vertederos

Una vez analizadas todas las posibles zonas de vertido de excedentes, se han seleccionado 15 vertederos en la zona con una capacidad total de unos 4.966.824 m3.

En el Apéndice nº1, Ubicación de vertederos, del estudio de impacto ambiental puede verse el trazado y la localización de cada uno de los vertederos propuestos, así mismo, en la tabla adjunta se indica la ubicación y capacidad de cada uno de estos vertederos.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MUNICIPIO	COORDENADA X	COORDENADA Y	CAPACIDAD ESTIMADA (m3)
1	Infraestructura de residuos	Andoain	578148	4785410	89.208
2	Extracción minera	Andoain	578641	4786658	100.000
4	Extracción minera	Andoain	579636	4787078	1.541.932
5	Extracción minera	Andoain y Urnieta	580539	4787711	833.536
6	Infraestructura de residuos	Urnieta	582934	4787765	127.120
8	Infraestructura de residuos	Hernani	582257	4791339	150.000
9	Extracción minera	Hernani	581943	4791717	70.000
12	Extracción minera	San Sebastián	579907	4792774	103.476
13	Extracción minera	San Sebastián	581820	4793020	569.560
14	Infraestructura de residuos	San Sebastián	583256	4792951	108.704
15	Infraestructura de residuos	San Sebastián	583812	4792313	268.008
20	Infraestructura de residuos	San Sebastián	585555	4793922	133.180
21	Extracción minera	Astigarraga y Errenteria	586742	4794272	381.864
26	Infraestructura de residuos	Irún y Oiartzun	593315	4797506	214.040
27	Infraestructura de residuos	Astigarraga	586556	4793896	211.104
				TOTAL	**4.901.732**

Tabla 9. Tabla resumen vertederos propuestos

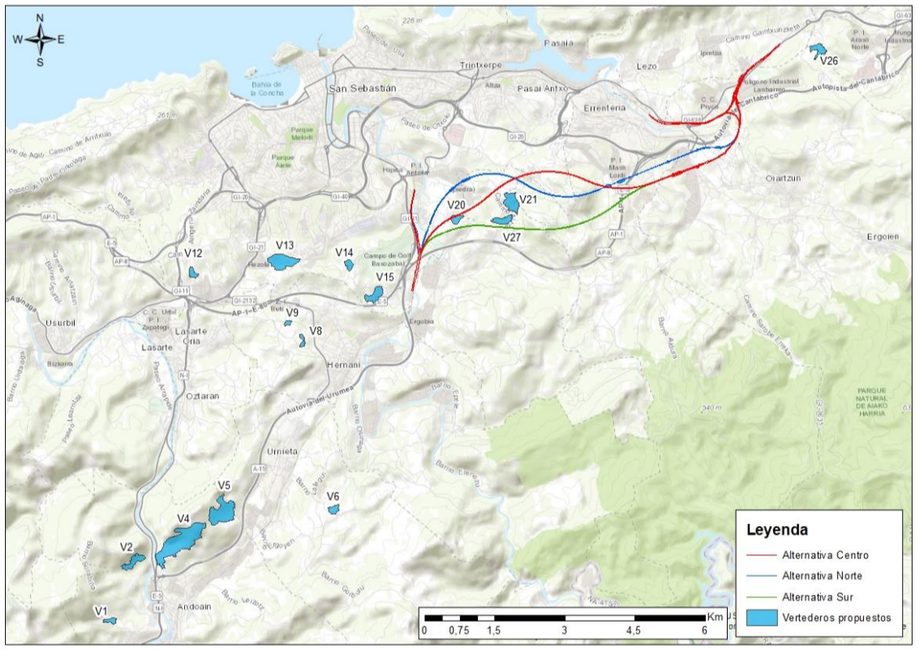
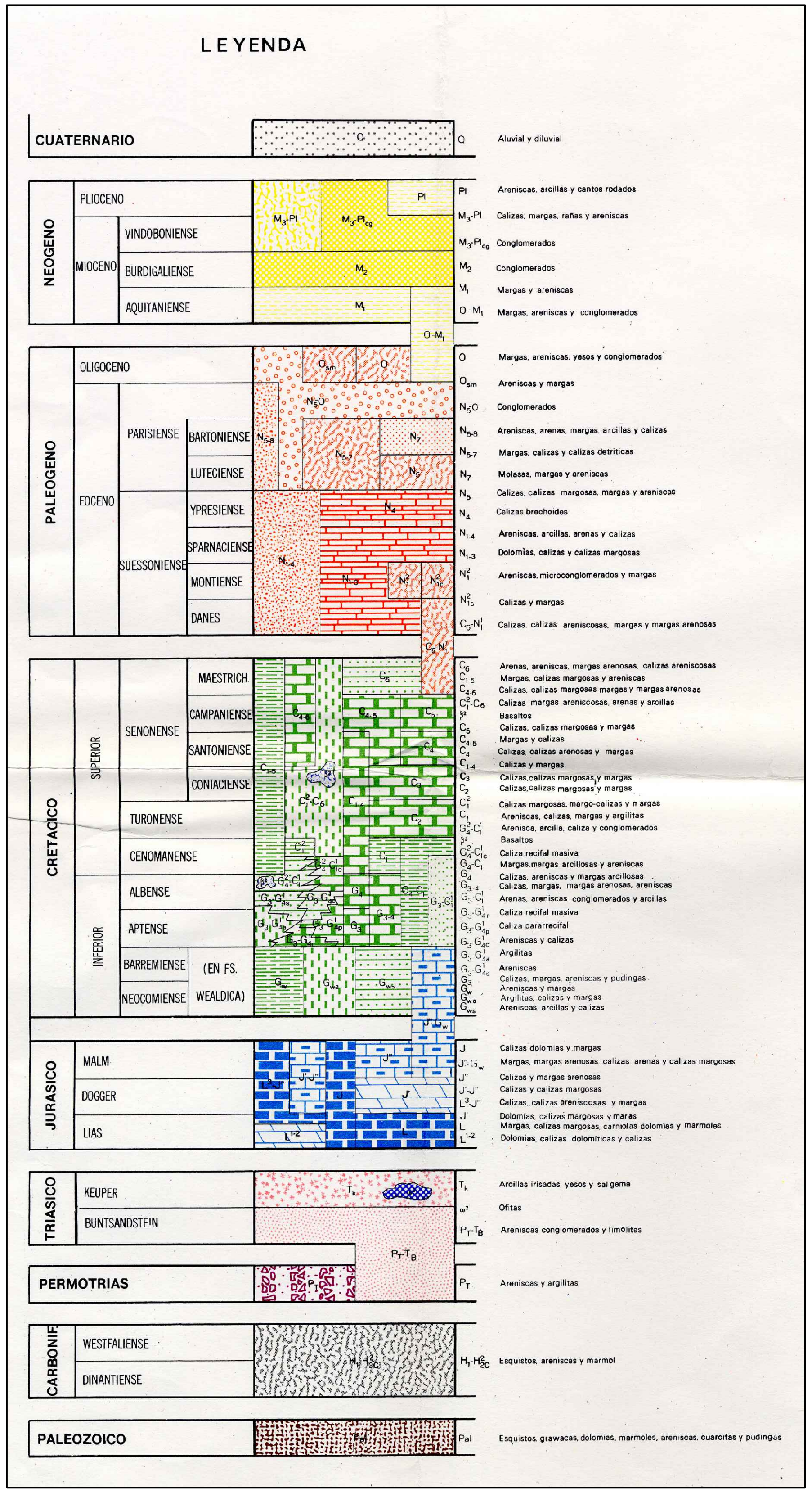
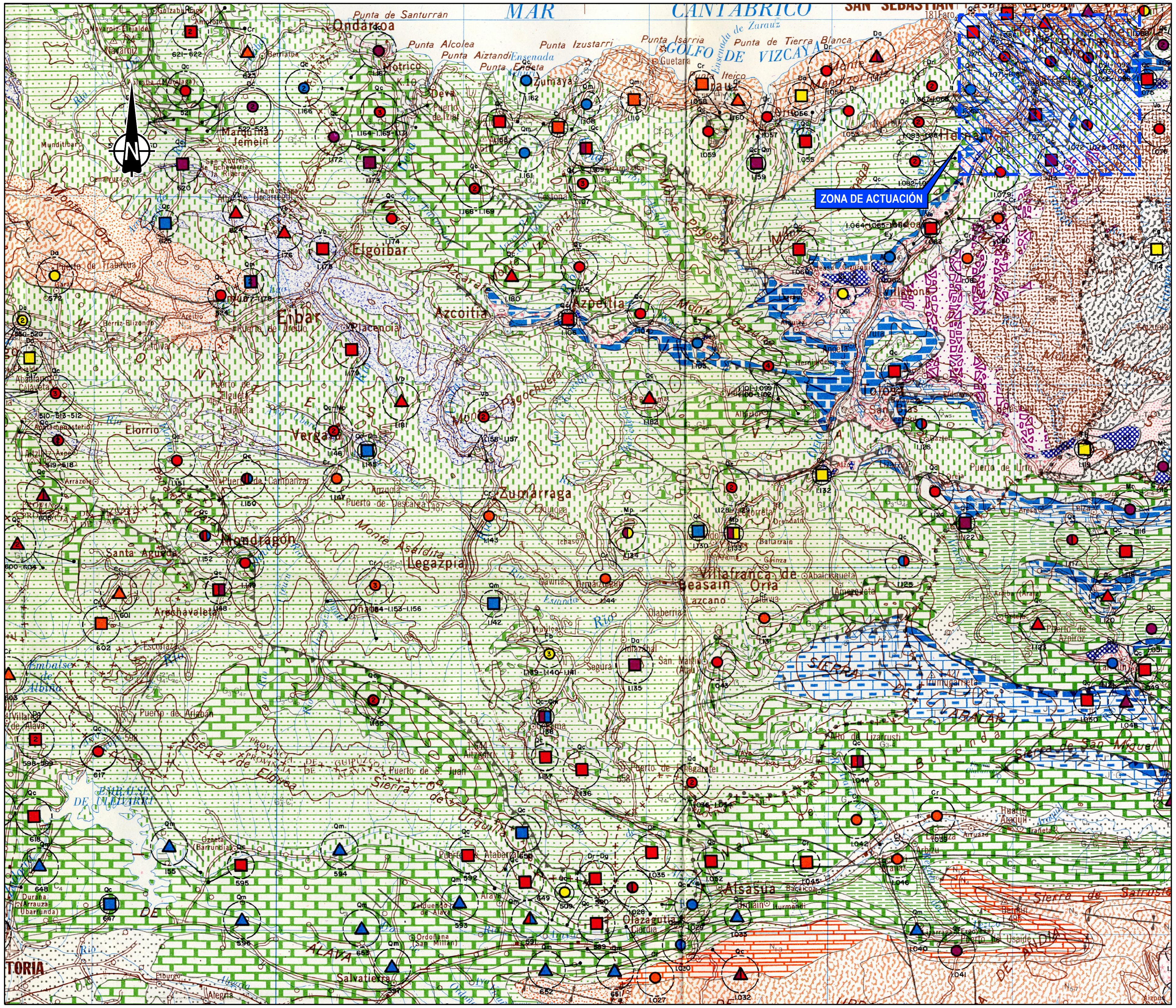


Imagen 2. Situación de vertederos

APÉNDICE 1. MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES (1:200.000)





HOJA NO DISPONIBLE

P:\2018\180183\02_doc_tecnica\02.03 Ejecución\Delineación_EI_FASE B\Doc 01\An 05_Estudio Materiales\AP5.1 MAPA_ Rocas_Industriales.dwg

GOBIERNO DE ESPAÑA | MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

TITULO PROYECTO:
ESTUDIO INFORMATIVO COMPLEMENTARIO DE LA NUEVA RED FERROVIARIA EN EL PAÍS VASCO. TRAMO: ASTIGARRAGA - OIARTZUN - LEZO.

AUTOR DEL PROYECTO: ineco

ESCALA ORIGINAL A3
NUMÉRICA: 1/250.000
GRÁFICA: 0 — 2.5 — 5Km

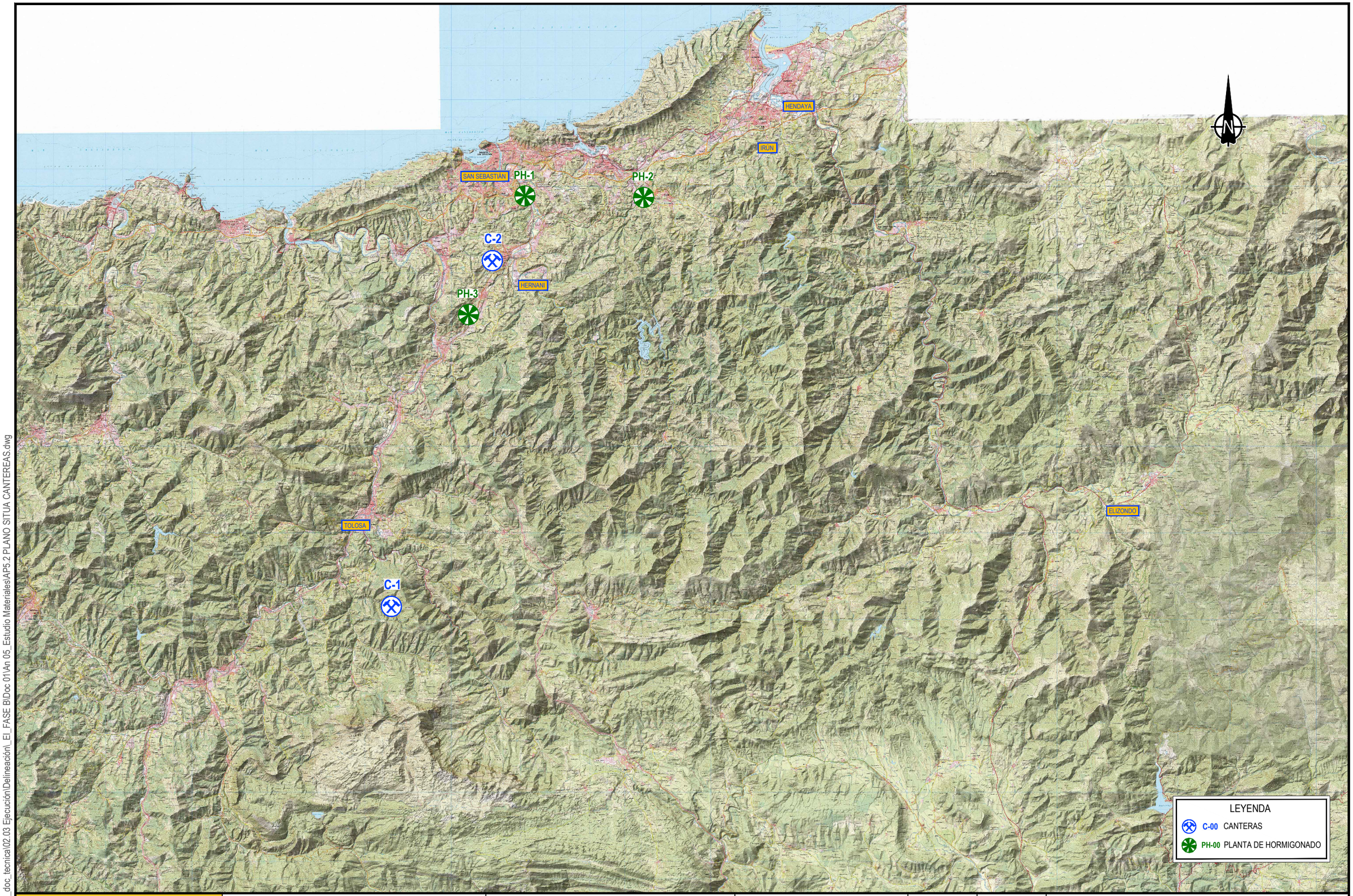
FECHA: 2020

Nº DE PLANO: An-5.1

Nº DE HOJA: HOJA 1 DE 1

TITULO DE PLANO:
ANEJO 5. ESTUDIO DE MATERIALES
MAPA DE ROCAS INDUSTRIALES.
E: 1 / 200000. IGME

APÉNDICE 2. PLANTA DE SITUACIÓN DE CANTERAS Y PLANTAS DE HORMIGÓN



P:\2018\180183\02_doc_tecnica\02.03_Ejecución\Delineación_EI_FASE B\Doc 01\An 05_Estudio Materiales\AP5.2 PLANO SITUA CANTEREAS.dwg

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

TITULO PROYECTO:

ESTUDIO INFORMATIVO COMPLEMENTARIO
DE LA NUEVA RED FERROVIARIA EN EL PAÍS VASCO.
TRAMO: ASTIGARRAGA - OIARTZUN - LEZO.

AUTOR DEL PROYECTO:

ineco

ESCALA ORIGINAL A3

1/200.000

0 2 4Km

NUMÉRICA GRÁFICA

FECHA:

2020

Nº DE PLANO:

An-5.2

Nº DE HOJA:

HOJA 1 DE 1

TITULO DE PLANO:

ANEJO 5. ESTUDIO DE MATERIALES
PLANTA DE SITUACIÓN DE CANTERAS
Y PLANTAS DE HORMIGÓN

APÉNDICE 3. FICHAS DE CANTERAS RECOPILADAS

DIRECCIÓN	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
P. FERROVIARIOS	A.B.H.	F. C. M.	C. CUBILLO	18 septiembre 2014

LOCALIZACIÓN

PROPIETARIO: CANTERAS DE TOLOSA, S.A.

MUNICIPIO: ALTZO (GUIPUZCUA)

LOCALIZACIÓN: BARRIO ARTERREKA, S/N

TELÉFONO: 943 653 243

SITUACIÓN ACTUAL: EN EXPLOTACIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

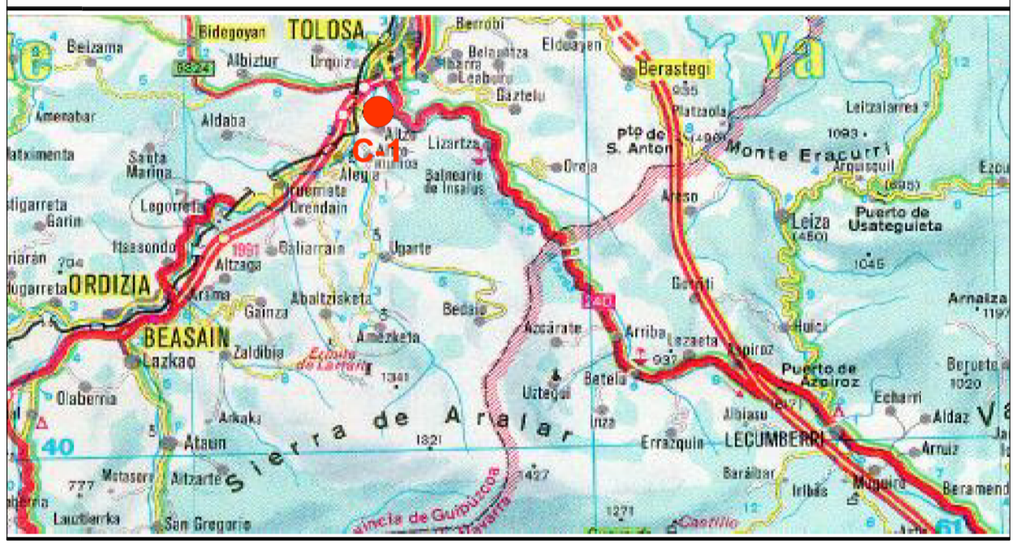
TIPO DE MATERIAL: ÁRIDOS DE CALIZAS

TIPO LITOLÓGICO: CALIZAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR

RITMO DE PRODUCCIÓN: 1000000 Tn/Año

APTO PARA: HORMIGONES, NÚCLEO Y CIMIENTO

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

MINISTERIO DE FOMENTO	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES	TÍTULO PROYECTO: ESTUDIO INFORMATIVO COMPLEMENTARIO DE LA NUEVA RED FERROVIARIA EN EL PAÍS VASCO. TRAMO: ASTIGARRAGA - OIARTZUN - LEZO	AUTOR DEL PROYECTO: ineco	ESCALA ORIGINAL A1: SIN ESCALA (NUMÉRICA / GRÁFICA)	FECHA: SEPTIEMBRE 2014	Nº DE PLANO: AP.-13 Nº DE HOJA: HOJA 1 DE 3	TÍTULO DE PLANO: FICHAS CANTERAS CANTERAS DE TOLOSA, S.A.

P:\2007\070554\02_doc_tecnica\Delineación\Estudio Informativo\V3\Anejo Geologia\AP.-13-FICHAS DE CANTERAS.dwg

DIRECCIÓN	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
P. FERROVIARIOS	A.B.H.	F. C. M.	C. CUBILLO	18 septiembre 2014

LOCALIZACIÓN

PROPIETARIO: AIZKIBEL, S.A. (GRUPO CALCINOR)

MUNICIPIO: URNIETA (GUIPUZCUA)

LOCALIZACIÓN: C/ ALTO DE IRUAIN, S/N

TELÉFONO: 943 555 050

SITUACIÓN ACTUAL: EN EXPLOTACIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

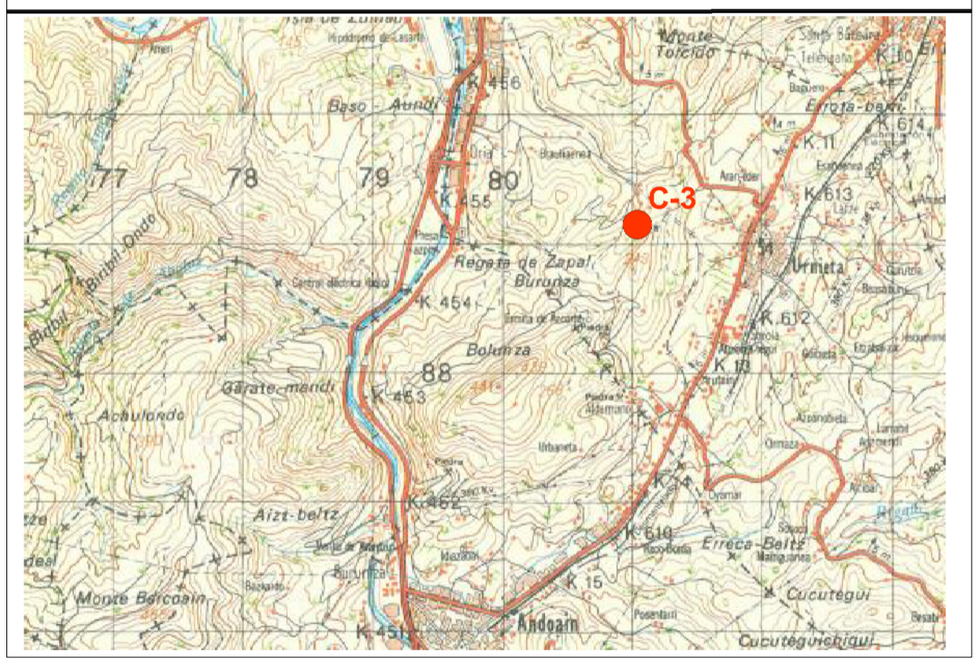
TIPO DE MATERIAL: ÁRIDOS DE CALIZAS

TIPO LITOLÓGICO: CALIZAS DEL CRETÁCICO SUPERIOR

RITMO DE PRODUCCIÓN: 1000000 Tn/Año

APTO PARA: HORMIGONES, SUBBALASTO, NÚCLEO,CIMIENTO, CORONACIÓN, CAPA DE FORMA Y PEDRAPLÉN

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

P:\20070170554\02_doc_tecnica\Delineación\Estudio Informativo\V3\Anejo Geologia\AP.-13-FICHAS DE CANTERAS.dwg

MINISTERIO DE FOMENTO	SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES	TÍTULO PROYECTO: ESTUDIO INFORMATIVO COMPLEMENTARIO DE LA NUEVA RED FERROVIARIA EN EL PAÍS VASCO. TRAMO: ASTIGARRAGA - OIARTZUN - LEZO	AUTOR DEL PROYECTO: ineco	ESCALA ORIGINAL A1 SIN ESCALA NUMÉRICA GRÁFICA	FECHA: SEPTIEMBRE 2014	Nº DE PLANO: AP.-13 Nº DE HOJA: HOJA 2 DE 3	TÍTULO DE PLANO: FICHAS CANTERAS AIZKIBEL, S.A. (GRUPO CALCINOR)

DIRECCIÓN	DIBUJADO	REVISADO	APROBADO	FECHA
P. FERROVIARIOS	A.B.H.	F. C. M.	C. CUBILLO	18 septiembre 2014

LOCALIZACIÓN

PROPIETARIO: OFITAS DE NAVARRA, S.A.

MUNICIPIO: ELTZABURU (NAVARRA)

DIRECCION: EDIFICIO CTH. POL. IND. TALLUNTXA II. NOAIN (NAVARRA)

TELÉFONO: 948 36 80 36

SITUACIÓN ACTUAL: EN EXPLOTACIÓN

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL

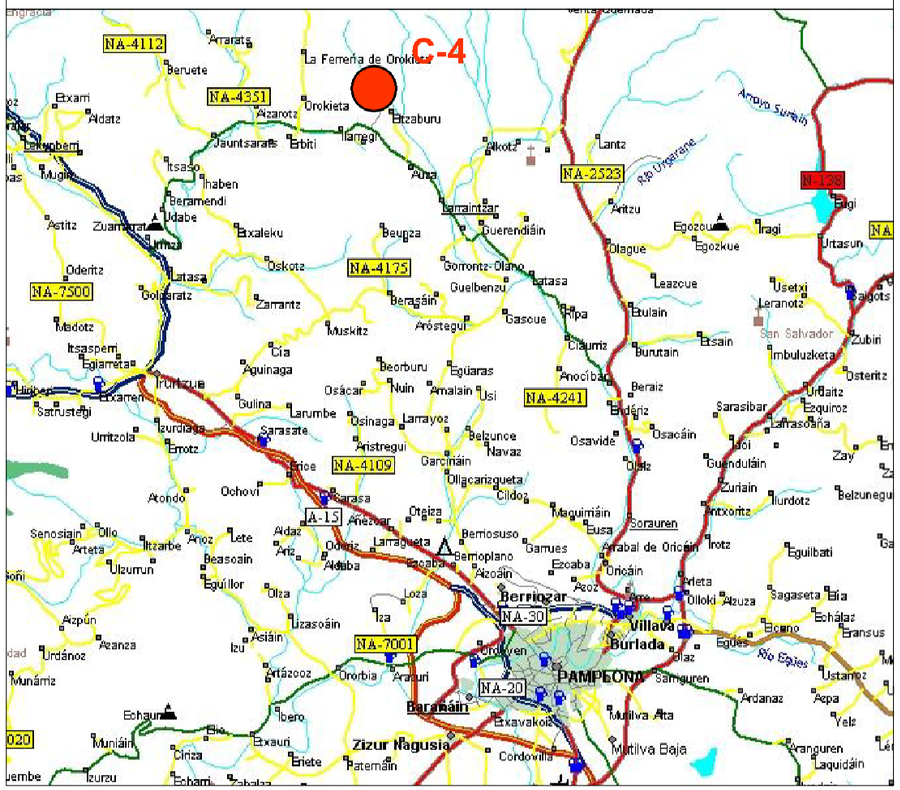
TIPO DE MATERIAL: ÁRIDOS DE OFITAS

TIPO LITOLÓGICO: OFITAS DEL TRIASICO

RITMO DE PRODUCCIÓN: 200000 Tn/Año

APTO PARA: BALASTO Y SUBBALASTO

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

P:\20070\07055\4\02_doc_tecnica\Delineación\Estudio Informativo\V3\Anejo Geologia\AP.-13-FICHAS DE CANTERAS.dwg

MINISTERIO DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, TRANSPORTE Y VIVIENDA
SECRETARÍA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS
DIRECCIÓN GENERAL DE FERROCARRILES

TÍTULO PROYECTO: ESTUDIO INFORMATIVO COMPLEMENTARIO DE LA NUEVA RED FERROVIARIA EN EL PAÍS VASCO. TRAMO: ASTIGARRAGA - OIARTZUN - LEZO

AUTOR DEL PROYECTO: ineco

ESCALA ORIGINAL A1: SIN ESCALA (NUMÉRICA / GRÁFICA)

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

Nº DE PLANO: AP.-13

Nº DE HOJA: HOJA 3 DE 3

TÍTULO DE PLANO: FICHAS CANTERAS OFITAS DE NAVARRA, S.A.