

**PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES PARTICULARS QUE REGIRAN LA
LICITACIÓ PER A LA CONTRACTACIÓ DEL SUBMINISTRAMENT DE
BALAST TIPUS 2 PER A LES LÍNIES DE BARCELONA-VALLÈS I
LLOBREGAT-ANOIA DE FERROCARRILS DE LA GENERALITAT DE
CATALUNYA**

ÍNDEX

1. OBJECTE DEL PLEC.....	1
2. DESCRIPCIÓ DEL SUBMINISTRAMENT	1
3. LLOC I CONDICIONS DE SUBMINISTRAMENT	1
4. TERMINI	2
5. ANNEXES.....	2
ANNEX NÚM. 1	3
ANNEX NÚM. 2	4

1. OBJECTE DEL PLEC

El present Plec de Prescripcions Tècniques Particulars té com a objectiu definir les característiques tècniques i les operacions necessàries per al subministrament de balast tipus 2 per a les línies Barcelona-Vallès i Llobregat-Anoia dels Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya.

En tot allò què no s'especifica al present Plec de Prescripcions Tècniques Particulars, el contractista haurà d'acomplir allò especificat en les normatives d'obligat compliment, en especial aquelles relatives a la Prevenció de riscos laborals i Reial decret 1627/1997.

Per treballar a les instal·lacions d'FGC és obligatori que les empreses hagin realitzat, previ a l'inici del subministrament, la corresponent Coordinació d'Activitats Empresarials

2. DESCRIPCIÓ DEL SUBMINISTRAMENT

El balast subministrat haurà de complir les condicions generals i particulars recollides en aquest Plec de Condicions Tècniques.

L'ofertant ha de garantir que la qualitat del material no tingui defectes de fabricació, lliurant les certificacions de qualitat i d'inspecció corresponents.

Descripció	Amidament	ut
Subministrament de balast tipus 2 a l'estació de Manresa Alta. El transport pot ser en camió banyera.	15	Tn
Subministrament de balast tipus 2 en saques d'1 m ³ a l'estació de Manresa Alta.	10	Ut
Subministrament de balast tipus 2 al COM de Martorell Enllaç. El transport pot ser en camió banyera.	1.200	Tn
Subministrament de balast tipus 2 en saques d'1 m ³ al COM de Martorell Enllaç.	20	Ut
Subministrament de balast tipus 2 al COR de Rubí. El transport pot ser amb camió dúmper i banyera.	1.000	Tn
Subministrament de balast tipus 2 en saques d'1 m ³ al COR de Rubí.	25	Ut

L'amidament de cada partida és orientatiu i pot variar. Els canvis de distribució i de prioritats per part d'FGC no seran objecte de reclamació per part de l'adjudicatari.

3. LLOC I CONDICIONS DE SUBMINISTRAMENT

La petició de subministrament es realitzarà per via telefònica, i s'haurà de subministrar en un màxim de 24 hores (1 dia hàbil). Aquestes comandes es comptabilitzaran dins el total pressupostat.

El lliurament s'efectuarà a les instal·lacions que es detallen al punt 2. *Descripció del subministrament.*

Les ofertes han d'incloure la càrrega i la descàrrega del material.

Els subministrament es farà d'acord a les necessitats reals d'FGC. Qualsevol alteració en el total de tones de balast a subministrar no suposarà cap reclamació per part del subministrador.

S'han de lliurar els fulls de qualitat del material subministrat.



L'adjudicatari, a petició d'FGC, haurà d'aportar els assajos d'autocontrol realitzats per laboratoris homologats sobre la qualitat del material subministrat, essent el seu cost a càrrec de l'adjudicatari. El balast haurà de complir els requisits per ser del tipus 2.

FGC no acceptarà el balast que no reuneixi les condicions previstes en aquest plec d'especificacions tècniques.

La normativa a complir en aquest subministrament és l'especificació M.OT.ET.107 d'FGC, adjunta com a Annex 1 en aquest plec.

Els assajos del material subministrat hauran de seguir les normatives especificades a la "*ORDEN FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.–Balasto y 7.–Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF)*" adjunta com Annex 2 en aquest plec.

4. TERMINI

Atenent a la naturalesa i a les característiques de la prestació que es pretén contractar en el marc d'aquest procediment, s'estableix un termini màxim de lliurament de 12 mesos, o fins l'exhauriment del total del material a subministrar, a partir de l'acta d'inici del subministrament.

La petició de subministrament es realitzarà via telefònica, i s'haurà de subministrar en un termini màxim de 24 hores.

5. ANNEXES

S'adjunta la següent documentació tècnica, complementària a aquest Plec:

ANNEX NÚM. 1: "M.OT.ET.107 especificació tècnica del balast per FGC".

ANNEX NÚM. 2: "*ORDEN FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.–Balasto y 7.–Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF)*".

Àrea de Manteniment

M.OT.ET. Recepció Balast

Data: 05.07.2012

Revisió: 1

M.OT.ET.107 Recepció de balast

Elaborat per:

Oficina Tècnica

Xavier Tosca

Revisat per:

Oficina Tècnica Manteniment

Constantino Quiroga

Manteniment Infraestructures

Jordi Oliva

Oficina Tècnica Projectes

Carles Artero

Aprovat per:

Director de Manteniment

Marc Serra

Director de Projectes

Pere Mateu

Revisió	Motiu del canvi	Data vigor
1	Creació	05/07/2012

Llista de difusió:

Projectes

Manteniment

Í N D E X

Pàgina

1. Objecte i àmbit d'aplicació	4
2. Antecedents	4
3. Normativa aplicada	4
4. ET's que anul·la aquesta especificació.....	4

1. OBJECTE I ÀMBIT D'APLICACIÓ

Aquesta ET especifica les característiques, subministrament i recepció que ha de tenir el balast utilitzat en el projecte, construcció i manteniment de les infraestructures ferroviàries a les instal·lacions d'FGC en totes les seves línies, tant en obra nova com en renovació o rehabilitació de la via.

Aquesta Especificació Tècnica es tindrà d'adjuntar obligatòriament a les comandes de material de l'encapçalament. La qualitat del material subministrat haurà d'ajustar-se a les prescripcions que s'estableixin en aquesta ET.

Les actualitzacions de la normativa UNE de referència en l'ordre FOM, seran d'aplicació si la seva publicació és anterior a la contractació de l'obra o subministrament de balast.

2. ANTECEDENTS

Actualment la ET vigent d'FGC que recull les condicions del subministrament del balast és la Especificació Tècnica de Via ETV020. Aquesta especificació amb el pas del temps i l'evolució tecnològica per al transport ferroviari, juntament a les noves exigències de seguretat, qualitat, confort i interoperabilitat aplicades a l'àmbit ferroviari ha quedat desfasada pel que es fa necessari una actualització que reculli les noves condicions mínimes exigibles en aquests temes.

FGC ha de disposar d'una normativa contrastada i aprovada seguint els criteris més adequats per l'àmbit ferroviari. Ha de ser una normativa d'aplicació actual i que les futures actualitzacions estiguin a l'abast de tothom.

3. NORMATIVA APLICADA

A partir de la data d'aprovació d'aquesta especificació, les característiques, subministrament i recepció que ha de tenir el balast per a totes les línies d'FGC seran les recollides en el BOE núm 103 del dilluns dia 1 de maig de 2006 en la ["ORDEN FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los capítulos: 6.- Balasto y 7.- Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios \(PF\)"](#). Dins d'aquesta ordre del Ministeri de Foment, es consideraran les línies d'FGC com a tipus B amb balast tipus 2.

Les futures actualitzacions d'aquesta ordre del Ministeri de Foment seran també d'aplicació, sempre i quan la seva publicació sigui anterior a la contractació de l'obra o subministrament de balast i que FGC no disposi el contrari en una nova revisió d'aquesta especificació. Tampoc seran d'aplicació en aquelles obres que es desenvolupin dels projectes tancats en data anterior a les actualitzacions.

4. ET's QUE ANUL·LA AQUESTA ESPECIFICACIÓ

Amb la publicació d'aquest document queden anul·lades les següents especificacions d'FGC:

- Especificació Tècnica de Via ETV 020 "Condicions de subministrament de balast per via"
- Especificació Tècnica de Seguretat ETS 037 "Condicions de subministrament de balast per a la via"

nistrativo Único para los supuestos de la importación y/o entrada de mercancías en la Península y Baleares, así como para la entrada de las expediciones en Puertos Francos, Depósitos y Almacenes bajo el control de las Aduanas, y para la exportación y/o salida de mercancías del territorio nacional, respectivamente.

El Código Aduanero Comunitario en su artículo 62 exige que las declaraciones presentadas por escrito se cumplieren en un modelo oficial. Este modelo, el Documento Único Administrativo, se recoge y desarrolla en el Reglamento (CE) n.º 2454/93 de la Comisión por el que se fijan determinadas disposiciones de aplicación del Código, en el Título VII, Capítulo 1.º y en los Anexos 36, 37 y 38. De acuerdo con el artículo 205 de este último texto legal, el Documento Único Administrativo deberá utilizarse para «realizar por escrito la declaración en aduana de mercancías, según el procedimiento normal, para incluirlas en un régimen aduanero o para reexportarlas». Esta misma normativa contempla la sustitución de esta declaración en el impreso DUA por su confección y presentación por procedimientos informáticos.

El Reglamento CEE n.º 2286/2003 de la Comisión por el que se modifica el Reglamento 2454/93, ya citado, aprueba una profunda modificación de estas instrucciones comunitarias que nos obliga a adaptar nuestras instrucciones y programas informáticos. La finalidad de este cambio normativo es conseguir la armonización en el uso de este documento por todos los Estados miembros, de forma que la declaración realizada en uno de ellos sea entendible por todas las Administraciones y, al mismo tiempo, facilitar a los operadores el presentar declaraciones en cualquier Estado. Esta armonización facilitará la implantación de procedimientos basados en programas informáticos comunes para toda la UE.

Las consecuencias que estas modificaciones tienen no solamente para la confección de las declaraciones sino, también, para las aplicaciones de gestión de las mismas y para las bases de datos, consultas, etc., hacen aconsejable su introducción de forma paulatina, procurando el menor impacto posible tanto para los operadores como para las Aduanas. Es por ello que se actualizan los capítulos de importación y de exportación (capítulos 2.º y 3.º), respecto de los cuales se va a dejar un período de convivencia de las declaraciones antiguas y nuevas, y se retrasa la actualización de las declaraciones de tránsito y de vinculación a depósito (capítulos 4.º y 5.º).

Por otra parte, la implantación de una nueva aplicación informática comunitaria para el control de las salidas indirectas en exportación (ECS) hace necesario introducir modificaciones en el capítulo 6.º, relativas a los mensajes que deben intercambiarse operadores y Aduanas en relación con esta aplicación.

Motivado también por la implantación de la aplicación ECS, se suprime la posibilidad de presentar declaraciones conjuntas de exportación y tránsito.

Para la localización de todos estos cambios se incluye, en esta misma Resolución, una relación con las modificaciones efectuadas. Asimismo, en la página web de la Agencia Estatal de Administración Tributaria podrá accederse a tablas de correlación entre las codificaciones anteriores y las nuevas.

Por todo lo anterior, a fin de recoger los cambios en la normativa comunitaria y adecuar estas instrucciones a las nuevas necesidades, se aprueba la presente Resolución:

Primero.—Se aprueban las Instrucciones para la formalización del Documento Único Administrativo (DUA) que se adjuntan como anexo.

Segundo.—Queda derogada la Resolución del Departamento de Aduanas e Impuestos Especiales de 15 de diciembre de 2003 y todas aquellas instrucciones de igual o inferior rango incompatibles con las contenidas en la presente Resolución.

Tercero.—La presente Resolución será de aplicación a partir de 1 de mayo de 2006. No obstante, hasta el 21 de junio de 2006, se aceptarán declaraciones de importación y exportación cumplimentadas de acuerdo con las instrucciones vigentes hasta el 30 de abril del año en curso.

Madrid, 10 de abril de 2006.—El Director, Nicolás Bonilla Penvela.

(En suplemento aparte se publica el anexo correspondiente.)

MINISTERIO DE FOMENTO

7735 *ORDEN FOM/1269/2006, de 17 de abril, por la que se aprueban los Capítulos: 6.—Balasto y 7.—Subbalasto del pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF).*

La evolución tecnológica en la construcción de infraestructuras para el transporte ferroviario, materializada en los trazados de alta velocidad, junto con las nuevas exigencias de seguridad, calidad, confort e interoperabilidad, así como la necesidad de aprovechamiento y de reutilización de los materiales utilizados en su ejecución, tendente al ahorro de recursos naturales y a la minimización de los impactos ambientales, aconsejan fijar las condiciones que deben cumplir los materiales habitualmente empleados en la construcción de este tipo de infraestructuras.

Entre los materiales más característicos empleados en las infraestructuras ferroviarias, cabe destacar el balasto y el subbalasto, dada su función transmisora de las cargas desde la vía hasta el terreno, para los que resulta necesario establecer, en orden a satisfacer las exigencias anteriormente citadas, las especificaciones técnicas que deben cumplir para su empleo en dichas infraestructuras.

El objeto de esta Orden es establecer especificaciones técnicas relativas al balasto y subbalasto y, adicionalmente, los criterios a seguir para la medición y abono de las correspondientes unidades de obra.

Esta Orden ha sido sometida a los trámites establecidos en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, por el que se regula la remisión de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, y en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, modificada por la Directiva 98/48/CE, de 20 de julio de 1998.

En su virtud, y de conformidad con lo establecido en el artículo 15 del Reglamento de la Ley del Sector Ferroviario, aprobado por Real Decreto 2387/2004, de 30 de diciembre, dispongo:

Artículo 1. *Aprobación de los Capítulos 6.—Balasto y 7.—Subbalasto del Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios.*

Se aprueban los Capítulos 6.—Balasto y 7.—Subbalasto del Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF), que se insertan a continuación.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

El contenido de los Capítulos 6 y 7 del Pliego de prescripciones técnicas generales de materiales ferroviarios (PF), será de aplicación en el proyecto, construcción y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias integradas en la Red Ferroviaria de Interés General.

Disposición transitoria única. *Aplicación a proyectos y obras.*

Lo dispuesto en esta Orden no será de aplicación a:

1. Los proyectos de nueva construcción de infraestructuras ferroviarias o de acondicionamiento de las existentes, cuya correspondiente orden de estudio se hubiese dictado con anterioridad a la entrada en vigor de esta Orden.

2. Las obras que se realicen en desarrollo de los proyectos a los que se refiere el punto anterior.

Disposición final única. *Entrada en vigor.*

Esta Orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 17 de abril de 2006.

ÁLVAREZ ARZA

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES DE MATERIALES FERROVIARIOS

PF-6.-BALASTO

1. Objeto

El objeto de este Pliego es definir las características técnicas del balasto a utilizar como capa soporte de vías férreas, así como los controles de calidad a los que debe ser sometido previamente a su puesta en obra. Todo ello, sin perjuicio de lo dispuesto en los Reales Decretos 354/2006, de 29 de marzo, y 355/2006, de 29 de marzo, por los que se transpone la Directiva 2004/50/CE, de 29 de abril de 2004, que modifica las Directivas 96/48/CE y 2001/16/CE relativas a la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios transeuropeos de alta velocidad y convencional, respectivamente.

Este Capítulo fija una serie de aspectos, en concreto:

Los requisitos geométricos y físicos a exigir, dentro de los que aparecen como opcionales en la norma UNE-EN 13450:2003, así como el tipo de ensayo para su determinación.

Para cada requisito geométrico o físico, los valores o las «categorías» asociadas a cada aplicación ferroviaria.

El sistema para la evaluación de la conformidad exigido para el marcado CE, será el sistema 2+.

Sólo podrá utilizarse balasto legalmente comercializado en estados miembros de la Unión Europea, que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo o en Turquía, y estará sujeto a lo previsto en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre (modificado por el Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE modificada por la Directiva 93/68/CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

En aplicación de dichas disposiciones, los áridos para balasto deberán estar en posesión del marcado CE. Por ello, deberán disponer del correspondiente certificado de control de producción «CE», expedido por un organismo notificado, conforme con los términos establecidos en el Anejo ZA de la UNE-EN 13450:2003. Además, el fabricante deberá elaborar una declaración de

conformidad «CE» en los términos indicados también en el citado Anejo.

2. Características del balasto

2.1 Origen y naturaleza.—El balasto deberá proceder de:

Extracción de rocas de cantera, seguida de machaqueo, cribado y clasificación, con o sin posterior tratamiento industrial que implique una modificación térmica o de otro tipo.

Reutilización de balasto procedente de obras ferroviarias. En este caso se comprobará, según Norma UNE-EN 933-5:1999, que el 100% de las partículas retenidas por el tamiz 22,4 son de las denominadas «totalmente trituradas».

Las rocas para extracción del balasto serán de naturaleza silícea y, preferentemente, de origen ígneo o metamórfico. Por tanto no se admitirán las de naturaleza caliza ni dolomítica.

El balasto no podrá contener fragmentos de: madera, materia orgánica, metales, plásticos, rocas alterables, ni de materiales tixotrópicos, expansivos, solubles, putrescibles, combustibles ni polucionantes (desechos industriales).

2.2 Granulometría.—El balasto es un material cuya granulometría esta casi totalmente integrada dentro del tipo que se denomina grava gruesa.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, la curva granulométrica del balasto, determinada según Norma UNE-EN 933-1:1998, se ajustará al siguiente huso granulométrico, representado en la figura 1 del Anejo 2:

Curva granulométrica del balasto

Tamiz	Porcentaje que pasa (en peso)
63	100
50	70-99
40	30-65
31,5	1-25
22,4	0-3 (para recepción de lotes situados en el centro de producción). 0-5 (para recepción de lotes situados en obra o acopio intermedio).

Además la suma de los retenidos parciales de los tamices 40 y 31,5, (o sea la fracción de material menor de 50 y mayor de 31,5), en peso, será $\geq 50\%$.

Este huso se corresponde con la categoría «A» de la Norma UNE-EN 13450:2003.

2.3 Partículas finas.—El ensayo para su determinación se realizará según la Norma UNE-EN 933-1:1998, mediante tamizado en vía seca. Se exceptúan los casos indicados en el apartado siguiente, 2.4, en los que el ensayo se hará por vía húmeda.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, se exigirán los siguientes valores:

Lugar de recepción del lote de balasto	Porcentaje del peso total de la muestra que pasa por el tamiz 0,50
En el centro de producción	$\leq 0,6\%$
En obra o acopio intermedio	$\leq 1\%$

La exigencia para el Centro de producción se corresponde con la categoría «A» de la Norma UNE-EN 13450:2003.

2.4 Finos.—El ensayo para su determinación se realizará según la Norma UNE-EN 933-1:1998, mediante tamizado en vía húmeda, en los casos siguientes:

1. Cuando se observen claros síntomas de contaminación por finos (adherencias de polvo húmedo, barro, arcillas, etc.) en las piedras de balasto.
2. Cuando lo juzgue necesario el Director de obra.
3. Cuando el ensayo de determinación de partículas finas refleje un contenido de éstas superior al 0,6% del peso total de la muestra tamizada en vía seca.

En los dos primeros casos, se realizará directamente el tamizado en vía húmeda, reflejando los dos valores (partículas finas y finos), por lo que no será necesario realizar el tamizado por vía seca. En el tercer caso, se realizará el ensayo de finos a continuación del ensayo de partículas finas, complementando el mismo con las operaciones pertinentes.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, se exigirán los siguientes valores:

Lugar de recepción del lote de balasto	Porcentaje del peso total de la muestra que pasa por el tamiz 0,063
En el centro de producción	≤ 0,5%
En obra o acopio intermedio	≤ 0,7%

La exigencia para el Centro de producción se corresponde con la categoría «A» de la Norma UNE-EN 13450:2003.

2.5 Índice de forma.—El ensayo para su determinación se realizará según Norma UNE-EN 933-4:2000, utilizando un pie de rey de tipo peine móvil y tomando como muestra, únicamente, el material retenido por el tamiz 22,4.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, el porcentaje en peso de elementos no cúbicos con respecto al total retenido por el tamiz 22,4 será ≤ 10%.

Se corresponde con la categoría IF₁₀ de la Norma UNE-EN 13450:2003.

2.6 Longitud de las piedras.—El ensayo se realizará midiendo con calibres o galgas apropiados, sobre una muestra de balasto superior a 40 kg.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, el porcentaje de piedras cuya longitud máxima sea superior a 100 mm será ≤ 4%.

Se corresponde con la categoría «A» de la Norma UNE-EN 13450:2003.

2.7 Resistencia al desgaste-fragmentación.—Se determinará mediante el ensayo de resistencia al desgaste de Los Ángeles, según la Norma UNE-EN 1097-2:1999, con las condiciones especificadas en el Anejo C de la Norma UNE-EN 13450:2003.

En función del tipo de línea y de sus condiciones de explotación, se exigirán los coeficientes de desgaste de Los Ángeles (CLA) siguientes:

Ancho de vía (mm)	Velocidad máxima de la línea (km/h)	Tipo de línea (ver figura 2 del Anejo 2)	CLA	Tipo de balasto	Categorías de la Norma UNE-EN 13450:2003
≥ 1435	≥ 200	AVE, A o B	≤ 14%	Tipo 1.	LA _{RB} 14
≥ 1435	< 200	AVE, A o B	≤ 16%	Tipo 2.	LA _{RB} 16
≥ 1435	—	C (*)	≤ 20%	Tipo 3.	LA _{RB} 20
< 1435	—	—	—	—	—

(*) Son líneas secundarias y de poco tráfico, que generalmente no superan las 8 circulaciones/día.

Para usos especiales, convenientemente justificados en el Proyecto, se podrá exigir un CLA ≤ 12% (LA_{RB} 12).

Si una muestra de balasto está constituida por una mezcla de elementos con diferente resistencia al desgaste, el ensayo de Los Ángeles puede proporcionar valores intermedios que cumplan los requisitos anteriores, si bien el comportamiento en vía sería deficiente.

Por tanto, si de la observación visual en cinta, acopios, silos o tolvas se apreciara la existencia de partículas meteorizadas o blandas (CLA mayor del límite requerido), en un porcentaje estimado superior al 5% del total, se procederá de la siguiente forma:

Se tomarán, según lo establecido en las Normas UNE-EN 932-1:1997, Parte 1, UNE-EN-932-2:1999, y en los Anexos A y B de la Norma UNE-EN 13450:2003, el número de muestras necesarias para que una vez pasadas por los tamices de 50, 40 y 31,5, se obtenga un mínimo de 100 kg de material retenido en el tamiz 31,5 y otros 100 kg en el de 40.

Se selecciona visualmente, de cada una de estas fracciones de 100 kg, las piedras más meteorizadas o blandas, hasta conseguir el 5% de cada fracción (≈5 kg ± 50 g). Con el conjunto de las dos fracciones (≈10 kg) se realizará el correspondiente ensayo de desgaste de Los Ángeles.

El CLA obtenido deberá cumplir la limitación correspondiente al tipo de balasto requerido, en cuyo caso el balasto analizado se entenderá homogéneo y será aceptado. En caso contrario el balasto será rechazado.

2.8 Resistencia a la meteorización por la acción de la helada.—Cuando se disponga de un registro de datos que avale el comportamiento satisfactorio de un árido de balasto bajo condiciones meteorológicas similares a las de uso, se considerará que ese árido es aceptable. En caso contrario se realizarán los siguientes ensayos:

a) Análisis petrográfico.—El ensayo se realizará según la Norma UNE-EN 932-3:1997.

Este análisis permite detectar la presencia de piedras de elevada absorción, susceptibles de sufrir daño por acción del hielo-deshielo. Cuando se observe o sospeche de la existencia de dichas partículas, se realizará uno de los ensayos físicos indicados a continuación, con el fin de determinar la resistencia del árido al hielo-deshielo.

b) Ensayo de densidad y absorción de agua.—El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-6:2001, con las siguientes particularidades:

El muestreo y la reducción de la muestra de balasto se realizará de acuerdo con el Anexo A de la citada Norma.

La muestra estará constituida por al menos 10 unidades (piedras) de balasto de tamaño comprendido entre 40-50 mm o entre 50-63 mm, con un peso de cada unidad entre 150 y 300 g.

Se separarán los fragmentos disgregados y se lavará la muestra con agua corriente para eliminar los finos adheridos.

En función de los valores obtenidos de absorción de agua respecto al peso total de la muestra, y para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, se llevarán a cabo las actuaciones siguientes:

Porcentaje de absorción de agua respecto al peso total de la muestra (A)	Actuación a realizar
< 0,5	Aceptación del material.
0,5 ≤ A ≤ 1,5	Realización del ensayo de resistencia a la acción del sulfato magnésico.
> 1,5	No aceptación del material.

c) Resistencia a la acción del sulfato magnésico.—El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1367-2:1999, parte 2, con las condiciones especificadas en el Anejo G de la Norma UNE-EN 13450:2003.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, el porcentaje de pérdida de peso respecto al inicial, tras diez ciclos de inmersión y secado, será $\leq 4\%$.

2.9 Resistencia a la alteración Sonnenbrand.—En ciertos basaltos y rocas que contengan sulfatos metálicos puede presentarse, bajo la acción atmosférica, un tipo de alteración denominada «Sonnenbrand», caracterizada por la aparición de puntos de color gris y blanco, seguida por microfisuras radiales en dichos puntos, que posteriormente se interconectan. Esto disminuye la resistencia del árido, e incluso, produce su disgregación posterior.

Si una explotación presenta los signos descritos anteriormente, se realizará un ensayo de ebullición según la Norma UNE-EN 1367-3:2001.

Para todo tipo de líneas y condiciones de explotación ferroviaria, la diferencia en los coeficientes de desgaste de Los Ángeles, antes y después de la ebullición, será $\leq 5\%$.

3. Recepción

3.1 Ensayos iniciales.—Con carácter previo se realizarán los ensayos iniciales establecidos en el punto 9.2 de la Norma UNE-EN 13450:2003, para los casos indicados en éste.

3.2 Control de recepción.—Los ensayos de recepción se realizarán sobre lotes situados en el centro de producción (que hayan pasado el control de producción del fabricante, y estén perfectamente delimitados y asignados al Comprador), en acopios intermedios o en la obra. Será realizado a iniciativa del Comprador y costado por éste.

El Comprador constituirá un archivo documental de todos los controles realizados, que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra.

A efectos de control, el material elaborado se dividirá en «lotes de recepción», definidos cada uno por la menor de las dos cantidades siguientes:

Volumen de 500 m³. Para el caso de balasto con distintivo de calidad reconocido oficialmente por la Administración, según el artículo 5 de este Pliego, este volumen será de 2.500 m³.

Volumen producido en una semana.

La toma de muestras y su preparación se realizará de acuerdo con las Normas UNE-EN 932-1:1997. Parte 1, UNE-EN-932-2:1999 y UNE-EN 13450:2003 (anexos A y B). La muestra bruta se dividirá (reducción por divisor de muestras o por cuarteo) en al menos dos muestras de laboratorio, una para la realización de los ensayos prescritos y la otra, que quedará convenientemente almacenada y precintada, para la eventual realización de ensayos de contraste.

Para cada lote de recepción o conjunto de varios lotes se exigirá la presentación de toda la documentación referida en los puntos 9, 10, 11, ZA.2.2 y ZA.3 de la Norma UNE-EN 13450:2003, referida a la denominación, descripción, identificación, etiquetado y marcado CE. De toda esta documentación se destaca la siguiente:

N.º de identificación del lote y volumen del mismo.

Origen (centro de producción) y manipulaciones intermedias hasta la llegada a la obra.

Naturaleza y descripción de la roca.

El tipo de balasto, según su resistencia al desgaste fragmentación (art. 2.7).

Resistencia a la meteorización por la acción de la helada (art. 2.8).

Resistencia a la ebullición (Sonnenbrand) (art. 2.9).

Liberación de sustancias radiactivas y/o peligrosas, según Norma UNE-EN 13450:2003.

El certificado de Control de Producción de Fábrica (CPF) emitido por el Organismo Notificado.

Declaración CE de conformidad del fabricante.

En el caso de balasto con distintivo de calidad reconocido oficialmente por la Administración, según artículo 5 de este Pliego, de todos los puntos anteriores sólo será necesario la presentación de la Declaración CE del fabricante.

El plan de ensayos a realizar a cada lote de recepción será el siguiente:

Análisis granulométrico.

Partículas finas.

Finos.

Índice de forma.

Longitud de las piedras.

Ensayo de desgaste de Los Ángeles.

Determinación del porcentaje de partículas totalmente trituradas, en el caso de balasto procedente de reutilización.

Las Normas y procedimientos para la realización de estos ensayos serán las especificadas en el artículo 2 de este Pliego.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del artículo 2. En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado.

4. Medición y abono

En el caso de contratos de obra, en cuyo proyecto figuren unidades de suministro y colocación de balasto, su abono al Contratista se realizará por m³, a partir de las mediciones de las secciones transversales teóricas definidas en el proyecto. En consecuencia, no serán de abono los excesos de medición en los laterales, ni los necesarios para compensar la pérdida de espesor de las capas subyacentes. El precio incluirá transporte, mano de obra, maquinaria, y cuantos medios auxiliares sean necesarios para la ejecución de esta unidad de obra.

En el caso de adquisición directa de balasto por la Administración, mediante contratos de suministro, su abono se realizará por m³ o toneladas realmente suministrados/as, medidos/as sobre camión o tolva, incluyendo su transporte y colocación en la zona de acopio.

5. Distintivos de calidad

Se entiende por distintivo de calidad de un balasto, cualquier marca, sello, certificado de calidad, etc, otorgado por un organismo público o privado, que atestigüe que dicho producto cumple determinados requisitos o características.

El distintivo podrá ser reconocido oficialmente por la Administración siempre que:

Asegure el cumplimiento de las características técnicas exigidas al balasto en este Pliego.

Se cumplan los requisitos recogidos en el Anejo 3.

La Administración velará porque los distintivos reconocidos garanticen las dos condiciones anteriores.

Los distintivos de calidad del balasto, reconocidos oficialmente por la Administración, de acuerdo con el artículo 3 permiten reducir de forma considerable el control de calidad de recepción que debe realizar el Comprador.

La obtención de un distintivo de calidad es una opción voluntaria del Centro de producción, y es independiente del marcado CE que es de carácter obligatorio.

ANEJO 1**Definiciones**

Administración.—Centro Directivo de la Administración General del Estado, que tiene asignadas las competencias en infraestructuras ferroviarias.

Base o banqueta de balasto.—Capa de material granular, procedente del machaqueo de piedra de gran resistencia al desgaste, con granulometría adecuada y tamaños comprendidos entre 22,4 y 63 mm (con un máximo del 3% de tamaños inferiores), sobre la que se apoyan las traviesas de una vía de ferrocarril.

Capas de asiento.—Conjunto de capas de material granular, que colocadas entre las traviesas y la plataforma, constituyen el apoyo o soporte de la vía, asegurando el buen comportamiento de ésta en cuanto a rigidez, alineación, nivelación y drenaje. Lo forman la banqueta de balasto y la subbase.

Centro de producción.—Lugar donde se realiza la extracción del balasto y su posterior tratamiento en plantas de machaqueo y cribado. En el caso de balasto procedente de frentes rocosos, suele ser la propia cantera, mientras que en el procedente de reutilización, suele coincidir con el lugar de obtención del material.

Coeficiente de Desgaste de Los Ángeles (CLA).—Mide la resistencia al desgaste por atrición e impacto de los áridos. Es el cociente entre la diferencia de peso de la muestra inicial y del material retenido por el tamiz 1,6 mm UNE (una vez sometido a un proceso abrasivo y normalizado, por medio de bolas de hierro), dividido por el peso inicial de la muestra.

Comprador.—Persona física o jurídica que realiza directamente la adquisición y el abono del balasto al fabricante. En caso de obras contratadas se entenderá por tal al Contratista de las obras.

Contratista.—Persona física o jurídica contratada por la Administración para la realización de las obras especificadas en un Proyecto.

Control de calidad de producción.—Control interno realizado a iniciativa del fabricante y costeado por éste. Su objeto es la comprobación de la calidad del material y la realización de posibles correcciones en los procesos de fabricación. En el caso del balasto este control está dirigido a la consecución del marcado CE

Control de calidad de recepción.—Realizado a iniciativa del Comprador y costeado por éste. Su objeto es comprobar si los materiales adquiridos para la obra, y antes de su colocación, cumplen los requisitos establecidos en el Proyecto y en los reglamentos y normativa vigente de aplicación. Es un control de aceptación o rechazo de lotes.

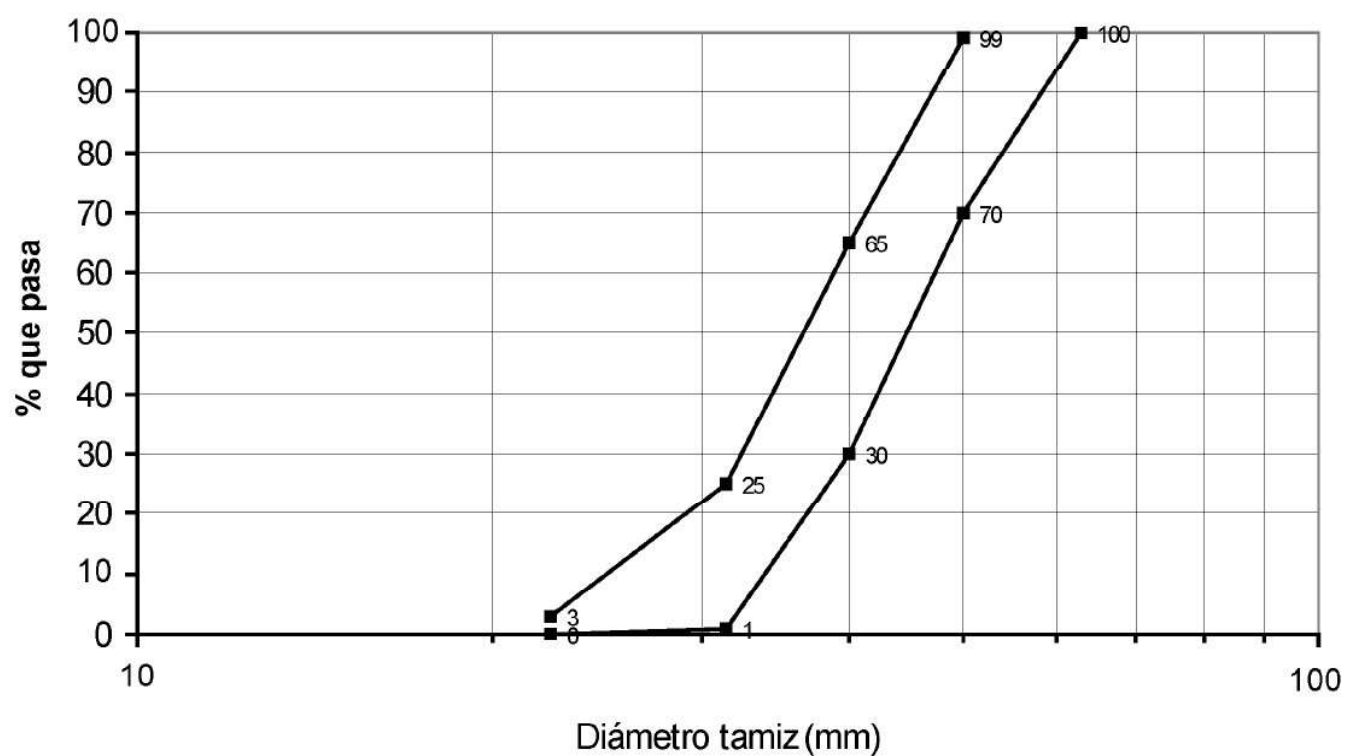
Dirección de Obra.—Está formada por el técnico o técnicos competentes designados por la Administración, encargados de la dirección y control de la ejecución de la obra.

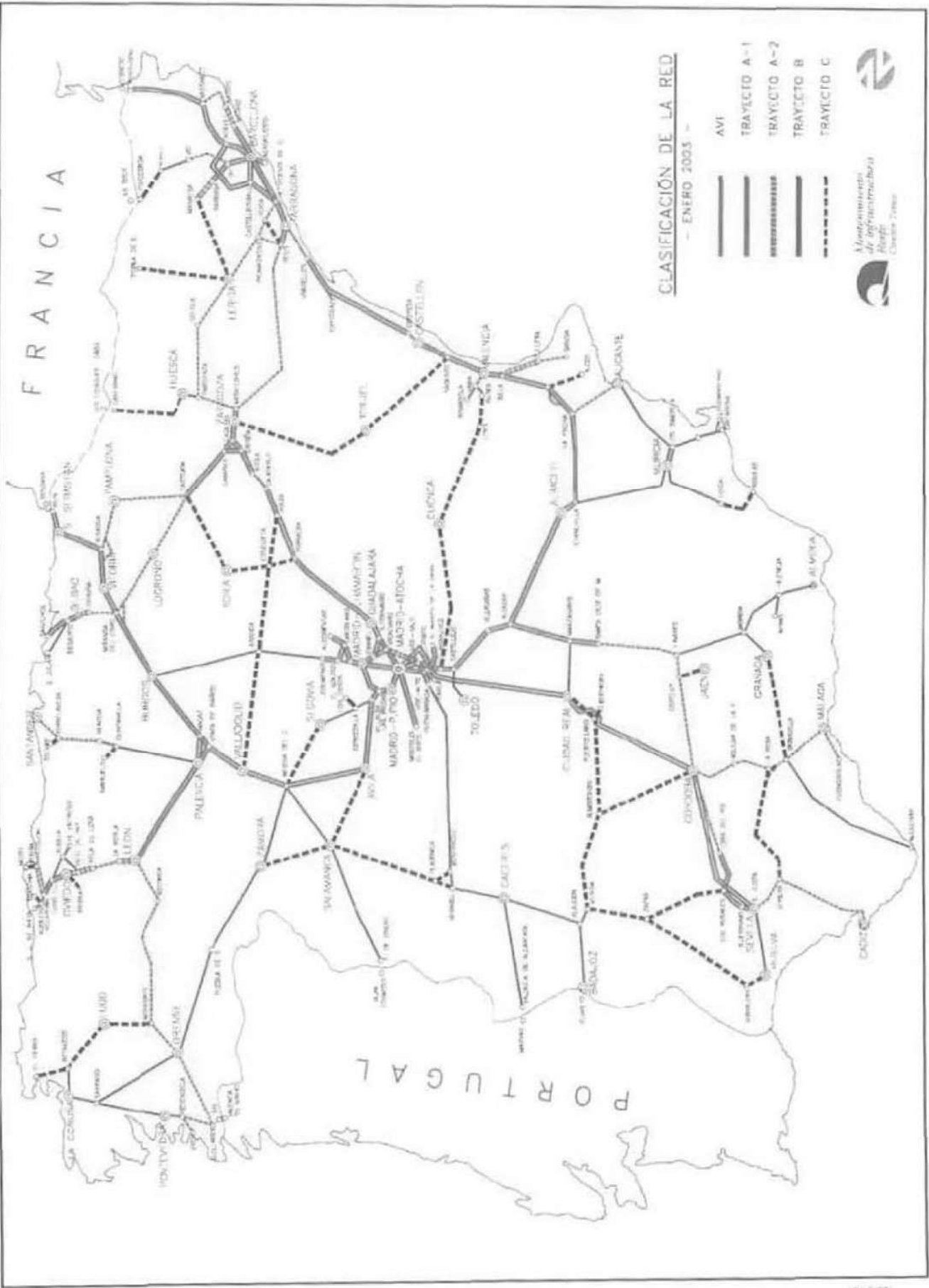
Suelos tixotrópicos.—Son los que contienen elevadas cantidades de arcillas tixotrópicas, que pierden resistencia tras el amasado, para luego recuperar parte con el tiempo.

ANEJO 2**Figuras**

Figura 1: Huso granulométrico del balasto.

Figura 2: Clasificación de la red.

Figura 1. HUSO GRANULOMÉTRICO DEL BALASTO



ANEJO 3

Requisitos para el reconocimiento oficial de distintivos de calidad por parte de la Administración

A.3.1 Consideraciones generales:

I. Los distintivos de calidad son de carácter voluntario e independientes del marcado CE que es obligatorio.

II. La Administración podrá reconocer oficialmente determinados distintivos de calidad, otorgados a Centros de producción de balasto por organismos certificadores. Para su reconocimiento los distintivos de calidad deberán cumplir, como mínimo, los requisitos relacionados en este Anejo.

III. La Administración, una vez concedido el reconocimiento oficial del distintivo de calidad, realizará todos los procesos de seguimiento y control que considere oportunos para velar por el correcto otorgamiento y mantenimiento del distintivo de calidad, por parte del organismo certificador, al Centro de producción.

IV. El distintivo de calidad no libera al Centro de producción de su responsabilidad respecto a la calidad del balasto suministrado.

A.3.2 Requisitos relativos al centro de producción:

I. Previamente al inicio de la producción, el Centro de producción elaborará un «Informe geotécnico y de explotación» que incluirá como mínimo los apartados siguientes:

1. Antecedentes.
2. Objeto del Informe.
3. Situación geográfica del Centro de producción.

Se representará su ubicación sobre un mapa topográfico a escala 1:25.000, con indicación de sus accesos desde una carretera nacional y de las distancias a posibles estaciones de carga.

4. Estudio geológico-geotécnico del Centro de producción, que abarcará, al menos, los aspectos siguientes:

Cartografía geológica, al menos a escala 1:25.000, con encuadre geológico y estructural.

Cartografía geológica de detalle, al menos a escala 1:2.000, con estudio litológico y estructural de la masa explotable, que permita tramificar geológicamente la masa canterable.

Toma de al menos cuatro muestras en cada uno de los frentes canterables y en la planta de machaqueo, en los puntos más representativos, en función de la tramificación geológica del punto anterior.

Ensayos in situ (sondeos de reconocimiento, geofísica, etc.), cuando el responsable del Informe o la Administración lo consideren necesario.

Ensayos de laboratorio sobre las muestras obtenidas. Como mínimo, se realizarán, para cada una, las siguientes determinaciones:

Análisis petrográfico en lámina delgada, con clasificación de la roca mediante sus porcentajes minerales, texturas y estructuras, según Norma UNE-EN 932-3:1997. Adicionalmente al análisis petrográfico se podrá realizar un estudio de difracción cuantitativa de rayos X.

Resistencia al desgaste de Los Angeles, según el artículo 2 de este Pliego.

Resistencia a compresión, determinada por cualquiera de los dos ensayos alternativos siguientes:

a) Resistencia a la carga puntual Franklin, según Norma UNE 22-950-5:1996. Se hará la transformación del I_s (50) a valores de resistencia a compresión simple.

b) Resistencia a compresión simple, según Norma UNE 22-950-1:1990.

Se tomarán probetas cilíndricas de diámetro mínimo 50 mm, y esbeltez (altura/diámetro) de 2. Las bases serán planas, paralelas y estarán pulidas, con tolerancia de paralelismo de $\pm 0,25$ mm. Se podrá aplicar un factor de

corrección en las probetas de esbeltez < 2 , cuando la disminución de la altura real respecto a la nominal no supere el 30%.

Se incluirán fotografías de los testigos tallados, antes y después de la rotura. El ensayo se realizará con prensas que permitan un registro continuo del mismo.

Durante la toma de muestras y en los procesos de tallado y pulido de la probeta se tendrá cuidado de no provocarla fisuras que enmascaren la resistencia real de la roca. En el caso de frentes canterables, no se tomarán muestras en zonas de fracturas inducidas por la explosión de barrenos.

La resistencia a compresión simple de la roca será ≥ 120 MPa.

Liberación de sustancias radiactivas y/o peligrosas, según Norma UNE-EN 13450:2003.

Resistencia a la meteorización por la acción de la helada, según artículo 2 de este Pliego.

Resistencia a la acción del sulfato magnésico, si fuera necesario, según artículo 2 de este Pliego.

Ensayo de ebullición (Sonnenbrand), según artículo 2 de este Pliego.

Estudio geotécnico del Centro de producción:

Tramificación geotécnica de los frentes canterables.

Estabilidad de los frentes.

Características hidrogeológicas.

5. Sistema de explotación del Centro de producción:

Criterios de explotación de los distintos frentes.

Maquinaria de arranque y transporte.

Medios humanos y materiales existentes.

6. Plantas de tratamiento y sistema de acopios.—Se describirán las características y disposición de los distintos equipos, que como mínimo incluirán los siguientes:

Primario, con machacadoras de mandíbulas de apertura fija e instalación de riego por goteo para reducir la emisión de polvo. También incluirá, a la entrada y/o salida de la machacadora, una criba para la eliminación de tierras y materiales finos.

Secundario, con molinos de impacto o de conos, para reducir la cuantía de elementos aciculares y lajosos.

Criba antilajas, cuando por la naturaleza de la roca y las características de la planta no se pueda cumplir el requisito del índice de forma prescrito en este Pliego. Las cribas dispondrán de orificios rectangulares, cuya dimensión mayor será al menos tres veces la menor.

Tolva de almacenamiento del balasto, que evite su contaminación por finos y su segregación, con carácter previo a su acopio en cantera o estación de carga. En ningún caso se permitirá el acopio de balasto en forma cónica por caída libre procedente de una cinta transportadora.

Silos para el almacenamiento de balasto o acopios aislados por medio de muros o pantallas separadoras adecuadas que impidan su contaminación.

7. Estimación de reservas canterables.—Se realizará una evaluación de las reservas incluidas en el área de concesión minera de la explotación y de las reservas potenciales del Centro de producción.

8. Valoración de resultados. Conclusiones.—Los Centros de producción cuya piedra presente características degenerativas, en sucesivas extracciones, deberán realizar nuevamente el Informe.

El Centro de producción tendrá a disposición de la Administración y del organismo certificador el Informe, que se actualizará preceptivamente cada cinco años.

II. El Centro de producción contará con un laboratorio de control, propio o contratado. Para ello, deberá disponer de, al menos, un técnico con formación acreditada

en control de calidad de balasto y de todos los equipos necesarios para la realización de los ensayos prescritos en este Pliego.

III. El Centro de producción tendrá implantado un autocontrol de calidad de producción que reunirá como mínimo las siguientes características:

Los ensayos a realizar en el autocontrol de calidad de producción serán los siguientes:

- Análisis granulométrico.
- Partículas finas.
- Finos.
- Índice de forma.
- Longitud de las partículas.
- Ensayo de desgaste de Los Ángeles.

En el caso de balasto procedente de reutilización, determinación del porcentaje de partículas totalmente trituradas.

Las Normas y procedimientos para la realización de estos ensayos son las especificadas en el artículo 2 de este Pliego.

La frecuencia mínima de ejecución de todos los ensayos, que dependerá de la producción anual prevista, será la siguiente

Producción anual, P, en m³	P>200.000	200.000>P>100.000	100.000>P>50.000	P<50.000
Un ensayo cada (o fracción).	3.000 m³	2.500 m³	2.000 m³	1.500 m³

Con el resultado de estos ensayos el Centro de producción constituirá un archivo documental que estará siempre a disposición de la Administración y del organismo certificador. La obtención de algún resultado que no cumpla las exigencias establecidas en el artículo 2 de este Pliego, obligará al rechazo de ese lote de producción y a la adopción de las medidas correctoras oportunas. Todo ello quedará documentado en el archivo citado anteriormente.

A.3.3 Requisitos relativos al organismo certificador:

I. Será un organismo oficial perteneciente a alguna Administración Pública con competencias en el ámbito de la construcción o un organismo acreditado conforme a la UNE-EN 45011:1998.

II. Estudiará el informe geotécnico y de explotación mencionado en el apartado A.3.2, emitiendo un informe de conformidad o no según todo lo citado en este Pliego.

III. Realizará una inspección inicial del Centro de producción.

IV. Comprobará que el laboratorio de control de este Centro cuenta con recursos materiales y humanos suficientes.

V. Comprobará la conformidad del autocontrol de calidad con una periodicidad mensual.

VI. Mediante laboratorios verificadores efectuará toma de muestras para ensayos de contraste con periodicidad mensual. Estos laboratorios verificadores deberán pertenecer a alguna Administración Pública con competencias en el ámbito de la construcción o acreditado conforme a UNE-EN-ISO/IEC 17025:2005.

VII. En caso de incumplimiento de algunos de los preceptos anteriores por parte del Centro de producción, el organismo certificador estará obligado a retirar provisional o definitivamente dicho distintivo de calidad.

VIII. El distintivo de calidad otorgado por el organismo certificador, especificará el tipo de balasto, según 2.7, para el que se concede.

IX. Comunicará de inmediato a la Administración que efectúa el reconocimiento, la concesión, denegación, renovación o anulación de distintivos. Esta información también estará a disposición del público.

ANEJO 4

Normas UNE relacionadas

Código	Denominación	Validez desde
UNE-EN 13450: 2003	Áridos para balasto.	12-12-2003
UNE-EN 933-5: 1999	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.	26-02-1999
UNE-EN 933-1: 1998	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.	14-04-1998
UNE-EN 933-4: 2000	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 4: Determinación de la forma de las partículas. Coeficiente de forma.	20-07-2000
UNE-EN 1097-2: 1999	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.	22-03-1999
UNE-EN 932-1: 1997	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.	10-02-1997
UNE-EN 932-2: 1999	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio.	29-11-1999
UNE-EN 932-3: 1997	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.	10-02-1997
UNE-EN 1367-2: 1999	Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio.	24-03-1999
UNE-EN 1097-6: 2001	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua.	20-07-2001
UNE-EN 1367-3: 2001	Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 3: Ensayos de ebullición para los balastos «sonnenbrand».	30-11-2001

Código	Denominación	Validez desde
UNE 22950-5:1996	Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 5: Resistencia a carga puntual.	22-11-1996
UNE 22950-1:1990	Propiedades mecánicas de las rocas. Ensayos para la determinación de la resistencia. Parte 1: Resistencia a la compresión uniaxial.	24-12-1990
UNE-EN 45011:1998	Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto (Guía ISO/CEI 65:1996)	18-11-1998
UNE-EN ISO/IEC 17025:2005	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.	15-06-2005

PF-7.-SUBBALASTO

1. Objeto

El objeto de este Pliego es definir las características técnicas del subbalasto a utilizar como capa soporte de vías férreas, sus condiciones de puesta en obra y los controles de calidad a los que debe ser sometido. Todo ello, sin perjuicio de lo dispuesto en los Reales Decretos 354/2006, de 29 de marzo, y 355/2006, de 29 de marzo, por los que se transpone la Directiva 2004/50/CE, de 29 de abril de 2004, que modifica las Directivas 96/48/CE y 2001/16/CE relativas a la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios transeuropeos de alta velocidad y convencional, respectivamente.

Sólo podrá utilizarse subbalasto legalmente comercializado en estados miembros de la Unión Europea, que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo o en Turquía, y estará sujeto a lo previsto en el Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre (modificado por el Real Decreto 1328/1995, de 28 de julio), por el que se dictan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE modificada por la Directiva 93/68/CEE. En particular, en lo referente a los procedimientos especiales de reconocimiento, los productos estarán a lo dispuesto en el artículo 9 del citado Real Decreto.

2. Características del subbalasto

2.1 Origen y naturaleza.-El subbalasto deberá proceder de:

Extracción en cantera, desmontes o préstamos de materiales rocosos, seguida de machaqueo, cribado y clasificación.

Reutilización de materiales de naturaleza rocosa procedentes de obras civiles.

Se comprobará, según Norma UNE-EN 933-5:1999, que el 100% de las partículas retenidas por el tamiz 4 son de las denominadas «trituradas».

El subbalasto no podrá contener fragmentos de: madera, materia orgánica, metales, plásticos, rocas alterables, ni de materiales tixotrópicos, expansivos, solu-

bles, putrescibles, combustibles ni polucionantes (desechos industriales).

El contenido de materia orgánica, según Norma UNE 103-204:1993, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2. Además se realizará un análisis visual de lo retenido en este tamiz, para detectar posibles fragmentos de materia orgánica.

El contenido en sulfatos, según Norma UNE 103-201:1996, deberá ser inferior al 0,2% en peso, de la fracción que pasa por el tamiz 2.

2.2 Granulometría.-El subbalasto estará constituido por una grava arenosa bien graduada, con un pequeño porcentaje de elementos finos. Deberá cumplir lo siguiente:

La curva granulométrica se ajustará al siguiente huso, representado en la figura 1 del Anejo 2:

Curva granulométrica del subbalasto

Tamiz	Porcentaje 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
0,2	5-25
0,063	3-9

El ensayo para su determinación se realizará según Norma UNE-EN 933-1:1998.

El coeficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10}$, será mayor o igual que 14 ($C_u \geq 14$).

El coeficiente de curvatura $C_c = D_{30}^2/(D_{10} D_{60})$, estará comprendido entre 1,0 y 3,0 ($1,0 \leq C_c \leq 3,0$).

El equivalente de arena, según UNE-EN 933-8:2000, será mayor de 45, para la fracción que pasa por el tamiz 2.

En el caso de que el subbalasto esté en contacto con una plataforma en la que el porcentaje de finos (material que pasa por el tamiz 0,063) sea mayor del 15% en peso del material que pasa por el tamiz 63, se cumplirán las dos condiciones adicionales siguientes:

1. El porcentaje de arena (material entre 2 y 0,063) será mayor del 30% del peso total de la muestra.

2. La fracción que pasa por el tamiz 0,2 estará comprendida entre el 20% y el 25% del peso total de la muestra.

Cuando la penetración de la helada pueda afectar a un cierto espesor de subbalasto, éste deberá ser insensible a ella. Para ello deberá cumplir el criterio de Casagrande siguiente:

$L_m \leq 3\%$, para $C_u \geq 15$.

$L_m \leq (13,5 - 0,7 C_u)\%$, para $5 < C_u < 15$.

$L_m \leq 10\%$, para $C_u \leq 5$.

Donde:

L_m = % de material que pasa por el tamiz 0,02 respecto del total (obtenido por sedimentometría).

2.3 Resistencia al desgaste-fragmentación.-Se deberán cumplir las siguientes condiciones:

El coeficiente de desgaste de Los Ángeles (CLA) será $< 28\%$. 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 $< 22\%$. El ensayo se realizará según Norma UNE-EN 1097-1:1997.

2.4. Permeabilidad.—El coeficiente de permeabilidad vertical del subbalasto (K), compactado al 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado, debe ser $\leq 10^{-6}$ m/s. Su determinación se hará con permeámetro de carga variable, según el procedimiento descrito en el Anejo 3. En el caso excepcional de que al realizar este ensayo se obtengan resultados persistentemente extraños, se podrán llevar a cabo estudios y ensayos alternativos que permitan obtener un coeficiente de permeabilidad representativo de la situación real.

Cuando el terreno natural y, en su caso, el terraplén sean insensibles al agua, puede prescindirse del control de permeabilidad del subbalasto.

3. Recepción

3.1 Acta de replanteo previa.—Previamente al extendido de la capa de subbalasto, el Contratista y la Dirección de Obra elaborarán un acta de replanteo, donde se recoja la verificación de los siguientes aspectos:

La adecuada geometría de la plataforma.

El buen funcionamiento de los sistemas de drenaje superficiales y profundos.

Esta revisión previa tiene como objetivo limitar al máximo las intervenciones posteriores a la puesta en obra del subbalasto, evitando posibles alteraciones en dicha capa.

3.2 Replanteo en la capa de subbalasto.—El Contratista lo realizará de forma análoga al de la capa de forma, hincando estaquillas que servirán de referencia para fijar la posición en planta y alzado mediante topografía clásica. Las estaquillas se colocarán sistemáticamente a lo largo del eje de la plataforma y en ambos bordes, con una separación máxima de 20 m, así como en los puntos singulares (cambios de geometría en planta o perfil longitudinal, ensanchamiento de la plataforma, acuerdos y transiciones, etc.) y donde determine la Dirección de Obra. Se nivelarán con una precisión de 1 mm y se tendrá cuidado de que no alteren la función impermeabilizante de la capa. Las coordenadas se obtendrán apoyándose en la red topográfica básica de la obra.

3.3 Tramos de ensayo.—Con cada tipo de material a utilizar como subbalasto, el Contratista construirá un tramo de ensayo en obra. Su objeto será la definición y puesta a punto de un procedimiento constructivo y de los medios de puesta en obra más adecuados, que permitan alcanzar las exigencias de compactación para la capa de subbalasto definitiva, definidas en el apartado 3.4 de este Pliego.

Los tramos de ensayo se realizarán sobre una capa de forma previamente recepcionada. Tendrán una longitud mínima de 100 metros y una anchura igual a la de la plataforma. En caso de no poderse ejecutar sobre la traza definitiva, la longitud mínima será de 50 m. Serán ejecutados por el Contratista y a su cargo, no siendo objeto de abono.

El Contratista recogerá la mayor información posible del proceso constructivo. Como mínimo será la siguiente:

Métodos utilizados en la carga y en el transporte de los materiales.

Número de tongadas y espesor de las mismas.

Metodología y medios de puesta en obra.

Métodos de humectación y aireación empleados para la obtención del grado de humedad óptimo.

Elección del tipo y número de compactadores a utilizar por equipo.

Velocidad y número de pasadas de cada máquina.

Además, el Contratista realizará sobre estos tramos todas las pruebas y ensayos necesarios para comprobar la calidad de su ejecución.

Los tramos de ensayo en los que se consigan unas características iguales o superiores a las exigidas, se considerarán como tramos de referencia y podrán quedar como parte integrante de la obra, siempre que lo autorice la Dirección de Obra. En caso contrario serán demolidos y retirados por el Contratista.

3.4 Control de recepción.—Los ensayos de recepción se realizarán sobre lotes situados en el centro de producción (que hayan pasado el control de producción del fabricante, y estén perfectamente delimitados y asignados al Comprador), o en acopios intermedios, y en la obra. Será realizado a iniciativa del Comprador y costado por éste.

3.4.1 Control en el centro de producción o en acopios intermedios.—Se realizará una inspección visual periódica del frente de cantera y/o de los préstamos de árido natural seleccionados, que permita controlar los eventuales cambios de origen y de calidad y homogeneidad del material.

A efectos de control, el material elaborado se dividirá en «lotes de recepción», definidos cada uno por la menor de las dos cantidades siguientes:

Volumen de 2.500 m³.

Volumen producido en una semana.

La toma de muestras y su preparación se realizará de acuerdo con las Normas UNE-EN 932-1:1997 Parte 1, y UNE-EN 932-2:1999. La muestra bruta se dividirá (reducción por divisor de muestras o por cuarteo) en al menos dos muestras de laboratorio, una para la realización de los ensayos prescritos y la otra, que quedará convenientemente almacenada y precintada, para la eventual realización de ensayos de contraste.

El plan de ensayos será el siguiente:

1. A cada lote de recepción se le realizará un «control normal», constituido por los ensayos siguientes:

Análisis granulométrico.

Equivalente de arena.

Ensayo de desgaste de Los Ángeles.

Ensayo Micro-Deval Húmedo.

Ensayo de permeabilidad, en su caso.

Contenido de materia orgánica.

Contenido de sulfatos.

Determinación del porcentaje de partículas trituradas, en los casos de mezcla de árido natural y de machaqueo.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del artículo 2. En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado, lo que dará lugar a las correcciones necesarias en el proceso de producción.

2. Cuando se hayan aceptado cinco lotes de recepción consecutivos, se podrá aplicar a los siguientes un «control reducido» consistente en:

Para cada lote:

Análisis granulométrico.

Equivalente de arena.

Por cada grupo de cinco lotes, se elegirá un lote al azar, sobre el que se realizarán, además, los ensayos adicionales siguientes:

Ensayo de desgaste de Los Ángeles.

Ensayo Micro-Deval Húmedo.

Ensayo de permeabilidad, en su caso.

Contenido de materia orgánica.

Contenido de sulfatos.

Determinación del porcentaje de partículas trituradas, en los casos de mezcla de árido natural y de machaqueo.

Las Normas y procedimientos para la realización de los ensayos serán las especificadas en el artículo 2 de este Pliego.

Los resultados de todos los ensayos deberán cumplir las exigencias del artículo 2. En caso de que un lote no cumpla alguna de ellas, el lote será rechazado, lo que dará lugar a las correcciones necesarias en el proceso de producción, y se volverá a la situación de «control normal» (punto 1), es decir, como si en este momento se iniciara la producción, empezando por el lote siguiente al último al que se le hicieron la batería completa de ensayos con resultado satisfactorio.

3.4.2 Control durante la puesta en obra.—Cada tongada de material extendido sobre la traza se dividirá en «lotes de extendido», definidos cada uno por la menor de las cantidades siguientes:

Superficie de 3.000 m².

Superficie correspondiente a una longitud de 300 m en vía única o de 200 m en vía doble.

Superficie extendida en el día.

A cada «lote de extendido», antes de su extensión, se le realizará: Un ensayo Proctor Modificado (UNE 103-501:94).

A cada «lote de extendido», una vez realizadas las pasadas de compactador previstas, se le efectuarán:

Seis ensayos de densidad «in situ» (UNE 103-503:1995) y de humedad natural (UNE 103-300:1993). Estos ensayos también podrán ser realizados por métodos nucleares de medida rápida, según normas ASTM D-2922:1971 y ASTM D-3017:1978, siempre que esté garantizada la correcta calibración de los equipos.

La media de los seis valores de densidad será mayor o igual que el 100% de la densidad máxima del Proctor Modificado obtenida en ese lote. Hasta dos de los seis valores podrán dar un resultado inferior al 100%, pero siempre superior al 98% de dicha densidad máxima.

Los ensayos de humedad tendrán carácter indicativo y no constituirán por sí solos base de aceptación o rechazo.

Una inspección visual continua del aspecto de la capa de subbalasto al paso de maquinaria pesada, con el objeto de localizar los puntos que presenten un comportamiento anormal.

Un ensayo de placa de carga, según la norma española NLT-357:1998, realizando un primer ciclo de carga, una descarga y un segundo ciclo de carga, utilizando una placa de 300 mm de diámetro.

Se cumplirá lo siguiente:

$E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$	$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$
-------------------------------	--------------------------

En el caso de no obtenerse el resultado exigido, el lote se recompactará hasta alcanzarlo. Si excepcionalmente no se consiguiera, se estudiaría el motivo y se modificarían las condiciones de los materiales, su grado de humedad o el método de compactación, debiendo retirar la capa en caso de no conseguir el nivel de compactación exigido.

La toma de muestras y los ensayos in situ se realizarán en puntos seleccionados por la Dirección de Obra mediante un muestreo aleatorio.

3.5 Tolerancias geométricas en la capa de subbalasto:

a) Nivel.—La tolerancia en el nivel de la superficie de la plataforma, previamente al extendido de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (–30, +15 mm).

Las tolerancias para la superficie del subbalasto terminada, serán las siguientes:

Nivel superior, en cualquier punto: $\pm 15 \text{ mm}$, respecto al definido en los planos del proyecto y medido según la vertical.

Las variaciones (irregularidades) al aplicar una regla de 3 m de longitud, tanto paralela como perpendicularmente al eje del ferrocarril, no serán superiores a 10 mm.

b) Espesor de la capa.—La tolerancia en el espesor de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (0, +20 mm), medida según la vertical. El espesor mínimo de la capa será de 150 mm. En el caso de capas construidas por tongadas, el espesor mínimo de tongada será también de 150 mm.

c) Ancho de la capa.—La tolerancia en el semiancho de la capa de subbalasto, respecto al definido en los planos del proyecto, estará comprendida en el intervalo (0, +50 mm), medida desde el eje hasta el borde según un plano horizontal.

d) Pendiente transversal.—La tolerancia en la pendiente transversal de la capa de subbalasto, respecto a la definida en los planos del proyecto, será de $\pm 1\%$. En ningún caso la pendiente será inferior al 3%.

Los tramos en los que se excedan estas tolerancias serán corregidos por el Contratista, a su costa. Para ello deberá escarificar en una profundidad mínima de 150 mm, añadiendo o retirando el material necesario, volviendo a compactar, rasanteando y controlando de acuerdo con el apartado 3.4.

3.6 Equipo necesario.—Para la extensión y compactación del subbalasto se necesitará un equipo mínimo constituido, normalmente, por los siguientes elementos:

Motoniveladora/s con equipo de nivelación por ultrasónicos.

Camión cuba para el riego.

Rodillos compactadores.

3.7 Requisitos previos al extendido del balasto.—Una vez terminada la capa de subbalasto debe impedirse la circulación de vehículos pesados sobre la misma. Si se produjeran roderas o deformaciones no admisibles, el Contratista deberá levantar y reponer la capa en una superficie no inferior a $6 \times 6 \text{ m}^2$, asegurando la homogeneidad del conjunto, cuidando especialmente las zonas de contacto y controlando de acuerdo con el apartado 3.4.

Previamente al extendido del balasto, si éste no se produjera inmediatamente después del acabado del subbalasto, se repetirá la comprobación del acabado superficial de éste, según lo establecido en el apartado 3.5, y efectuando las correcciones según lo expresado en el párrafo anterior.

La capa de subbalasto no podrá ser perforada, salvo para realizar las cimentaciones de los postes de electrificación y señalización, cuidando en este caso la impermeabilidad en el contacto. Tampoco podrá ser atravesada por ningún elemento de tipo canaleta, etc.

En las proximidades de obras de fábrica o tramos de vía en placa, el subbalasto podrá tratarse con cemento, en proporción no superior al 3%, para conseguir la transición entre las distintas rigideces de estos tramos y la vía sobre balasto.

4. Medición y abono

El subbalasto se medirá y abonará por m³.

En el caso de contratos de obra, en cuyo proyecto figuren unidades de suministro y colocación de subbalasto, su abono al Contratista se realizará a partir de las mediciones de las secciones transversales teóricas definidas en el proyecto. En consecuencia, no serán de abono los excesos de medición en los laterales, ni los necesarios para compensar la pérdida de espesor de las capas sub-

yacentes. El precio incluirá transporte, mano de obra, maquinaria, y cuantos medios auxiliares sean necesarios para la ejecución de esta unidad de obra.

En el caso de adquisición directa de subbalasto por la Administración, mediante contratos de suministro, su abono se realizará por m³ o toneladas realmente suministrado, medidos sobre camión o tolva, incluyendo su transporte y colocación en la zona de acopio.

ANEJO 1

Definiciones

Capa de forma.—Es la capa superior de remate y coronación de la plataforma, que se dispone en algunos casos con el fin de mejorar la capacidad portante de esta última.

Centro de producción.—Instalación donde se realiza el machaqueo, mezcla y, en su caso, preparación final de materiales para la elaboración del subbalasto, antes de su envío a obra.

Coefficiente de uniformidad (C_u).— $C_u = D_{60}/D_{10}$, siendo D_x el tamiz que deja pasar el x% de la muestra, es decir, que el x% de la muestra es de tamaño inferior al D_x .

Coefficiente de curvatura (C_c).— $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \cdot D_{60})$.

Coefficiente de Desgaste de Los Angeles (CLA).—Mide la resistencia al desgaste de los áridos naturales o procedentes de machaqueo. Es el cociente entre la diferencia de peso de la muestra inicial y del material retenido por el tamiz 1,6 mm UNE (una vez sometido a un proceso abrasivo y normalizado por medio de bolas de hierro), dividido por el peso inicial de la muestra.

Coefficiente Micro-Deval Húmedo (MDH).—Mide la fragilidad de un árido. Es el cociente entre la diferencia de peso de la muestra inicial y el del material retenido por el tamiz 1,6 mm UNE (una vez sometido a un proceso abrasivo y normalizado por medio de bolas de hierro en presencia de agua), dividido por el peso inicial de la muestra.

Comprador.—Persona física o jurídica que realiza directamente la adquisición y el abono del subbalasto al fabricante. En caso de obras contratadas se entenderá por tal el Contratista de las obras.

Contratista.—Persona física o jurídica contratada por la Administración para la realización de las obras especificadas en un Proyecto.

Control de calidad de producción.—Control interno realizado a iniciativa del fabricante y costeado por éste. Su objeto es la comprobación de la calidad del material y la realización de posibles correcciones en los procesos de fabricación.

Control de calidad de recepción.—Realizado a iniciativa del Comprador y costeado por éste. Su objeto es comprobar si los materiales adquiridos para la obra, y antes de su colocación, cumplen los requisitos establecidos en el Proyecto y en los reglamentos y normativa vigente de aplicación. Es un control de aceptación o rechazo de lotes.

Contenido de agua de un suelo (humedad), w .—Es el peso del agua intersticial dividida por el peso del suelo seco.

Dirección de Obra.—Está formada por el técnico o técnicos competentes designados por la Administración, encargados de la dirección y control de la ejecución de la obra.

Densidad seca de un suelo.—Es el peso del suelo seco dividido por el volumen total que ocupa.

Ensayo Proctor.—Relaciona las densidades secas de una muestra de suelo, sometida a un proceso de compactación, con sus diferentes grados de humedad. Para una cierta humedad, llamada humedad óptima, se obtiene el máximo de la densidad seca.

Finos de un suelo.—Elementos del suelo con diámetro menor de 0,063 mm.

Plataforma.—Estructura constituida por el terreno natural, en el caso de desmontes, o por material de aportación, en el caso de terraplenes, sobre la que se apoyan las capas de asiento de la vía y otros elementos necesarios para el funcionamiento de los trenes.

Suelo.—Agrupación natural de granos minerales que se pueden separar por medios mecánicos simples, tales como agitación en un medio acuoso. Según su contenido en materia orgánica C_o , se clasifican en:

Suelos minerales: $C_o \leq 1\%$.

Suelos que contienen elementos orgánicos: $1\% < C_o \leq 5\%$.

Suelos mixtos minero-orgánicos: $5\% < C_o < 30\%$.

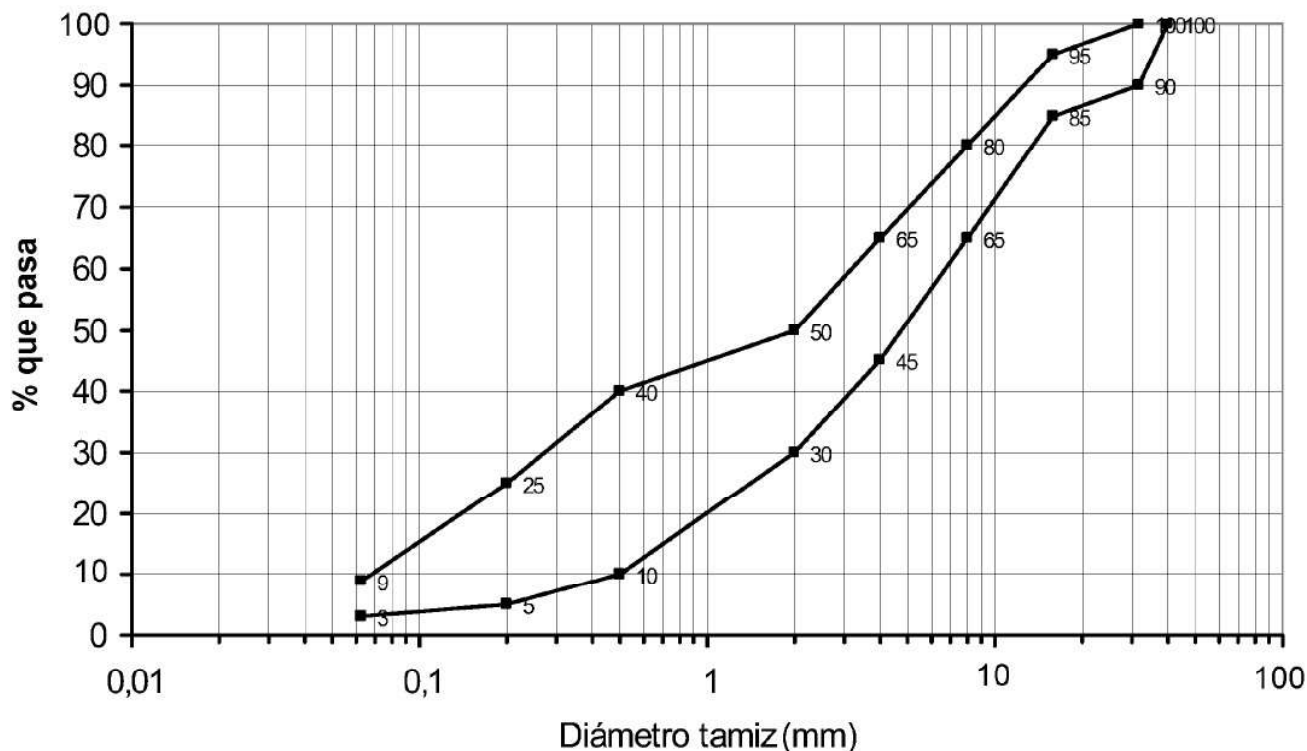
Suelos orgánicos: $C_o \geq 30\%$.

Suelos tixotrópicos.—Son aquellos que pierden resistencia tras el amasado, para luego recuperar una parte de ésta con el tiempo.

ANEJO 2

Figuras

Figura 1. HUSO GRANULOMÉTRICO DEL SUB-BALASTO



ANEJO 3

Procedimiento del ensayo de permeabilidad bajo carga variable

1. Material y aparatos

Célula que consta de un cuerpo de célula, una base perforada, una tapa superior y varillas tensoras con tuercas de mariposa. El cuerpo de célula consta a su vez de un molde y un collar como los descritos en el apartado 3, párrafo 3.º, de la norma UNE 103 502:1995 para el ensayo CBR. La base se construirá a partir de la descrita en la misma norma, practicando agujeros de 6 mm de diámetro en el lugar de cada perforación inicial, y un cajeado circular con junta de goma, del mismo diámetro que el collar, de profundidad y espesor suficientes para que dicho collar pueda encajar herméticamente en la placa perforada. La tapa consistirá en una base de compactación como la descrita en el apartado 5 de la norma UNE 103 501:1994 para el ensayo de Proctor Modificado. A dicha base se le habrá eliminado la rosca de los agujeros por los que han de pasar los tiradores; también irá provista de un cajeado circular con junta de goma para que el molde pueda encajar herméticamente y además se habrá instalado en su centro una llave de paso con boquilla roscada adecuada para conectar un tubo transparente de goma o plástico de ϕ 6 o ϕ 8 mm, aproximadamente. Cerca de la llave podrá llevar una válvula para purgar el aire.

Malla de alambre de acero inoxidable de 2 mm de luz.

Disco espaciador como el descrito en el apartado 3, párrafo 4, de la norma UNE 103 502:1995, para el ensayo CBR.

Tubería de goma o plástico transparentes de ϕ 6 o ϕ 8 mm, aproximadamente.

Tubo de vidrio en forma de «Y», con olivas, para insertar en el tubo anterior.

Pinzas de estrangulamiento tipo Hoffman.

Bureta de 50 ml con llave de vidrio, recta con franja, clase A, con error máximo de 0,05 ml. Con herramientas adecuadas se cortará la parte cónica en que acaba el tramo de tubo que va a continuación de la llave, con objeto de evitar el estrechamiento a la salida de dicha bureta y aumentar el caudal de vaciado.

Tanque de plástico de unos 10 litros de capacidad, con grifo inferior y boquilla para conectar la tubería de goma o plástico.

Soporte trípode de aro plano.

Termómetro.

Cronómetro digital con lectura de centésimas de segundo y posibilidad de tomar dos lecturas de tiempo consecutivas en un mismo recorrido.

Aparato para producir agua desaireada.

Base de compactación del molde indicada en la norma UNE 103 501:1994, para el ensayo Proctor Modificado.

Los restantes materiales y aparatos que figuran en el apartado 5 de la norma UNE 103 501:1994, para el ensayo Proctor Modificado, a partir del 2.º párrafo, salvo los tamices de 50 mm y 5 mm UNE, que no se utilizan en este ensayo.

2. Preparación de la muestra

Se procede como en el apartado 6 de la norma UNE 103 501:1994. En lugar de los 35 kg de material que pasa por el tamiz 20 mm UNE se utilizarán solo unos 12 kg y se dividirán por cuarteo en dos porciones homogéneas, aproximadamente iguales.

3. Procedimiento operativo

Al final de este procedimiento se incluyen las figuras que describen el equipo y la célula.

3.1 Montaje de la célula:

1. Se determina el diámetro medio, D , del molde, midiendo con el calibre en tres direcciones diferentes y obteniendo la media con precisión de 0,1 mm.

2. Se determina la masa en gramos, m , del molde sin el collar, con precisión de 1 g.

3. Se acopla el molde a la base de compactación del Proctor Modificado y se introduce el disco espaciador. Se mide la altura, L , de la probeta desde el disco espaciador hasta el borde superior del molde, con precisión de 1 mm.

4. Conocida la humedad del subbalasto, w_o , se toma una de las dos porciones y se añade la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima, w_{op} , correspondiente a la densidad máxima, determinada previamente mediante el Ensayo de compactación Proctor Modificado según norma UNE 103 501:1994. A continuación se mezclan el subbalasto y el agua íntimamente. Se debe evitar en estos momentos cualquier pérdida de humedad por evaporación, procediendo a la compactación con la mayor rapidez posible.

5. Se llena el molde con el collar colocado, mediante la porción de subbalasto mezclada con agua, repartida en cinco capas aproximadamente iguales, de forma que cada capa, después de compactada, quede con una altura ligeramente superior a un quinto de la altura del molde. La compactación de cada una de estas capas se realiza por medio de 60 golpes de la maza, distribuidos uniformemente. La última capa compactada debe entrar aproximadamente 1 cm en el collar superior. El molde debe colocarse sobre una base suficientemente rígida, para que no amortigüe los golpes.

6. Terminada la compactación se retira el collar y se enrasa cuidadosamente el subbalasto con el borde del molde. Se retiran también la base de compactación y el disco espaciador.

7. Se determina la masa en gramos, m_1 , del conjunto formado por el molde y el subbalasto compactado.

8. Se coloca el collar otra vez. Sobre la superficie del subbalasto se coloca un círculo hecho con malla de acero de 2 mm de luz, del mismo diámetro interno que el molde. A continuación se rellena el collar, hasta el borde y sin compactar, con un filtro fabricado con grava de tamaños entre 8 y 12 mm, que puede obtenerse a partir de otra porción de la misma muestra. Se coloca la base perforada, sobre el collar, y se ajusta todo el bloque haciendo pasar las varillas tensoras por las asas del collar y del molde y apretando después las tuercas de mariposa.

9. Se da la vuelta al conjunto, quedando por tanto la base perforada en la parte inferior. Se coloca otra malla sobre la otra cara del subbalasto y se rellena el hueco dejado por el anillo espaciador, hasta el borde y sin compactar, con otra porción del filtro descrito. Se coloca a continuación la tapa de la célula, ajustándola con las varillas y las tuercas. Por último, se aplica silicona a todas las juntas para asegurar la total hermeticidad de la célula.

10. En este momento se tiene la tapa de la célula en la parte superior y la base perforada en la inferior. Esta posición se define como célula en situación normal. Se define «célula invertida» la posición de la célula con la base perforada en la parte superior y la tapa en la inferior.

3.2 Saturación del filtro superior.—Esta operación es necesaria para, a continuación, poder saturar la muestra por presión con la célula invertida, ya que al ser la permeabilidad del subbalasto bastante baja, si no se inunda primero el filtro quedará una cámara de aire que hará que la saturación de la muestra sea muy lenta e incompleta, y muchas veces imposible.

Una vez seca la silicona (aproximadamente a las 24 horas), se desenrosca la boquilla de la llave de la tapa de la célula, se abre dicha llave y mediante una bureta (para que el caudal sea muy pequeño y pueda salir el aire al mismo tiempo), se inunda con agua desaireada el filtro de grava comprendido entre el subbalasto y la tapa de la célula. Si la tapa dispone de una segunda llave o válvula de purga, se abre ésta mientras se satura el filtro para permitir la salida de aire. De vez en cuando se procederá a inclinar la célula en distintas direcciones para que pueda penetrar bien el agua y permitir la salida del aire que haya podido quedar en las zonas próximas al borde superior de la célula. Cuando rebosa el agua por la llave y se tenga la seguridad de que no queda más aire en el filtro, lo cual suele suceder después de introducir un mínimo de 500 ó 600 ml de agua, se cierra la llave y se vuelve a enroscar la boquilla.

Si la muestra no es muy impermeable, con esta operación se saturará, además del filtro, parte de dicha muestra y el consumo de agua será mayor.

3.3 Montaje del equipo para el ensayo de carga variable:

1. Sobre un banco nivelado se coloca una bandeja y sobre ella, el soporte trípode. Sobre éste se coloca la célula invertida, manejándola siempre sin golpes ni movimientos bruscos, haciendo pasar la llave por el aro plano del trípode. A continuación se nivela la célula y se mide y anota la distancia Y_0 entre el banco y la base perforada (nivel de rebosadero) con precisión de 1 mm.

2. La bureta de 50 ml se coloca cerca de la célula con un soporte. En su salida se inserta un tubo de goma o plástico transparente que se conecta por el otro extremo a un tubo de vidrio en «Y», próximo al cual se coloca una pinza, A , de estrangulamiento. Mediante un nivel, la bureta se ajusta a la vertical y a continuación se miden y se anotan las alturas Y_1 e Y_2 , que corresponden a las distancias entre el nivel del banco y las marcas del cero (superior) y el 50 ml (inferior) de la bureta, respectivamente; también con precisión de 1 mm.

3. Se hace una marca en la escala de la bureta a una altura Y_3 (medida desde el nivel del banco), calculada del siguiente modo:

$$Y_3 = Y_0 + h_3$$

Siendo:

$$h_3 = \sqrt{h_1 \times h_2}$$
$$h_1 = Y_1 - Y_0$$
$$h_2 = Y_2 - Y_0$$

4. La altura de la bureta será tal que la distancia h_2 no sea inferior a 30 cm. A mayor altura, menores serán los tiempos que han de medirse.

5. El tanque se coloca a una altura tal que una vez lleno con agua desaireada el nivel de ésta no genere un gradiente hidráulico superior al indicado en la tabla siguiente:

Coefficiente de permeabilidad estándar esperado (m/s)	Gradiente hidráulico máximo
Entre 1×10^{-5} y 1×10^{-6}	2
Entre 1×10^{-6} y 1×10^{-7}	5
Entre 1×10^{-7} y 1×10^{-8}	10
Entre 1×10^{-8} y 1×10^{-9}	20
$< 1 \times 10^{-9}$	30

El gradiente hidráulico se calcula mediante la expresión:

$$G = \frac{H - Y_0}{127}$$

Siendo:

H = nivel del agua en el tanque respecto del nivel del banco, en mm.

Y_0 = nivel del rebosadero respecto del nivel del banco, en mm.

Si una vez realizado el ensayo, el coeficiente de permeabilidad obtenido fuera distinto al esperado, de manera que se saliera del margen correspondiente al gradiente hidráulico establecido, habría que repetir el ensayo con el gradiente correspondiente de la tabla.

6. El grifo de salida del tanque se conecta mediante tubo de goma o plástico transparente a la otra rama lateral del tubo en «Y» y cerca de éste se coloca una pinza de estrangulamiento, B.

7. El tubo de vidrio en forma de «Y» deberá situarse cerca de la llave de entrada de la célula, conectándose su rama inferior a dicha llave mediante tubo transparente con su correspondiente pinza de estrangulamiento, C, cercana al tubo en «Y».

8. Los tubos de goma deberán revisarse durante el ensayo para comprobar que no se forman codos ni estrangulamientos y que los radios de curvatura son amplios en todos los tramos.

3.4 Saturación de la muestra:

1. Se llena el tanque con agua desaireada y se coloca a la altura indicada en el apartado anterior.

2. Con la llave de la célula cerrada, se desconecta de la boquilla el tubo de goma. Se abre la llave del tanque y las pinzas B y C, en este orden; la pinza A permanece cerrada. Se deja salir agua por el extremo del tubo de goma hacia la bandeja hasta tener la seguridad de que en todo el circuito hasta el tanque, no queda aire atrapado. Entonces, sin dejar de salir agua por el tubo, se vuelve a insertar éste en la boquilla.

3. Se abre ahora la llave de la célula y se deja saturar la muestra, comprobando periódicamente la ausencia de burbujas en los tubos de goma. Deberá comprobarse también que no se formen codos ni estrangulamientos en dichos tubos.

4. Cuando empiece a salir agua a través de la placa perforada dejamos que continúe la saturación hasta que el agua salga por todos los agujeros durante unos minutos.

5. Se cierra la pinza C para comenzar el ensayo.

3.5 Ejecución del ensayo:

1. Se repone el agua gastada en el tanque.

2. Se eleva ahora el tanque hasta una altura tal que el nivel del agua quede por encima del nivel superior de la bureta.

3. Con la llave del tanque y la pinza B abiertas y la C cerrada, abrimos la pinza A. A continuación vamos abriendo poco a poco la llave de la bureta y dejando entrar agua en ésta, cuidando de que no se originen burbujas de aire en los tubos. Cuando la bureta esté llena hasta rebosar cerramos su llave.

4. Se cierra la pinza B y se abre la C.

5. Se abre la llave de la bureta al máximo y se pone en marcha el cronómetro cuando se alcance el nivel h_1 (cero de la bureta). Cuando se alcance el nivel h_3 se mide y anota el tiempo, t_a , y se detiene el cronómetro al alcanzar el nivel h_2 . Se anota el tiempo total, t en minutos. Todos los tiempos se medirán con una precisión de al

menos décimas de segundo y luego se convertirán a minutos con cuatro decimales.

6. Se cierra la llave de la bureta y se mide la temperatura del tanque.

7. Se cierra la pinza C para volver a repetir todos los pasos de este apartado hasta hacer un mínimo de cuatro medidas de t_a y t consecutivas.

8. Una vez cumplidos los requisitos de validez de las medidas descritos en el apartado 4, se desmonta la célula, se guarda el filtro y se extrae el subbalasto del cuerpo de la célula, lavando la pared interior para recoger todo el material. Se seca en estufa a 115 °C, se deja enfriar y se pesa. Se anota la masa seca, m_2 , en gramos.

4. Cálculos y comprobación de la validez de las medidas

En cada descenso, el tiempo de caída del agua desde h_1 hasta h_3 , o sea, t_a , debería ser el mismo que desde h_3 a h_2 , al que se designa como t_b . Por tanto, se repetirán los ensayos en los que no se cumpla la condición:

$$|t_a - t_b| < 0,05 \times t$$

Una vez que se tengan un mínimo de cuatro medidas válidas según la condición anterior, se calculará para cada ensayo, el Coeficiente de Permeabilidad, k , a la temperatura del ensayo, mediante la expresión:

$$k = 3,84 \times 10^{-5} \times [a \times L / (A \times t)] \times \log_{10} (h_1/h_2) \quad [\text{m/s}]$$

Siendo:

A: superficie de la sección interna de la célula, en mm^2 ; $A = \pi \times D^2/4$.

L: altura de la probeta de subbalasto en la célula, en mm.

a: superficie de la sección interna de la bureta, en mm^2 ; $a = 50000/H$.

H: distancia entre las marcas de 0 y 50 ml en la bureta, en mm.

t: tiempo de descenso entre marcas de 0 y 50 ml en la bureta, en minutos

A continuación se calcula, para cada ensayo, la k_{20} (coeficiente de permeabilidad estándar, a 20 °C) mediante la expresión:

$$k_{20} = k \times c$$

El factor de corrección c , por viscosidad, se toma de la tabla siguiente:

T (°C)	c	T (°C)	c
0	1,80	16	1,12
1	1,73	17	1,09
2	1,67	18	1,06
3	1,61	19	1,03
4	1,55	20	1,00
5	1,50	21	0,98
6	1,46	22	0,95
7	1,42	23	0,93
8	1,38	24	0,91
9	1,34	25	0,89
10	1,30	26	0,87
11	1,27	27	0,85
12	1,24	28	0,83
13	1,20	29	0,82
14	1,17	30	0,80
15	1,14		

Donde T es la temperatura del ensayo.

Se calcula ahora la desviación estándar, s , a partir de las k_{20} calculadas para cada medida de t , mediante la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_{20,i} - k_{20, prom})^2}{n-1}}$$

Donde $k_{20,i}$ es la k_{20} de la medida i ; n es el n.º total de medidas de t ; $k_{20, prom}$ es la media de esas medidas.

Se calcula el Límite de Confianza, LC , del valor de $k_{20, prom}$ para un Nivel de Confianza del 95%, por medio de la expresión:

$$LC = \pm f \times s$$

Donde f es un coeficiente de la distribución de la variable de Student, que se toma de la siguiente tabla, según el número n de medidas realizadas:

n	f	n	f
4	1,591	13	0,604
5	1,242	14	0,577
6	1,049	15	0,554
7	0,925	16	0,533
8	0,836	17	0,514
9	0,769	18	0,497
10	0,715	19	0,482
11	0,672	20	0,468
12	0,635		

Una vez calculado LC pueden darse dos casos:

a) Que LC , en valor absoluto, sea mayor que $1,4 \times 10^{-(p+1)}$, donde $p+1$ es el exponente que, con signo negativo, figura en el valor de $k_{20, prom}$ cuando éste se expresa con dos cifras significativas (unidades mayores que cero y décimas) seguidas de la potencia 10^{-p} (por ejemplo si $k_{20, prom} = 2,4 \times 10^{-7}$, entonces $p = 7$ y $LC \geq 1,4 \times 10^{-8}$):

En este caso, las medidas realizadas no son suficientes y por tanto habrá que realizar más para aumentar n , o bien, repetir el ensayo con otra muestra.

b) Que LC , en valor absoluto, sea igual o menor que $1,4 \times 10^{-(p+1)}$:

En este caso las medidas son suficientes y se toma $k_{20, prom}$ como valor del coeficiente de permeabilidad de la primera porción de muestra, con dos cifras significativas y expresado en m/s.

5. Ensayo de la segunda porción de muestra

Con la otra porción del material pasado por el tamiz 20 mm UNE, se realiza un segundo ensayo siguiendo todos los pasos descritos desde el punto 3.

6. Ensayo en vacío (sin muestra)

Antes de realizar ensayos con muestras de subbalasto deben realizarse al menos tres ensayos en vacío (sin muestra) para determinar el Coeficiente de Permeabilidad del sistema bureta-tubos-conexiones, $(k_{20})_b$, que deberá ser muy superior al de las muestras de subbalasto.

Para ello, en cada ensayo se rellena la célula con grava de la misma granulometría y procedencia que el filtro descrito en el apartado 3.1. Se realiza el resto del ensayo y se calcula $(k_{20})_b$ siguiendo los pasos descritos en los puntos 3 y 4.

Se tomará como valor final de $(k_{20})_b$ el promedio de los obtenidos en los ensayos en blanco realizados.

El valor de $(k_{20})_b$ deberá ser lo suficientemente grande como para que no influya en el valor final de la k_{20} de la muestra, para los valores normales de la permeabilidad en los subbalastos. En caso contrario deberemos aumentar la permeabilidad del sistema colocando llaves, boquillas y tuberías con diámetros internos mayores.

7. Obtención del coeficiente de permeabilidad y expresión de los resultados

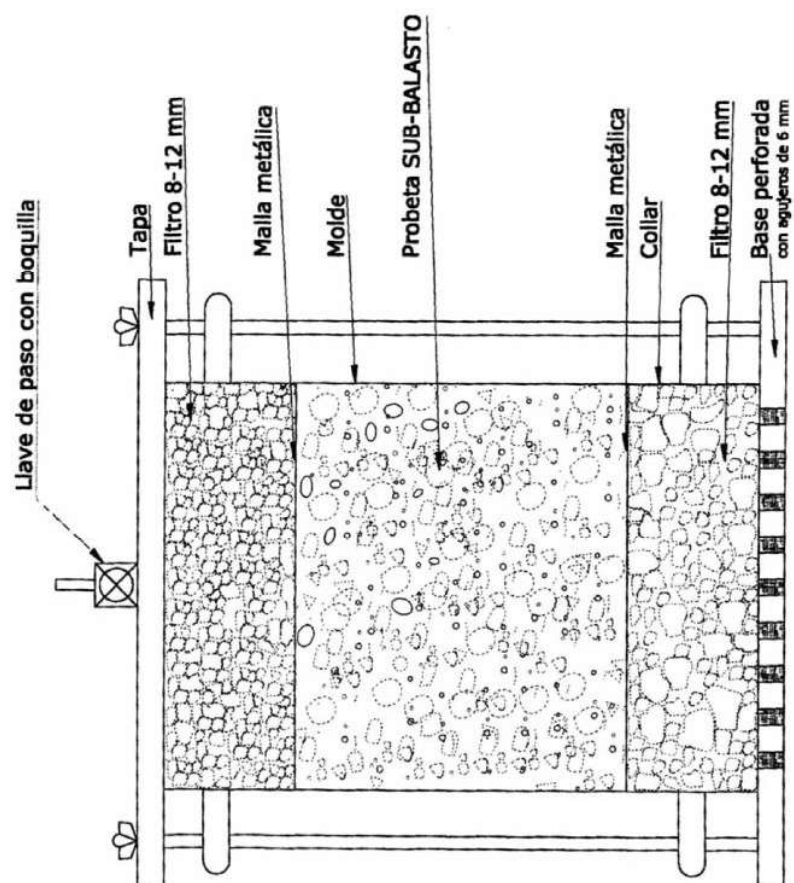
Se calcula el coeficiente de permeabilidad del ensayo $(k_{20})_e$ como media aritmética de los coeficientes de permeabilidad promedios de ambas porciones de muestra $(k_{20})_1$ y $(k_{20})_2$, respectivamente.

$$(k_{20})_e = [(k_{20})_1 + (k_{20})_2]/2$$

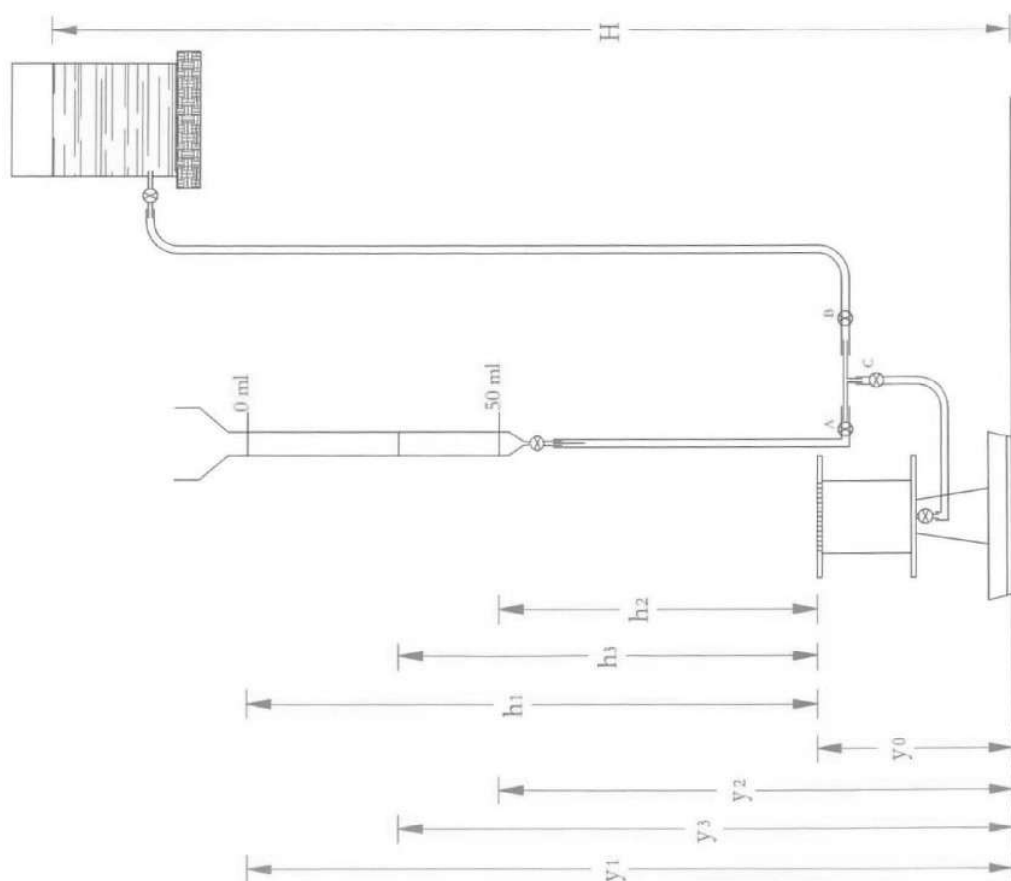
Por último calcularemos el Coeficiente de Permeabilidad real de la muestra, k_{20r} , mediante la expresión:

$$k_{20} = (k_{20})_e \times (k_{20})_b / [(k_{20})_b - (k_{20})_e]$$

El resultado se expresa en m/s y con dos cifras significativas, según lo expuesto en el apartado 4.



Célula de permeabilidad



Equipo de Permeabilidad con Carga Variable

ANEJO 4
Normas UNE relacionadas

Código	Denominación	Validez desde
UNE-EN 933-5:1999	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 5: Determinación del porcentaje de caras de fractura de las partículas de árido grueso.	26-02-1999
UNE 103204:1993	Determinación del contenido de materia orgánica oxidable de un suelo por el método del permanganato potásico.	19-02-1993
UNE 103201:1996	Determinación cuantitativa del contenido en sulfatos solubles de un suelo.	20-05-1996
UNE-EN 933-1:1998	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado.	14-04-1998
UNE-EN 933-8:2000	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.	31-03-2000
UNE-EN 1097-2:1999	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.	22-03-1999
UNE-EN 1097-1:1997	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval).	16-01-1997
UNE-EN 1097-1/A1:2004	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 1: Determinación de la resistencia al desgaste (Micro-Deval).	24-12-2004
UNE-EN 932-1:1997	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.	10-02-1997
UNE-EN 932-2:1999	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de muestras de laboratorio.	29-11-1999
UNE 103501:1994	Geotécnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.	24-02-1994
UNE 103503:1995	Determinación «in situ» de la densidad de un suelo por el método de la arena.	19-06-1995
UNE 103300:1993	Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa.	12-02-1993
UNE 103502:1995	Método de ensayo para determinar en laboratorio el índice C.B.R. de un suelo.	19-06-1995
UNE 103501:1994	Geotécnia. Ensayo de compactación. Proctor modificado.	24-02-1994