



ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS

NAV 3-4-0.2

BALASTO

CONTROL DE CALIDAD. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS

4ª EDICIÓN: Enero de 2007

ADIF

Balasto.

Control de calidad. Toma de muestras y ensayos.

ADAPTADA AL PLIEGO PF-6 DEL MINISTERIO DE FOMENTO
Y LAS NORMAS UNE-EN 13450 Y UNE 146147

NAV 3-4-0.2

EQUIPO REDACTOR

- *Dirección de Calidad, Medio Ambiente y Sistemas de Información (Dirección Ejecutiva de Mantenimiento de Infraestructura)*

BALASTO.- CONTROL DE CALIDAD. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS

ÍNDICE	Página
1. Introducción	1
1.0. Exposición general	1
1.1. Objeto de la norma.....	1
1.2. Campo de aplicación	2
1.3. Vigencia.....	2
1.4. Documentación derogada.....	2
1.5. Método de exposición del documento.....	2
2. Recogida de muestras de balasto	3
2.0. Consideraciones generales.....	3
2.1. Dominio de aplicación.....	3
2.2. Principios del muestreo.....	3
2.2.1. Ensayos de autocontrol de calidad realizados por el contratista de la cantera	4
2.2.2. Control de calidad del balasto para el mantenimiento de la vía	4
2.2.3. Control de calidad del balasto para renovaciones y duplicaciones de vía.....	4
2.2.3.1. Control de calidad para balasto contratado por gestión directa.....	4
2.2.3.2. Control de calidad para balasto contratado como unidad de obra	4
2.3. Muestras unitarias, muestras globales y muestras para ensayo o de laboratorio	5
2.3.1. Muestra unitaria	5
2.3.2. Muestra global	5
2.3.3. Muestra para ensayo o de laboratorio	5
2.4. Procedimiento de toma de muestras	5
2.5. Aparatos de muestreo: herramientas, equipos y enseres necesarios para realizarlo.....	6
2.5.1. Generalidades	6
2.5.2. Pala de mano de punta redonda (Fig. 2.5.2)	6
2.5.3. Cepillo de recogida de finos (Fig. 2.5.3)	6
2.5.4. Pala cuadrada de bordes altos (Fig. 2.5.4)	6
2.5.5. Aparatos de muestreo mecánico	6
2.5.6. Superficie de muestreo y cuarteo	7
2.5.7. Cuarteador metálico (Divisor de Corredores) (Fig. 2.5.7) (Foto 2.5.7 a y b)	7
2.5.8. Rastrillo y pico (Fig. 2.5.8.a y 2.5.8.b)	7
2.5.9. Sacos para muestras de balasto (Foto 2.5.9)	8
2.5.10. Espuertas de goma.	8
2.6. Lugares preferentes de muestreo	8
2.6.1. Toma de muestras de autocontrol en cantera: en cinta de producción.....	8
2.6.2. Toma de muestras para control de inspección de suministros por la administración ferroviaria	10
2.6.2.1. En acopios de cantera o estación	10
2.6.2.2. En tolva o silo de cantera.....	11
2.6.2.3. En vagones tolva o camiones	12
2.6.3. Toma de muestras en vía	13

3.	El cuarteo de la muestra.....	14
3.0.	Consideraciones generales.....	14
3.1.	Cuarteo mediante cuarteador metálico.....	15
3.2.	Cuarteo manual sin cuarteador metálico.....	16
4.	Precintado y desprecintado de los sacos de muestras.....	17
5.	Ensayos de control de calidad.....	17
5.0.	Consideraciones generales.....	17
5.1.	Preparación de la muestra para ensayos de laboratorio.....	19
5.2.	Homogeneidad del balasto.....	19
5.2.1.	Consideraciones.....	20
5.2.2.	Objeto y campo de aplicación.....	20
5.2.3.	aparatos y material necesarios.....	20
5.2.4.	Preparación de la muestra.....	21
5.2.5.	Procedimiento operativo.....	21
5.2.6.	Cálculo y expresión de los resultados.....	21
5.3.	Ensayo de determinación de espesor mínimo de elementos granulares.....	22
5.3.1.	Consideraciones generales.....	22
5.3.2.	Objeto y campo de aplicación.....	22
5.3.2.1.	Porcentaje de material que pasa por el tamiz de barras de 25 mm y es retenido por el tamiz de 16 mm (EM ₂₅₋₁₆).....	22
5.3.2.2.	Porcentaje que pasa el tamiz de barras de 16 mm (EM _{<16}).....	22
5.3.3.	Aparatos y materiales necesarios.....	23
5.3.4.	Preparación de la muestra.....	23
5.3.5.	Procedimiento operativo.....	23
5.3.6.	Cálculo y expresión de resultados.....	23
5.3.6.1.	Porcentaje de masa que pasa por el tamiz de barras de 25 mm y es retenida por el tamiz de barras de 16 mm.....	23
5.3.6.2.	Porcentaje de masa que pasa por el tamiz de barras de 16 mm.....	24
5.4.	Ensayo de determinación de elementos aciculares y lajosos (índice de forma).....	24
5.4.1.	Consideraciones generales.....	24
5.4.2.	Objeto y campo de aplicación.....	24
5.4.3.	Aparatos y materiales necesarios.....	25
5.4.4.	Preparación de la muestra.....	25
5.4.5.	Procedimiento de ensayo.....	25
5.4.6.	Cálculo y expresión de resultados.....	26
5.5.	Ensayo de determinación de elementos cuya longitud máxima es igual o mayor de 100 mm.....	26
5.6.	Análisis granulométrico del balasto.....	26
5.6.1.	Consideraciones generales.....	26
5.6.2.	Objeto y campo de aplicación.....	27
5.6.3.	Normas para consulta.....	27
5.6.4.	Equipo: aparatos y material necesario.....	27
5.6.5.	Preparación de la muestra.....	28
5.6.6.	Procedimiento operativo.....	28
5.6.7.	Cálculo y expresión de resultados.....	29
5.6.8.	Métodos de verificación de tamices de chapa perforada.....	29

5.7.	Ensayo de limpieza de balasto	30
5.7.1.	Consideraciones.....	30
5.7.2.	Partículas finas.....	30
5.7.2.1.	Objeto y campo de aplicación	30
5.7.2.2.	Aparatos y material necesario.....	30
5.7.2.3.	Preparación de la muestra	31
5.7.2.4.	Método operativo	31
5.7.2.5.	Cálculo y expresión de resultados.....	31
5.7.3.	Finos (polvo).....	31
5.7.3.1.	Objeto y campo de aplicación	31
5.7.3.2.	Aparatos y material necesario.....	32
5.7.3.3.	Preparación de la muestra	32
5.7.3.4.	Método operativo	32
5.7.3.5.	Cálculo y expresión de resultados.....	32
5.8.	Ensayo de resistencia a la fragmentación (coef. de desgaste “Los Ángeles”, C.L.A.)	33
5.8.1.	Consideraciones.....	33
5.8.2.	Objeto y campo de aplicación	33
5.8.3.	Normas para consulta	33
5.8.4.	Aparatos y materiales necesarios	34
5.8.5.	Procedimiento de ejecución.....	35
5.8.5.1.	Fundamento del método.....	35
5.8.5.2.	Preparación de la muestra para el ensayo de balasto (fracciones: 31,5 - 40mm y 40 - 50mm UNE)	35
5.8.5.3.	Procedimiento operativo	36
5.8.6.	Cálculo y expresión de los resultados	36
6.	El autocontrol de calidad realizado en cantera	37
6.0.	Consideraciones generales.....	37
6.1.	Introducción.....	37
6.2.	Organización	37
6.2.1.	Responsabilidad y autoridad.....	37
6.2.2.	Representante de la dirección para el control de calidad de balasto en planta	37
6.2.3.	Revisión de la dirección.....	38
6.2.4.	Control de la documentación	38
6.2.5.	Servicios contratados	38
6.3.	Procedimientos de control	38
6.4.	Conocimiento de las materias primas.....	38
6.5.	Dirección de la Producción	38
6.6.	Inspección y ensayo.....	39
6.6.1.	Introducción.....	39
6.6.2.	Especialista en control de calidad autorizado por Adif.....	39
6.6.3.	Equipo	39
6.6.4.	Frecuencia y localización de la inspección, muestreo y ensayos	41
6.7.	Archivos	41
6.8.	Control del balasto no conforme.....	41
6.9.	Manipulación, acopio y acondicionamiento en las áreas de producción	42
6.10.	Formación del personal	42
6.11.	Responsabilidades y medidas a tomar en caso de reclamación	42

7. ensayos contradictorios de control de calidad43

I. Definiciones

II. Documentos relacionados con la presente Norma

ANEJO I. Abreviaturas y siglas

ANEJO II. Figuras

ANEJO III. Fotos

1. INTRODUCCIÓN

Todas las canteras que pretendan fabricar y suministrar cualquier tipo de balasto para la Red Ferroviaria Nacional, deberán estar en posesión del Distintivo de Calidad Adif. El otorgamiento de dicho distintivo lo realiza la Jefatura de Geotecnia de la Dirección de Calidad, Medio Ambiente y Sistemas de Información de Adif (en lo sucesivo Jefatura de Geotecnia de Adif), previa comprobación de que dichas canteras cumplen las prescripciones geotécnicas, de fabricación, administrativas y de calidad que se contemplan en la Norma NAV 3-4-0.1, 2ª Ed. "Balasto. Canteras Suministradoras. Prescripciones Geotécnicas y de Instalaciones de Fabricación" y en el Pliego, PAV 3-4-0.0/7ª Ed, "Balasto. Pliego de Prescripciones Técnicas para el Suministro y Utilización del Balasto". Asimismo, una vez conseguido dicho distintivo de calidad, las canteras son inscritas en el catálogo y mapa de canteras suministradoras, donde se refleja el tipo de balasto que las mismas están facultadas para fabricar y suministrar.

Por otro lado, debido a la enorme importancia que Adif concede al control de calidad del balasto, la Jefatura de Geotecnia ha creído necesario editar la presente Norma NAV 3-4-0.2./4ª Ed, "Balasto. Control de Calidad. Toma de Muestras y Ensayos", adaptada en todo lo necesario, al igual que las dos anteriores, a la Norma Europea, UNE-EN 13450, "Áridos para Balasto"; y a la Norma, UNE 146147. "Áridos para Balasto. Especificaciones adicionales".

1.0. EXPOSICIÓN GENERAL

En base a lo expuesto en el párrafo anterior, se deduce que para proporcionar a la superestructura de la vía del ferrocarril las características idóneas de estabilidad, flexibilidad, drenaje y durabilidad, es fundamental en las obras de construcción, mantenimiento o renovación de la misma, utilizar un balasto homogéneo y de una calidad tal, que reúna las propiedades tanto físicas como de forma, que se contemplan en el mencionado Pliego de Prescripciones Técnicas para el Suministro y Utilización del Balasto; PAV 3-4-0.0 (7ª edición).

Al ser el balasto un material pétreo granular expuesto a múltiples factores de deterioro desde su fabricación, manipulación y transporte hasta su puesta en obra, es evidente la necesidad de establecer para el mismo un sistema de control de calidad permanente, mediante el cuál se consiga mantener en todo momento las cualidades que debe poseer. Para ello, teniendo en cuenta que Adif es de ámbito nacional y que los laboratorios que tienen opción a dichos controles de calidad del balasto para las Administraciones Ferroviarias son cada vez más numerosos, la Jefatura de Geotecnia de Adif, ha creído conveniente editar la presente Norma NAV 3-4-0.2/4ª Ed, «Balasto. Control de Calidad. Toma de muestras y ensayos», en la que se exponen con criterios de unificación, sencillez y economía, los procedimientos operativos más importantes que se deben seguir relativos, tanto a la sistemática de recogida de muestras o muestreo de balasto, como a los ensayos posteriores que se han de realizar. Se considera que la operación de control más importante que se debe realizar sobre dichas. La correcta ejecución de ambas operaciones se considera igual de importante, pero hay que tener presente que la información obtenida de los ensayos posteriores será tan representativa como lo hayan sido las muestras sobre las que se han realizado.

1.1. OBJETO DE LA NORMA

El objeto de la presente Norma es proporcionar los criterios que se deben utilizar en:

- La recogida de muestras de balasto en los diferentes puntos de muestreo.
- El cuarteo, ensacado, precintado y transporte a laboratorio de dichas muestras, y las técnicas operativas y ensayos a que deben someterse las mismas para el control de calidad de los suministros de balasto.

1.2. CAMPO DE APLICACIÓN

Las prescripciones de la presente Norma son de aplicación a todas las fuentes, actuales o futuras, de suministro de balasto para las vías explotadas por Adif en las diferentes Líneas Ferroviarias, tanto si son para alta velocidad (≥ 200 km/h), como para la red convencional (< 200 km/h) y tanto si el mismo se contrata como unidad de obra, en actuaciones soportadas presupuestariamente por Adif o el Ministerio de Fomento, como si dicho suministro se efectúa por gestión directa de Adif o a través de otras organizaciones dependientes del Ministerio de Fomento o cualquier Administración Pública, Estatal o Autonómica.

Por otra parte, merece especial mención el hecho de que sólo podrá utilizarse balasto legalmente comercializado en estados miembros de la Unión Europea o bien que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, 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, además del Distintivo de Calidad Adif, del marcado CE. Por ello, las canteras suministradoras 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.

1.3. VIGENCIA

Esta Norma estará vigente a partir del día de su publicación.

1.4. DOCUMENTACIÓN DEROGADA

A partir de la entrada en vigor de esta Norma queda sin efecto cualquier otro documento publicado con anterioridad a ella, que se oponga a sus prescripciones o a sus definiciones.

1.5. MÉTODO DE EXPOSICIÓN DEL DOCUMENTO

El presente texto sigue el siguiente método expositivo:

Primero se describe el procedimiento para la recogida de muestras, su cuarteo y ensacado. Seguidamente, se describen las operaciones a aplicar sobre las muestras tomadas, con el fin de asegurar y legalizar la recogida de muestras de un determinado suministro de cantera. Más adelante, se describen en detalle los ensayos a realizar en el control de calidad de los suministros de balasto. Por último se incluye una guía básica del autocontrol de calidad a realizar en cantera por la empresa productora y los ensayos del control de inspección a realizar por Adif o por los laboratorios encargados por Adif.

El texto incluye en sus anejos las abreviaturas y siglas empleadas, la terminología utilizada, los documentos relacionados con la Norma y las figuras explicativas.

2. RECOGIDA DE MUESTRAS DE BALASTO

2.0. CONSIDERACIONES GENERALES

A fin de comprobar la calidad del balasto (árido grueso de tamaños 31,5 - 63 mm) será necesario realizar, siempre que las circunstancias lo requieran, las oportunas recogidas de muestras representativas de dicho material para, mediante los resultados de los ensayos posteriores, obtener la información más detallada posible, tanto de forma como de las propiedades geotécnicas que se prescriben en el vigente Pliego Adif Vía, PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

2.1. DOMINIO DE APLICACIÓN

El presente capítulo recoge el procedimiento que debe seguirse para la recogida de muestras de balasto, en las instalaciones de producción del mismo, en los silos o acopios en canteras y cargaderos de estaciones, en camiones o vagones-tolva de composiciones ferroviarias y en la banqueta de la vía.

El objetivo del muestreo es obtener muestras unitarias, o individuales, que sean representativas de un lote, a fin de realizar el control de calidad del balasto comprendido en dicho lote. En virtud de los resultados obtenidos en los ensayos posteriores realizados, se podrá aplicar la Penalización por Incumplimiento Tolerado (P.I.T.), que mensualmente se impone sobre las certificaciones de suministro de balasto para el mantenimiento de la infraestructura ferroviaria.

Así pues, en el presente capítulo se describe el método a seguir para la obtención de un conjunto de muestras unitarias representativas de un determinado acopio o lote de balasto y la preparación de muestras para ensayo a partir de dicho conjunto de muestras unitarias.

Este método esta basado en un procedimiento manual si bien también es posible utilizar un procedimiento mecanizado y automático.

El presente apartado de esta Norma se basa en la Norma UNE-EN 932-1, "Ensayo de las propiedades generales de los áridos Parte 1: Métodos de muestreo"; así como en el Anejo 2 "Direction for sampling railway ballast" de la norma "Technical specifications for railway ballast" de junio de 1995, preparado por el CEN/TC 154/SC4/Ad Hoc Ballast; en la norma NLT - 148/72, del Laboratorio de Transporte «Toma de muestras de roca, escorias, grava, arena, filler y bloques de piedra empleados como materiales de construcción de carreteras»; en los apartados 4.1 y 4.4.1 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición). "Pliego de Prescripciones Técnicas para el suministro y utilización de balasto".

2.2. PRINCIPIOS DEL MUESTREO

Un muestreo ejecutado correctamente, es la operación previa obligatoria para que un análisis de control de calidad de balasto dé unos resultados fiables. El uso correcto de los aparatos específicos reduce sensiblemente el sesgo en la toma de muestras.

Se reducen a un nivel aceptable las desviaciones debidas a la heterogeneidad del lote, si se procede a recoger un número suficiente de muestras unitarias.

Debido a que el objetivo final de la recogida de muestras es controlar la calidad del balasto suministrado, el sistema de toma de muestras se adaptará a la secuencia de suministros, que, a su vez, dependerá de la necesidad de utilización final del balasto.

2.2.1. ENSAYOS DE AUTOCONTROL DE CALIDAD REALIZADOS POR EL CONTRATISTA DE LA CANTERA

A fin de realizar los ensayos de autocontrol previstos en el apartado 4.2 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición), el contratista mantendrá una organización propia en cantera, que le permitirá, mediante la utilización de los equipos necesarios, controlar las operaciones de fabricación y la calidad del balasto que produce. Para ello habrá de tomar muestras de balasto en la cinta de producción, con la frecuencia indicada en el citado PAV.

2.2.2. CONTROL DE CALIDAD DEL BALASTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA VÍA

Debido al carácter de los suministros de balasto en el mantenimiento de vía, será necesario recoger al menos, en cada cantera, dos muestras para ensayo cada mes, que se formarán mediante las muestras unitarias, que podrán ser tomadas en silo de cantera; acopios de cantera o de estación; y en vagones-tolva o camiones. Con los resultados obtenidos, una vez ensayadas, se realizará el oportuno cálculo mensual de la Penalización por Incumplimiento Tolerado (P.I.T.).

2.2.3. CONTROL DE CALIDAD DEL BALASTO PARA RENOVACIONES Y DUPLICACIONES DE VÍA

Debido al carácter discontinuo y al gran volumen de suministros, el sistema de control será complementario del sistema P.I.T. para mantenimiento, con dos variantes, dependiendo del tipo de contratación del suministro de balasto efectuado por el ente público responsable de la obra.

2.2.3.1. CONTROL DE CALIDAD PARA BALASTO CONTRATADO POR GESTIÓN DIRECTA

Cuando la contratación del balasto sea por gestión directa, el sistema de control se integra dentro del sistema P.I.T. normalizado realizado por Adif, con una intensificación de los muestreos y ensayos proporcional a los volúmenes mensuales de suministros.

2.2.3.2. CONTROL DE CALIDAD PARA BALASTO CONTRATADO COMO UNIDAD DE OBRA

Cuando la contratación de balasto sea por unidades de obra, se establecerá para cada cantera suministrante, un sistema homologado "ad hoc" de toma de muestras y ensayos coordinado entre el responsable del sistema P.I.T. mensual normalizado y el responsable de control de calidad de la obra respectiva.

A este fin, y en virtud de los resultados obtenidos en los ensayos, la implementación del P.I.T. se coordinará teniendo en cuenta la efectiva aplicación del P.I.T. por lotes (acopio de estación o cantera, o en trenes cargados), de acuerdo con el sistema de pago de certificaciones. A efectos de aplicar las penalizaciones, se adaptará el sistema de control de calidad al sistema de abonos de certificaciones realizado, ya sea temporal o por cantidades suministradas.

Las muestras unitarias deben ser recogidas al azar en el lote de balasto que va a representar la muestra global. Una zona de balasto sobre la cual no se ha podido tomar alguna muestra unitaria (porque no es accesible o por otra razón práctica) no debe ser considerada como perteneciente al conjunto representado por la muestra global.

2.3. MUESTRAS UNITARIAS, MUESTRAS GLOBALES Y MUESTRAS PARA ENSAYO O DE LABORATORIO

2.3.1. MUESTRA UNITARIA

Se denomina muestra unitaria de balasto a una cantidad del mismo no inferior a 40 kg (con el fin de unificar los criterios de toma de muestras, se tomarán entre 40 y 50 kg de muestra), recogida sobre una determinada zona de acopio o parte de un lote de dicho material en una operación de muestreo. Su principal requisito es que dicha cantidad ha de ser representativa del conjunto parcial de dicha zona de acopio que se quiere analizar, es decir, que los fragmentos de piedra machacada que la componen han de tener análogas características de forma (granulometría), de homogeneidad y de resistencia a la fragmentación (Coef. De Desgaste "Los Ángeles") que la media de dicho conjunto parcial.

2.3.2. MUESTRA GLOBAL

También llamada colectiva. Es la reunión o mezcla de las muestras unitarias recogidas en las diferentes zonas que delimitan el acopio considerado, o en el lote de fabricación previsto, previa al cuarteo.

2.3.3. MUESTRA PARA ENSAYO O DE LABORATORIO

Es la muestra obtenida a partir de una muestra global mediante un proceso de reducción por cuarteo. En las operaciones de control de inspección, la muestra global se dividirá, por cuarteo, en tantas partes, supuestamente iguales, como muestras unitarias la compongan (generalmente cuatro), pudiendo seleccionar para muestra de ensayo cualquiera de dichas partes. Las restantes se conservarán, por conveniencia propia, para posibles ensayos contradictorios. Lógicamente, el peso de cada una de ellas deberá estar comprendido entre 40 y 50 kg).

La muestra para ensayo será representativa del acopio total o de la parte del acopio considerada, ya que procede del cuarteo de todas las muestras unitarias extraídas del mismo o de las extraídas en dicha parte.

A efectos del P.I.T., de cada muestra global, una vez cuarteada, habrán de separarse al menos tres muestras para ensayo precintadas. Dos de ellas se llevarán al laboratorio, para su análisis y archivo respectivamente y una tercera permanecerá en la cantera precintada. Una cuarta muestra de acopio no precintada se pondrá a disposición del contratista, si éste la solicita previamente al muestreo.

2.4. PROCEDIMIENTO DE TOMA DE MUESTRAS

El procedimiento de toma de muestras debe ser planificado antes de su ejecución, teniendo en cuenta la naturaleza, uniformidad y dimensiones del acopio, las circunstancias locales, las producciones de balasto desde la última toma de muestras y el objetivo del muestreo. Dicho procedimiento ha de tener en cuenta:

- El tipo de árido: Balasto.
- El objetivo del muestreo, para las propiedades a controlar:
 - Toma de muestras ordinarias (unitarias y para ensayo).
 - Toma de muestras para el ensayo de homogeneidad.

Si el laborante encargado de la toma de muestras observase, de visu, que el acopio donde pretende tomar la muestra podría contener una importante cantidad de elementos meteorizados o

blandos (mayor del 5% en peso), además de las muestras de ensayo ordinarias, recogerá a mano, por toda la superficie del acopio unos 30 kg de esta clase de elementos alterados o blandos, a fin de realizar en el laboratorio el ensayo de homogeneidad. Dichos 30 kg serán convenientemente cuarteados con objeto de obtener dos muestras de 15 kg cada una, una de las cuales se enviará al laboratorio para su posible ensayo y la otra se dejará en cantera por si procediera un ensayo contradictorio. Si el laborante considerase que no existe suficiente porcentaje de material alterado o blando, o que su cantidad es claramente inferior al 5% (en una muestra unitaria de 40 a 50 kg, 2 a 2,5 kg de material alterado o blando del total de la muestra unitaria), no habrá de recoger la muestra de 30 kg de dicho material. Si el laborante tuviera dudas acerca del porcentaje del 5% de material alterado, recogerá la muestra de 30 kg.

- La identificación de los puntos de muestreo del acopio.
- La masa de las muestras unitarias: 40-50 kg.
- Los aparatos y equipos a utilizar en la recogida de las muestras y en el cuarteo.
- Los métodos de muestreo y reducción de muestras por cuarteo.
- El embalaje o ensacado, etiquetado, precintado y expedición de las muestras.

2.5. APARATOS DE MUESTREO: HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y ENSERES NECESARIOS PARA REALIZARLO

2.5.1. GENERALIDADES

Los artículos y figuras 2.5.2 a 2.5.4 muestran las exigencias generales que deben satisfacer los aparatos de muestreo, así como sugerencias de modelos. En todos los casos la medida W de la abertura debe ser al menos tres veces la dimensión teórica más grande del balasto $D = 63$ mm, es decir, deberá ser superior a 190 mm.

2.5.2. PALA DE MANO DE PUNTA REDONDA (FIG. 2.5.2)

La longitud L y la anchura W, deben ser conformes a las exigencias de 2.5.1.

Se utilizará en la recogida de balasto sobre cinta de producción lisa.

2.5.3. CEPILLO DE RECOGIDA DE FINOS (FIG. 2.5.3)

Se empleará en las operaciones de recogida de finos y polvo en cinta transportadora y en las operaciones de cuarteo manual o mecánico de la muestra global.

2.5.4. PALA CUADRADA DE BORDES ALTOS (FIG. 2.5.4)

La anchura W y la longitud L debe ser conforme a las exigencias de 2.5.1.

Se utilizara en la recogida de balasto en acopios, en palas cargadoras y en tolvas y camiones.

2.5.5. APARATOS DE MUESTREO MECÁNICO

Los aparatos de muestreo mecánico se autorizarán siempre que cumplan los requisitos siguientes y se acepten con carácter previo, por Adif.

Los aparatos de muestreo mecánico deben estar concebidos de tal manera que cada piedra de un lote tenga la misma probabilidad de entrar en la muestra global.

La concepción de los aparatos debe impedir las variaciones y la contaminación de las muestras y fundamentalmente:

- El desborde y caída de las muestras unitarias.
- El bloqueo o frenado del paso de los fragmentos por el aparato.
- La permanencia parcial de material en el recipiente de muestras.
- La introducción en las muestras unitarias de materiales que no sean el árido a muestrear.
- La degradación de las partículas.

El aparato debe cortar una sección transversal completa de flujo de balasto, primero con sus bordes y recoger la muestra de un solo golpe.

El aparato debe cortar el flujo de áridos según un plano perpendicular a su trayectoria media.

El aparato debe desplazarse en el flujo de áridos a una velocidad uniforme cada vez que efectúe un muestreo.

La geometría de la abertura de corte debe garantizar la uniformidad de la duración del corte en cada punto.

La longitud de la abertura de corte debe estar conforme a las exigencias de 2.5.1. relativas a W.

La velocidad del útil de corte no debe rebasar $(1 + W/W_0)$ 0,3 m/s, donde W debe ser la anchura real de la abertura de corte y W_0 es el valor mínimo permitido por 2.5.1¹. (190 mm).

2.5.6. SUPERFICIE DE MUESTREO Y CUARTEO

La superficie de muestreo y cuarteo debe ser hecha de material liso y a ser posible rígido, resistente a la corrosión y ser lo bastante grande para permitir mezclar y cuartear las muestras sin desbordamientos.

2.5.7. CUARTEADOR METÁLICO (DIVISOR DE CORREDORES) (FIG. 2.5.7) (FOTO 2.5.7 A Y B)

Aparato provisto de acanaladuras o correderas de vertido alternas, que sirve para dividir un conjunto de árido en dos partes supuestamente iguales. El número de correderas del divisor debe ser par y al menos igual a ocho. La anchura de las correderas debe ser lo suficientemente amplia, de 75 mm, para evitar que el árido más grueso las pueda obstruir.

2.5.8. RASTRILLO Y PICO (FIG. 2.5.8.A Y 2.5.8.B)

Se emplearán para efectuar la toma de muestras en vía y en vagón-tolva enrasado.

¹ La bibliografía de Documentos relacionados aporta recomendaciones sobre la concepción y el control de máquinas de trabajo apropiadas, así como esquemas ilustrativos del principio de funcionamiento de los aparatos de muestreo mecánico.

2.5.9. SACOS PARA MUESTRAS DE BALASTO (FOTO 2.5.9)

Los recipientes para muestras de balasto deben tener capacidad suficiente, estar limpios, ser impermeables y no absorbentes, preferibles del tipo saco de plástico transparente, de al menos 800 µm de espesor.

2.5.10. ESPUERTAS DE GOMA.

Son recipientes para que se utilizan frecuentemente en la recogida de muestras unitarias, para autocontrol de balasto, en la cinta de producción de cantera.

2.6. LUGARES PREFERENTES DE MUESTREO

Los lugares preferentes para la recogida de muestras de balasto son los siguientes (Fig. 2.6):

1.- Muestras para autocontrol en cantera.

a) En cinta de producción.

2.- Muestras para control de inspección de suministros por la Administración Ferroviaria:

a) En acopios de cantera o de cargaderos de estaciones.

b) En tolva o silo de cantera.

c) En vagones-tolva o camiones.

3.- Muestras para control en obra:

a) En la vía, ya descargado y posicionado en la misma.

b) En acopios realizados en las inmediaciones de la obra.

Cada muestra global o colectiva se debe formar con un número suficiente de muestras unitarias (cuantas más mejor) procedentes del acopio, o parte de acopio considerado, en función del volumen y uniformidad del mismo. Sin embargo, para simplificar y unificar los criterios operativos en este sentido, se recomienda formar dichas muestras globales juntando al menos tres o cuatro muestras unitarias diferentes, de 40 a 50 kg de peso cada una, recogidas en los lugares señalados en el control de inspección de suministro, en los puntos considerados más idóneos y representativos del conjunto de balasto que se quiera controlar, las cuales se mezclarán y repartirán nuevamente por el procedimiento de cuarteo, para que al final resulten otras tres o cuatro muestras (muestras de ensayo), consideradas supuestamente iguales, de 40 a 50 kg de peso cada una, que servirán, una de ellas para ser ensayada por el laboratorio que efectúa el control de calidad y el resto se dejarán precintadas y almacenadas, una de ellas en cantera y la otra en el laboratorio, durante un período de tiempo de al menos dos meses por si procediese realizar algún ensayo contradictorio a petición de cualquiera de las partes interesadas.

En todos los casos que se mencionan a continuación, referentes a la cantidad de árido que debe contener cada saco, los 40 - 50 kg de cada muestra se deberán repartir en dos sacos debidamente referenciados al objeto de reducir a la mitad el peso que han de manejar las personas responsables de la toma de muestras al manipularlos.

2.6.1. TOMA DE MUESTRAS DE AUTOCONTROL EN CANTERA: EN CINTA DE PRODUCCIÓN

Este sistema de recogida en cinta sólo se realizará para los ensayos de autocontrol en cantera por parte del laborante autorizado por Adif, encargado del control de calidad de la cantera. Para la toma de muestras de control de calidad en los trabajos de inspección de la Administración Ferroviaria, este método de toma de muestras no se utilizará, salvo que, por circunstancias excepcionales, sea autorizado por los responsables del control

de calidad de la Jefatura de Geotecnia de Adif, pues se ha considerado que el flujo de balasto en la cinta pudiera estar sujeto a potenciales manipulaciones de ajuste de dimensiones y producción del mismo.

Las muestras, para autocontrol de calidad en planta, las tomará el laborante de control de calidad de la cantera, autorizado por Adif, de la cinta transportadora (Foto 2.6.1.a) que, procedente de la criba vibrante, lleva el balasto hasta el silo de almacenamiento. En ningún caso se tomarán las muestras de cintas instaladas en cantera donde se observe que se produce segregación del balasto por deslizamiento de éste sobre las mismas.

Si la cinta de producción de balasto en la cantera tiene adosada una pasarela con la correspondiente barandilla de protección, que permita el acceso a cualquier punto de la misma, cuando esté funcionando según su régimen normal, se realizará una parada momentánea de la instalación y, una vez parada la cinta, se recogerá, en un tramo del primer tercio inicial de la longitud de la cinta, una porción de balasto, de 40 a 50 kg, que se introducirá en una espuerta de goma o en un saco de plástico formando la primera muestra unitaria.

Se ha de efectuar la recogida de la muestra en la cinta transportadora de forma continua y ascendente, comenzando por un punto cercano al comienzo de la misma y recogiendo todo el material comprendido entre dicho punto y el final del tramo resultante, mediante pala manual de punta redonda (Foto 2.6.1.a), hasta completar el peso requerido. Será necesario el empleo de un cepillo adecuado para barrer todo el tramo de cinta utilizado, a fin de recoger y muestrear todo el polvo y material fino existente.

Una vez recogida e introducida en la espuerta de goma o en el saco la primera muestra unitaria, se introduce en el mismo una nota identificativa de la muestra (Fig. 2.6.1)(Foto 2.6.1.b). Si se utiliza un saco de plástico es conveniente atar con un trozo de cinta su boca para evitar que se salga alguna piedra durante las operaciones de traslado.

La segunda muestra unitaria se recogerá exactamente igual que se ha descrito para la primera, pero el lugar de recogida será el último tercio de la misma cinta de producción.

Una vez recogidas las dos muestras unitarias, por el procedimiento anteriormente descrito, si se desea coger más muestras de autocontrol o se ha autorizado un control de inspección por la Jefatura de Geotecnia de Adif, se pone la instalación y la cinta nuevamente en marcha y se dejan transcurrir cinco minutos. Al cabo de este tiempo y, una vez que se considera que la planta de producción esté trabajando en régimen normal, se parará nuevamente la misma y se procederá a la recogida de la tercera y cuarta muestras unitarias en el primer y último tercio de la cinta de producción forma exactamente igual a como se procedió para la recogida de las dos muestras anteriores.

Habiendo recogido las dos (o cuatro) muestras unitarias, en espueñas de goma o sacos diferentes, según se esté realizando un autocontrol por el laborante autorizado por Adif (2 sacos) o un control de inspección autorizado por la Jefatura de Geotecnia de Adif (4), se trasladarán las mismas hasta el local de ensayos en cantera para formar la muestra global que, por cuarteo de la misma, dará lugar a las dos (o cuatro) muestras supuestamente iguales para ensayo de autocontrol o de control de inspección por la Administración ferroviaria.

En ocasiones, no existe o resulta extremadamente difícil el acceso a la cinta de producción de balasto en cantera; habrá que proceder de forma diferente según las circunstancias que acontezcan al final de la cinta. Lo más normal es que el flujo de producción vierta sobre la tolva receptora. En este caso, si el caudal de producción no es elevado, se podrán recoger las muestras unitarias, mediante espueñas de goma, desde la superficie alta de balasto dentro de la tolva. Esta operación es bastante arriesgada por lo que hay que tomar todas las precauciones posibles de cara a la seguridad.

Una vez recogidas las muestras unitarias, se atarán y se trasladarán al local de ensayos de cantera, donde se juntarán para formar la muestra global que, por cuarteo, darán lugar a las muestras de ensayo bien para autocontrol a realizar por el laborante de control de calidad autorizado por Adif, o para inspección, si así lo hubiese autorizado la Jefatura de Geotecnia de Adif.

Si no fuese posible coger la muestra de la cinta de la última manera descrita, habría que proveer de la correspondiente pasarela adosada a la cinta de producción para poder acceder a ella.

2.6.2. TOMA DE MUESTRAS PARA CONTROL DE INSPECCIÓN DE SUMINISTROS POR LA ADMINISTRACIÓN FERROVIARIA

A fin de llevar a cabo el control de inspección de suministros de balasto por la Administración Ferroviaria, la toma de muestra se llevará a cabo indistintamente en silos o acopios de cantera o en acopios de cargadero de estación. Si se juzgara necesario se podrá tomar la muestra en vagones-tolva o en camiones. En cualquier caso, se realizará una fotografía del lugar de toma de muestra, colocando en la misma flechas indicativas de los lugares concretos de recogida, de acuerdo con el apartado 4.4.2 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

2.6.2.1. EN ACOPIOS DE CANTERA O ESTACIÓN

Las muestras unitarias de balasto podrán tomarse en acopios de cargaderos de estación, o de la cantera, o en acopios intermedios de obra, de la forma que se describe a continuación.

Con el cazo o cucharón limpio de una pala excavadora, se remueve el balasto, hincando y subiendo cargado el mismo varias veces en una determinada zona del acopio situada entre cotas de 0,2 y 3 metros desde el nivel del terreno sobre el que está situado (Foto 2.6.2.1.a). A continuación y una vez removida la zona de recogida de la muestra, se hinca el cazo en dicha zona de forma perpendicular a la línea de máxima pendiente del talud del acopio y a una altura aproximada de 1 m desde la cota del suelo, recogiendo una considerable porción del balasto. Se procurará que el cazo no quede lleno. A continuación se separa el cazo del acopio con el balasto recogido y se baja al nivel del suelo (Foto 2.6.2.1.b). Se procede entonces a extraer con una pala de mano cuadrada de bordes altos, mediante paladas repartidas a lo largo y ancho de la superficie que presenta el balasto en el interior del cazo grande, y a diferentes cotas dentro del mismo, la cantidad de balasto suficiente para completar los 40 a 50 kg necesarios para formar una muestra unitaria, que se introduce en un saco de plástico, en el cual se colocará la correspondiente nota identificativa (Fig. 2.6.1) y cuya boca se atará con una cinta (Foto 2.6.2.1.c). Este proceso mejora la representatividad de la muestra de balasto el cual podía haber sufrido una cierta segregación de tamaños gruesos por efecto del sistema de acumulación en el acopio.

Si por avería o cualquier otra causa justificada, no se dispone de pala mecánica en el acopio del cargadero de estación o cantera, la muestra unitaria se tomará en varios puntos de la zona considerada, repartidos tanto en la cota superior del acopio, como en la cota próxima a la base y también en una o varias cotas intermedias del mismo, por medio de una pala manual cuadrada de bordes altos (Foto 2.6.2.1.d), empujándola e hincándola en posición perpendicular a la línea de máxima pendiente del talud del acopio y no arrastrándola según la dirección de dicha pendiente.

Una vez recogida la primera muestra unitaria se procede a la recogida de otras dos o tres en zonas del acopio opuestas o distintas a la anterior por el mismo procedimiento descrito anteriormente. Cuando ya se dispone de las tres o cuatro muestras unitarias se trasladarán (atados los sacos con cinta) hasta el local de ensayos en cantera para formar la muestra global que, por cuarteo, darán las muestras para ensayo o de laboratorio. Si el acopio que se pretende estudiar fuera grande y no homogéneo, y estuviese ubicado bien en cantera o en un cargadero de estación, se procederá a inspeccionarlo por zonas o partes del mismo. Para ello, previamente, se deben delimitar físicamente, de acuerdo con su distribución espacial y su aspecto de *visu* (por su homogeneidad, alteración, tamaño de grano, contenido de finos, etc.) las partes homogéneas del mismo en que es adecuado dividirlo, figurando en un croquis orientado (Fig. 2.6.2.1) la forma de los acopios, las partes en que se ha dividido, así como la localización e identificación de las muestras a tomar. A continuación se procede a la toma de muestras unitarias en cada una de las partes divididas, de forma análoga a como se describió para el caso de análisis en un acopio homogéneo, recogiendo tres o cuatro muestras unitarias de cada una de las partes en que se ha dividido el acopio.

Una vez identificados los sacos de plástico correspondientes a las diferentes muestras unitarias, se trasladarán al local de ensayos en cantera, donde se formarán las muestras globales, de las que, por cuarteo, se obtendrán las muestras de ensayo.

Los resultados de los ensayos quedarán referidos a las diferentes zonas en que se ha dividido o sectorizado el acopio grande, de acuerdo con el croquis referido, por si procediese el reciclado o la devolución de alguna de ellas.

2.6.2.2. EN TOLVA O SILO DE CANTERA

En las canteras, generalmente la producción de balasto se vierte directamente desde la cinta a una tolva o silo, metálico o de hormigón, provisto de una boca de salida estrecha y regulable, que permite descargar el material sobre los camiones o composiciones de vagones-tolvas ferroviarios para ser transportado a los acopios o tajos de obra.

Cuando se pretenda extraer muestras unitarias de este tipo de silos, se ha de hacer con un cazo grande de pala excavadora, colocándolo lo más cerca posible (Foto 2.6.2.2), bajo la boca de salida del silo y abriendo con precaución dicha boca para recoger 200 ó 300 kg de balasto. Es recomendable desechar el primer cazo de recogida de material, e incluso el segundo, si se considera que en los mismos pudiera existir segregación de tamaños finos o de polvo. Del material contenido en el cazo destinado a la recogida de la muestra, se extraerán de forma repartida a lo largo y ancho de la superficie presentada por el balasto en el cazo y a diferentes cotas dentro del mismo, mediante pala manual cuadrada de bordes altos, dos muestras unitarias que se introducirán en sendos sacos de plástico, los cuales se identificarán introduciéndoles las oportunas notas identificativas (Fig. 2.6.1) de muestras unitarias y se atarán convenientemente con un trozo de cinta para evitar que se caiga material durante el traslado. A continuación se cogerá igualmente un nuevo cazo de balasto y se procederá a recoger la tercera, e incluso cuarta muestra unitaria, exactamente igual a como se recogieron las dos primeras.

Una vez recogidas las tres o cuatro muestras unitarias, se trasladarán hasta el local de ensayos en cantera, donde se reunirán los correspondientes sacos para obtener la muestra global, de cuyo cuarteo se obtendrán las muestras para ensayo.

2.6.2.3. EN VAGONES TOLVA O CAMIONES

Para la recogida de muestras unitarias de balasto cuando se están cargando desde un acopio de cargadero, mediante pala excavadora, los vagones-tolva de una composición ferroviaria, se mandará parar la operación de carga y se bajará a nivel del suelo uno de los cazos llenos de material correspondientes a la carga de la mitad inferior de una de las tolvas. De dicho cazo se extraerán dos muestras unitarias mediante pala manual cuadrada de bordes altos, cogiendo balasto en varios puntos repartidos a lo largo y ancho de la superficie presentada por el balasto en el cazo y a diferentes cotas dentro del mismo, las cuales se introducirán en los correspondientes sacos de plástico con su nota identificativa y se atarán con una cinta. Cuando se estime que se ha llegado durante la carga del vagón-tolva a su mitad superior, se repite la operación con uno de los cazos cargados de balasto correspondiente a dicha mitad, obteniéndose de esta manera la tercera e incluso cuarta muestras unitarias. En este caso, también se podrían coger las muestras unitarias eligiendo al azar tres o cuatro tolvas de la composición y recogiendo en cada una de ellas, durante su carga, una muestra unitaria utilizando de la misma manera el cazo y la pala manual.

Una vez recogidas y colocadas sus notas identificativas (Fig. 2.6.1) en las tres o cuatro muestras unitarias, se trasladarán los sacos al lugar habilitado para su reunión y formación de la muestra global de la que, por cuarteo, se obtendrán las muestras para ensayo.

Si la composición de vagones-tolva estuviese ya cargada y enrasada, se recogerán tres o cuatro muestras unitarias en la parte superior de tres o cuatro vagones-tolva distintos, elegidos al azar a lo largo de la composición del tren. Para ello se practicará, mediante un rastrillo o pico y pala manual, un surco longitudinal de al menos cuatro metros de longitud, excavando sobre el balasto en la parte central superior de cada uno de los vagones-tolva elegidos. La parte inferior del surco estará, como mínimo, a 30 cm de profundidad respecto de los bordes superiores del vagón y su fondo tendrá aproximadamente unos 30 cm de ancho. Una vez practicado cada surco se deben tomar cantidades aproximadamente iguales en varios puntos del mismo equidistantes entre si, a lo largo y ancho y a diferentes cotas de la superficie del relieve resultante, mediante una pala manual cuadrada, empujando la pala en posición perpendicular a la línea de pendiente del talud formado. Se deberán tomar dos paladas más directamente contra los laterales del vagón, hasta completar los 40 - 50 kg de muestra unitaria en cada uno de los vagones- tolva elegidos.

Una vez recogidas, identificadas (Fig. 2.6.1) y atadas con cinta las tres o cuatro muestras unitarias, correspondientes a cada uno de los vagones elegidos, se trasladarán al lugar habilitado para su reunión y formación de la muestra global, de cuyo cuarteo se obtendrán las muestras para ensayo.

Cuando se trate de comprobar la calidad del balasto de un camión o composición de varios camiones, se aplicará el mismo criterio, a efectos de toma de muestras, que el utilizado para el estudio de una composición de vagones-tolva ferroviarios, tanto si se considera el momento de la carga de dichos camiones como si éstos se encuentran ya cargados.

Si las composiciones de vagones-tolva o camiones estuviesen ya cargadas pero sin enrasar, las muestras unitarias se cogerán, mediante pala manual cuadrada, de los conos de material que se forman en las zonas superiores de los vehículos, repartiendo los puntos de recogida, en zonas opuestas y a diferentes cotas, de la parte comprendida entre la base y la cima de la superficie de dichos conos, hasta completar los 40-50 kg de balasto

necesarios para formar cada muestra unitaria en tres o cuatro vagones-tolva o camiones distintos.

Una vez recogidas las tres o cuatro muestras unitarias, se procederá como se ha descrito anteriormente, para formar las muestras para ensayo.

2.6.3. TOMA DE MUESTRAS EN VÍA

Las muestras de la banqueta de balasto en vía se recogerán, generalmente, para comprobar el estado de la misma a efectos de realizar, si procediese, las oportunas obras de reparación. También a veces como inspección complementaria cuando se trata de obras nuevas de vía.

La toma de muestras en la vía se realizará en los diferentes puntos kilométricos de la misma, elegidos según el criterio de los técnicos de la Administración Ferroviaria.

En el caso de banquetas de balasto con apariencia de visu uniforme, es suficiente vaciar un espacio entre traviesas en el punto kilométrico considerado según se describe más adelante, para obtener la muestra colectiva, de cuyo cuarteo obtenemos la muestra para ensayo correspondiente a dicho punto.

Cuando la banqueta de balasto no tiene apariencia uniforme, se deberán vaciar al menos tres espacios entre traviesas, de tal manera que exista al menos una distancia de cuatro traviesas entre los espacios que se han vaciado. El material extraído en dichos espacios constituirá la muestra global correspondiente a las proximidades del punto kilométrico elegido de la vía, de cuyo cuarteo obtendremos la muestra de ensayo correspondiente.

Se pueden recoger muestras en la banqueta de balasto de la vía, tanto en la zona de hombreras como en el centro de uno de los perfiles de dicha banqueta.

Para recoger una muestra de balasto, en un punto de la hombrera, se fijan y excavan tres planos imaginarios verticales sobre la misma en las inmediaciones de dicho punto, de forma que uno de ellos sea paralelo y distanciados 30 cm del carril más próximo, y los otros dos sean perpendiculares al carril y espaciados entre sí la distancia que existe entre dos traviesas consecutivas, quedando delimitado entre los tres planos y el sub-balasto o plataforma de la vía, el "cajón" de balasto a muestrear que recogeremos mediante un rastrillo, pico, pala, cogedor cuadrado de bordes altos, o con las propias manos debidamente protegidas con guantes, si fuera necesario, para evitar los desmoronamientos de material que perjudican la toma de muestras. La muestra colectiva de balasto se extraerá, por tanto, en el punto de la vía considerado, desde la superficie de la banqueta hasta las proximidades de la plataforma de la vía, según los planos verticales descritos y eliminando los fragmentos de piedra que caigan por desmoronamiento de las paredes de la banqueta excavadas, introduciéndola a continuación en los sacos necesarios para ello. Deberá tenerse mucho cuidado en la recogida para no excavar el sub-balasto o la plataforma de la vía, y aportar a dicha muestra colectiva partículas correspondientes a estas capas inferiores situadas bajo la banqueta de balasto.

Para recoger la muestra colectiva de balasto en un punto del centro de la banqueta, se procederá de forma análoga y con las mismas precauciones a la descrita en el párrafo anterior, en el espacio comprendido entre dos traviesas consecutivas, cogiendo una zona centrada de dicho espacio y llegando siempre en profundidad a las proximidades del sub-balasto o la plataforma de la vía.

Las muestras colectivas, una vez recogidas, se habrán introducido en los correspondientes sacos de plástico, los cuales se identificarán (Fig. 4) y se someterán al corres-

pondiente cuarteo, para obtener las muestras de ensayo correspondientes a cada punto considerado, las cuales se precintarán de la forma que se describe en el apartado 4, para enviarlas al laboratorio.

Se debe restituir y compactar con pico de bate el balasto extraído en este tipo de recogida de muestras mediante el balasto sobrante del cuarteo y aportar si es necesario mas cantidad de las zonas colaterales de la vía.

Los resultados de los ensayos estarán referidos al tramo de vía estudiado entre los puntos kilométricos considerados.

Es muy importante, cuando se realice este tipo de trabajo en la vía, tomar todas las precauciones posibles de cara a la circulación de trenes, ya que se trata de un trabajo extremadamente peligroso cuando la vía está en servicio. Siempre que se pueda se debe intentar cortar el tráfico ferroviario el tiempo que se necesite.

Si existiesen en el P.K. de la vía auscultada, dos o más capas de balasto distintas y con objeto de conseguir una información más detallada, se medirá el espesor medio de cada una de ellas y se tomará una muestra de balasto de cada capa si lo estimase oportuno el director de la obra.

3. EL CUARTEO DE LA MUESTRA

3.0. CONSIDERACIONES GENERALES

Las muestras para ensayo de balasto (40-50 kg) representativas de un conjunto mucho mayor, se han de formar a partir de varias muestras unitarias, extraídas de los lugares y puntos de recogida mencionados en el capítulo 2, las cuales se reunirán en un grupo colectivo que formará la muestra global y de cuyo cuarteo se obtendrán saldrán dichas muestras para ensayo.

La operación de cuarteo en una muestra global de balasto, consistirá, para este caso concreto y con el fin de unificar, agilizar y simplificar los criterios operativos de muestreo, en dividir la misma en un número de partes supuestamente iguales, tantas como muestras unitarias la constituyan (generalmente tres o cuatro), de tal manera que cada una de dichas partes, obtenidas mediante este procedimiento, tendrá análoga composición granulométrica que el conjunto bruto de balasto original de donde procede, es decir, análoga proporción en sus unidades de tamaños finos, intermedios y gruesos, así como la misma proporción de elemento lajosos, aciculares y meteorizados si los hubiere.

Por tanto, en el caso del balasto, la operación de cuarteo se realizará mezclando las muestras unitarias que componen la muestra global, extraídas de cada acopio o parte de acopio que se quiere estudiar y dividiendo el montón resultante en el mismo número de partes supuestamente iguales que muestras unitarias aportadas, bien mediante cuarteador metálico o por otro procedimiento manual normalizado, de tal manera que se obtendrán al final las muestras para ensayo, de 40-50 kg, que tendrán todas ellas similares propiedades granulométricas y físicas.

El número de muestras unitarias de balasto que se deben tomar, depende generalmente de la dimensión, volumen y grado de uniformidad del acopio que se quiere estudiar, con la finalidad fundamental de comprobar su calidad. Sin embargo, a efectos del control de inspección de suministros por parte de las Adif, de cada acopio o zona de acopio que se pretenda estudiar, se deben coger al menos tres o cuatro muestras unitarias, según se vaya a cuartear la muestra global sin o con cuarteador metálico, ya que para efectuar correctamente el cuarteo de esta última manera es conveniente que el número de muestras unitarias sea par (cuatro). Rara vez se utilizan más de cuatro muestras unitarias para un control de inspección, aunque se pueden coger todas aquellas que se juzgue necesario en cada caso, pero dejando al final, como mínimo, tres muestras para ensayo procedentes del mismo cuarteo.

El número de muestras unitarias para autocontrol en cinta de producción será al menos dos. Cuando se desee realizar un control suplementario o un control de inspección en cinta autorizado por los responsables de control de calidad, se podrán coger y cuartear 3 ó 4 muestras unitarias.

3.1. CUARTEO MEDIANTE CUARTEADOR METÁLICO

Cuando la operación de cuarteo de balasto se realiza mediante cuarteador metálico, conviene tener presente que el tamaño máximo de este tipo de árido es de 63 mm, por lo que habrá que utilizar un cuarteador adecuado a dicha dimensión de acuerdo con lo previsto en 2.5.7 (Foto 2.5.7 a y b).

Al realizar el cuarteo con cuarteador metálico se utilizarán recipientes rectangulares cuyas dimensiones mayores permitan cubrir en las operaciones de vertido del balasto la mayor parte de las acanaladuras del cuarteador y así el chorro sobre la boca del mismo resulte lo más extendido posible. Se ha de procurar igualmente que el vertido de balasto con los recipientes sobre el cuarteador se realice por caída vertical y lo más centrado posible sobre la boca del mismo, al objeto de conseguir un reparto óptimo del material a ambos lados del cuarteador.

Si se cegase durante el vertido alguna acanaladura, habrá que parar el cuarteo y despejar la canaleta obstruida para poder continuar el cuarteo. A fin de homogeneizar las operaciones de cuarteo se realizará el vertido de los recipientes rectangulares alternativamente por uno y otro lado del cuarteador metálico. En ningún caso se debe cuartear el balasto vertiendo directamente las paladas llenas del mismo sobre la boca repartidora del cuarteador, sino utilizando los recipientes rectangulares de cuarteo. Cada vez que se pase el balasto por el cuarteador, conviene dar a éste varios golpes para que caiga todo el polvo retenido en el mismo a los recipientes situados a ambos lados del mismo.

La operación de cuarteo se procurará realizar siempre sobre una superficie rígida, limpia y lisa o, sobre una lona lo suficientemente amplia e impermeable para poder recoger, mediante un cepillo y cogedor adecuados, el material que pueda salirse o rebosar de los recipientes rectangulares de recogida. Se comenzará vertiendo sobre el cuarteador los dos primeros recipientes rectangulares llenos de balasto procedente de los sacos de muestras unitarias (que componen la muestra global), los contenidos de los dos recipientes de recogida resultantes, situados bajo el cuarteador, se vaciarán en dos montones o en dos sacos distintos situados sobre la superficie limpia, a ambos lados del cuarteador (Foto 3.1.a).

A continuación, se seguirá la operación de forma análoga, echando balasto procedente de los sacos de muestras unitarias en el recipiente rectangular, vertiendo el mismo sobre el cuarteador metálico, dividiendo y recogiendo la muestra mediante los dos recipientes de recogida situados bajo el cuarteador y acoplando las partes de muestra cuarteada en los dos montones supuestamente iguales resultantes, uno a cada lado del cuarteador, una vez que todas las muestras unitarias hayan pasado por el cuarteador metálico. Resulta recomendable verter cada recipiente de recogida, con la fracción de muestra cuarteada, directamente en los sacos de plástico para dar más agilidad a la operación de cuarteo, al evitarse en muchas operaciones tener que recoger polvo y finos del suelo.

Una vez pasadas por el cuarteador metálico las cuatro muestras unitarias, se habrán formado dos montones de balasto supuestamente iguales, uno a cada lado del cuarteador. Cada montón estará comprendido en dos sacos. Dichos montones se cuartearán de nuevo por separado utilizando el procedimiento descrito hasta ahora, es decir, se pasará por el cuarteador uno de los dos montones (dos sacos), quedando dividido a su vez en dos partes, o sea un saco a cada lado. Después se pasará por el cuarteador el otro montón de balasto procedente del primer cuarteo, que quedará dividido igualmente en otras dos partes iguales, un saco a cada lado. Al final del cuarteo se habrán conseguido cuatro muestras para ensayo supuestamente iguales, representativas del conjunto bruto de balasto considerado, formadas a partir de las cuatro

muestras unitarias iniciales. Dichas muestras habrán quedado contenidas en los respectivos sacos de plástico, tres de los cuales se identificarán y precintarán según se describe en el capítulo 4.

Cuando se trate de efectuar un ensayo de autocontrol en la propia cantera, por el laborante autorizado por Adif, sólo será necesario coger dos muestras unitarias de la cinta y efectuar el cuarteo como se ha descrito en la última parte con dichas muestras, resultando al final dos muestras para ensayo.

NOTA.- Las muestras para ensayo también se podrán formar cuarteando sucesiva e individualmente en cuatro partes, supuestamente iguales, cada fracción de muestra unitaria correspondiente a un cangilón de cuarteo, e introduciendo así mismo en cada saco para ensayo cada una de las partes resultantes de cada cuarteo individual, hasta completar en cada saco los al menos 40 kgs. de muestra necesarios para ensayo.

Este procedimiento tiende a provocar más dispersión en el cuarteo al tratarse el balasto de un árido grueso y trabajar con cantidades más reducidas.

3.2. CUARTEO MANUAL SIN CUARTEADOR METÁLICO

Cuando no se dispone de cuarteador metálico para realizar una operación de cuarteo con las muestras unitarias que componen la muestra global, se puede utilizar otro procedimiento de cuarteo que proporciona resultados aceptables si se realiza con las debidas precauciones.

Para efectuar este procedimiento de cuarteo, se ha de buscar una superficie rígida, limpia y lisa, por ejemplo una chapa de plástico, de madera, de acero o de terrazo, suficientemente grande y que permita recoger todo el polvo y material fino resultante al final del cuarteo. Si no existiesen este tipo de superficies se podrá utilizar una lona de plástico fuerte y hermética.

Las muestras unitarias, almacenadas en sacos de plástico, se vierten una sobre otra en un punto centrado de la superficie de cuarteo, elegida y preparada con anterioridad, formando un cono de balasto. Es muy importante que el vertido de los sacos se realice uno sobre otro de forma vertical y sobre el eje del cono que se va formando.

Una vez formado el cono de vertido, con una pala manual se recogerá el balasto dispersado por la base de dicho cono, vertiéndolo lentamente sobre la parte más alta del mismo. Esta operación se realizará alrededor de la base del cono repitiendo la operación al menos dos veces.

A continuación, se coloca la pala manual cuadrada de bordes altos de forma horizontal sobre el vértice del cono y se pisa con el pie repetidas veces hasta conseguir formar, por aplastamiento, una tongada troncocónica de material de unos 20 cm de altura. Seguidamente con la misma pala, se divide el montón en cuatro partes iguales según dos diámetros perpendiculares que se cruzan en el centro del montón y se introducen cada una de las cuatro partes aproximadamente iguales así divididas en sendos sacos de plástico. Con los cuatro sacos resultantes se vuelve a repetir la operación de formar un nuevo cono, aplastarlo y dividirlo nuevamente en cuatro partes exactamente igual a como se hizo con el primero.

Las cuatro partes de balasto resultantes después de haber dividido el montón, según el procedimiento descrito, serán cuatro muestras para ensayo supuestamente iguales que se introducirán en cuatro sacos de plástico, recogiendo todo el material de cada montón, incluido el polvo resultante, con una pala cuadrada de bordes altos y un cepillo adecuado.

Cuando no se han recogido cuatro muestras unitarias sino sólo dos (autocontrol en cinta de producción realizado por laborante autorizado por Adif) o tres (control de inspección realizado por la Administración Ferroviaria), se procederá de forma análoga a la indicada para el cuarteo de cuatro muestras unitarias y se dividirá el cono aplastado en dos o tres partes iguales mediante un diámetro o tres semiplanos verticales y equidistantes respectivamente que pasen por el centro de la tongada troncocónica. Dichas partes obtenidas serán las muestras resultantes supuestamente iguales, que se utilizarán, una de ellas para ensayo y las otras para guardarlas durante al menos dos meses para potenciales ensayos contradictorios. Previamente se introducirán en los correspondientes sacos de plástico y se precintarán según el apartado 4.

4. PRECINTADO Y DESPRECINTADO DE LOS SACOS DE MUESTRAS

Las muestras unitarias de balasto, extraídas de los lugares de cantera o acopios elegidos, no se precintarán. Será suficiente con identificarlas, de forma visible si pudieran dar lugar a confusiones, mediante una etiqueta (Fig. 4) en la que figure la cantera de procedencia, el nº de muestras unitarias, lugar donde se han tomado, fecha y operador o técnico que haya intervenido en la toma. Después, se atan los sacos con trozos de cuerda o cinta para que no se vierta nada de material durante el transporte de los mismos al lugar señalado para el cuarteo.

Una vez que cada muestra global se haya cuarteado y se hayan obtenido las correspondientes muestras para ensayo supuestamente iguales, se introducen éstas por separado en cada uno de los sacos preparados para ello (que han de estar limpios, ser de plástico, herméticos y a ser posible transparentes), añadiéndoles en su interior una etiqueta identificativa (Fig. 4), en la que se indique: denominación de la cantera; fecha y lugar de recogida de la muestra (cinta de producción, acopio, banqueta de la vía, etc.); número de la muestra (el mismo para las que resulten después del cuarteo de cada muestra global); operador que la ha recogido; organismo que solicita el análisis y el que recoge las muestras; nº del precinto con el que se va a cerrar el saco (el mismo nº de precinto para las muestras que se recogen de un mismo cuarteo). Para evitar el deterioro que pudiera producirse en las inscripciones de las etiquetas identificativas, por la humedad u otras causas, antes de introducir éstas en los correspondientes sacos de muestras se guardarán en pequeñas bolsas de plástico con la inscripción hacia el exterior si los sacos son transparentes. Si los sacos no son transparentes, en el exterior de cada saco pegadas a los mismos, se podrá colocar otra tarjeta adhesiva, igual que la que se introdujo dentro, para facilitar su identificación exteriormente, aunque con el número de precinto puede quedar debidamente identificada.

Después de identificadas las muestras para ensayo, procedentes de la muestra global, el laborante encargado por Adif de los ensayos de inspección atará los sacos de tres de ellas mediante precintos autorizados por la Administración (Foto 4.b). Dos de las muestras precintadas se transportarán al laboratorio de control de calidad donde una de ellas se ensayará y la otra permanecerá almacenada en el local de muestras del laboratorio por un tiempo mínimo de dos meses, para posibles ensayos contradictorios. La tercera muestra precintada permanecerá almacenada en cantera, por igual espacio de tiempo, con idéntica finalidad.

Después de efectuado el proceso de precintado, el laborante encargado por Adif anotará por triplicado, en el Libro de órdenes de cada cantera, su nombre, matrícula de Adif o número de DNI, lugar de la toma de muestras, número de precintos de las muestras, así como cualquier incidencia que se produzca en el proceso de toma de muestras. El documento original (blanco) del Libro de Órdenes será firmado por el laborante que recoge la muestra y por el representante de la cantera, el cual también estampará el sello de la misma en las tres hojas. El documento original (blanco) del Libro de Órdenes se adjuntará grapado a la hoja de resultados del ensayo realizado, que se remitirá conjuntamente a la Jefatura de Geotecnia de Adif para el cálculo del P.I.T. La primera copia (verde) se archivará en el laboratorio encargado de los ensayos de inspección. La segunda copia (amarillo) permanecerá en el Libro de Órdenes de la cantera.

En el caso de que una muestra unitaria no se vaya a cuartear porque se la dedique directamente para ensayo, se procederá *"in situ"*, al etiquetado y precintado final del saco tal y como se ha descrito anteriormente.

5. ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD

5.0. CONSIDERACIONES GENERALES

Las muestras de balasto, recogidas por personal cualificado y autorizado por Adif, se enviarán al laboratorio donde vayan a ser analizadas para realizar con las mismas los ensayos normalizados que prescribe la presente Norma Adif Vía NAV 3-4-0.2/4ª.

Nota.- Antes de comenzar los ensayos se deberán secar las muestras en estufa durante un mínimo de 10 horas, a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y luego enfriarlas durante 2 horas como mínimo. A continuación se pesará la muestra neta total seca y se anotará dicho peso en el impreso de cálculo. Con esta medida se pretende que la condición inicial de saturación de agua sea igualmente nula para todas las muestras de ensayo.

Los ensayos a realizar, así como el orden recomendado de ejecución de los mismos, serán los siguientes:

1º Ensayo de homogeneidad de la piedra (si procede), según norma NAV 3-4-0.2. 4ª Ed

En el supuesto de que haya que realizar este ensayo, porque se detecte más de un 5 % de material alterado en la muestra, se tendrá que realizar además el ensayo de Resistencia a la Fragmentación «Los Ángeles» con la porción de árido alterado recogido al efecto en el lugar de la toma de muestras y que acompaña a la muestra ordinaria.

2º Ensayo de determinación de elementos de espesor mínimo. según norma NAV 3-4-0.2. 4ª Ed.

Este ensayo conviene realizarlo inmediatamente antes del de determinación de elementos aciculares y lajosos, ya que estos elementos, en su mayor porcentaje, se encuentran en la fracción de muestra que pasa por el tamiz de barras de 25 mm y retiene el de 16 mm y en la fracción de muestra que pasa por el tamiz de barras de 16 mm de separación entre las mismas.

3º Ensayo de determinación de elementos aciculares y lajosos. Según Norma UNE-EN 933-4.

Conviene realizar este ensayo a continuación del de espesores mínimos para aprovechar la acusada separación que se ha producido en dicho ensayo de estos elementos.

4º Ensayo de determinación de elementos granulares con dimensión máxima mayor o igual de 100 mm. Según Norma UNE-EN 13450.

Si hubiese que realizar el ensayo de homogeneidad, conviene separar en ese momento de inspección visual de los elementos, las piedras susceptibles de tener una longitud máxima ≥ 100 mm, para medirlas y pesarlas. Si no hubiese que realizar el ensayo de homogeneidad convendría realizar esta determinación durante el ensayo de determinación de elementos aciculares y lajosos, ya que durante este ensayo también hay que visualizar perfectamente todas la unidades de la muestra.

5º Ensayo granulométrico. Según Norma UNE-EN 933-1.

Para realizar este ensayo se deben mezclar nuevamente todos los elementos aciculares y lajosos con el resto de la muestra. Además, la distribución por tamaños del balasto que se produce en este ensayo facilita directamente los tamaños de árido necesarios para realizar el ensayo de Resistencia a la Fragmentación “Coeficiente Los Ángeles”.

6º Ensayo de limpieza de balasto. Según Norma UNE-EN 933-1.

La limpieza de balasto se determina mediante los ensayos de partículas finas (vía seca) y de finos (vía húmeda).

- Partículas finas

Al estar seleccionado el material que ha pasado por el tamiz de agujeros cuadrados de 22,4 mm de lado, en el ensayo granulométrico, resulta más cómodo tamizar dicho material (fondo) por el tamiz con abertura de luz cuadrada de 0,5 mm de lado para separar mediante tamizado en seco el material retenido en dicho tamiz del material inferior a dicha abertura existente en la muestra (partículas finas y polvo).

- Finos

Se considera como tal al material que pasa por el tamiz de luz sesenta y tres milésimas, 0,063 mm. Cuando se exija, este ensayo se ha de realizar mediante lavado de la muestra (vía húmeda).

- 7º Determinación de la resistencia a la Fragmentación “Los Ángeles”, (CLA) según Normas UNE-EN 1097-2 y UNE-EN 13450.

Al ser destructivo este ensayo, no queda más remedio que realizarlo en último lugar.

5.1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ENSAYOS DE LABORATORIO

Se presupone que los 40 - 50 kg de muestra, vienen en un solo saco que manipularán entre dos personas. Si los 40 - 50 kg estuviesen repartidos en dos sacos para poderlos manejar una sola persona, habría que tener en cuenta tal circunstancia en lo que se refiere a duplicidad de precintos y etiquetas.

Una vez recibidas en el laboratorio las dos muestras para ensayo procedentes de la visita de inspección correspondiente, contenidas en los dos sacos de plástico precintados con el mismo número de precinto, se desprecintará uno cualquiera de ellos y se sacará la etiqueta identificativa que contenga en su interior. Se comprueba que el número de precinto coincida con el indicado en la etiqueta y se le asigna a la muestra un número de registro. Después, se anotan todos los datos que figuran en dicha etiqueta, en el encabezamiento y en observaciones (si procede) de la Hoja de Cálculo de Resultados de Laboratorio para los ensayos de control de calidad de balasto (Fig. 5.1). El segundo saco de muestras, sin desprecintar, se almacenará durante dos meses como mínimo en el local del laboratorio habilitado para ello.

Antes de iniciar los ensayos, se debe vaciar el saco que contiene la muestra en tres o cuatro bandejas metálicas, situadas en el suelo, para hacer más manejable la misma de cara a la realización de los mismos (Foto 5.1). Debe manejarse la muestra con cuidado debiendo colocarse las bandejas, en la operación de vertido del saco, sobre una superficie lisa y limpia con el fin de incorporar a dichas bandejas las partículas de material fino y polvo que se puedan escapar de las mismas durante dicha operación. Estas bandejas de manipulación de muestras deben estar taradas y referenciado su peso en las mismas, pero conviene comprobar dichas taras con la frecuencia debida.

Posteriormente las bandejas se secarán en la estufa, a $110 \pm 5^\circ\text{C}$, durante un tiempo mínimo de 10 horas. Después se sacarán de la estufa y se enfriarán durante un tiempo mínimo de 2 horas.

5.2. HOMOGENEIDAD DEL BALASTO

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 podrá proceder 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 mm, se obtenga un mínimo de 100 kg de material retenido en el tamiz 31,5 y otros 100 kg en el de 40mm.

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 ($\approx 5 \text{ kg.} \pm 50 \text{ g}$). Con el

conjunto de las dos fracciones (≈ 10 kg) se realizará el correspondiente ensayo de desgaste “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.

De forma más simplificada, pero con idénticos resultados, también se podrá realizar la determinación de la homogeneidad del balasto a partir de una muestra seca para ensayo, de más de cuarenta (> 40) kilogramos de peso, separando manualmente y de “visu” los fragmentos meteorizados o blandos y, una vez pesados, se obtendrá el porcentaje de las partículas meteorizadas con respecto a la masa total de la muestra.

Para completar el ensayo, habrá que disponer además de 15 kg De material alterado, recogido en el mismo acopio de la muestra de 40 kg, por si fuese necesario realizar el ensayo “Los Ángeles” con dicho material meteorizado.

5.2.1. CONSIDERACIONES

En base a lo expuesto en el último párrafo 5.2, se deduce que el ensayo de homogeneidad de balasto se realizará en el laboratorio solamente cuando el laborante, encargado de la toma de muestras, observase “de visu” que el acopio donde pretende tomar la muestra podría contener una cantidad de elementos meteorizados o blandos superior al 5% de la masa total, y, en consecuencia, de acuerdo con lo expresado en el capítulo 2.4, remitirá acompañando a las muestras para ensayo (de 40 - 50 kg), otro saco conteniendo de 15 kg de elementos alterados de balasto. No se realizará en el laboratorio el ensayo de homogeneidad si la muestra para ensayo ordinaria no va acompañada del saco de 15 kg de elementos alterados, a no ser que el laborante de ensayos de laboratorio, por el aspecto meteorizado de la muestra, decida llevarlo a cabo y determine el porcentaje de elementos alterados.

5.2.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto del ensayo de homogeneidad del balasto es determinar, “de visu”, y mediante pesada, el porcentaje en masa de partículas meteorizadas o blandas respecto a la masa total de la muestra. Se dice que un balasto es homogéneo cuando el porcentaje en masa de las partículas meteorizadas respecto al total de la muestra es inferior al 5%, entendiendo por partículas meteorizadas o blandas aquellas que, analizadas separadamente, tengan un Coeficiente de Resistencia a la fragmentación “Los Ángeles” superior al límite correspondiente a cada tipo de balasto: Tipo “1” (LA_{RB14}), Tipo “2” (LA_{RB16} y Tipo “32” (LA_{RB20}).

Las partículas meteorizadas o blandas del balasto son partículas procedentes de la montera de alteración meteórica de la cantera, de zonas de fallas o de alteración hidrotermal del núcleo de la cantera o de otra naturaleza petrológica, que se han triturado conjuntamente con la roca sana en la producción de balasto.

5.2.3. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- Balanza de pesaje de resolución 1g, precisión 0,1% de la masa de la muestra, y capacidad mayor de 20 kg.
- Bandejas, cogedor y cepillo para manipulación de muestras (Foto 5.2.3.2).
- Aparatos para la realización del ensayo de resistencia a la fragmentación “Los Ángeles” del material alterado o blando, previstos en el apartado 5.5.3 de esta Norma.

5.2.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra no requiere ninguna operación de preparación adicional de la expresada en el capítulo 5.1.

5.2.5. PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Se inicia el procedimiento de ejecución del ensayo pesando el conjunto de la muestra total repartida en las bandejas necesarias (se recomienda utilizar cuatro bandejas metálicas de 40 x 40 cm) y anotando el valor de cada pesada de bandeja porta muestras en la Hoja de Cálculo de resultados del ensayo de homogeneidad del balasto (Fig. 5.2.5).

Una vez calculado el peso total de muestra, es necesario inspeccionar visualmente todas las piedras de la muestra para extraer, manualmente, y depositar en otra bandeja, todas las piedras o partículas alteradas o blandas o de distinta naturaleza de la roca principal de la muestra. Para realizar la inspección del material, deberán visualizarse una a una todas las piedras constitutivas de la muestra para ensayo.

Seguidamente se pesa la bandeja con el material alterado o blando resultante (Foto 5.2.5), anotando todos los datos en la Hoja de cálculo (Fig. 5.2.5).

Si se observaran en la muestra algunos elementos aparentemente sanos de distinto color al que presenta la roca matriz, se deberá avisar al técnico titulado para que éste emita el oportuno juicio petrológico al respecto.

5.2.6. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

El resultado del ensayo es la masa del material alterado blando o de diferente naturaleza, expresada en tanto por ciento de la masa original, con un solo decimal:

$$H = \frac{100 \ m}{M}$$

donde:

H = Coeficiente de Homogeneidad.

M = Masa total de la muestra a analizar.

m = Masa total de la parte de muestra alterada.

Si el coeficiente de homogeneidad es inferior al 5%, se considerará que la muestra de balasto es homogénea.

Si el coeficiente de homogeneidad es igual o superior al 5%, se desprejuntará el saco de 15 kg de muestra alterada que acompaña a esta muestra para ensayo y se realizará con dicho material el ensayo de determinación del coeficiente de resistencia a la fragmentación "Los Ángeles", de acuerdo con lo que se expresa para este ensayo en el apartado 5.7 de esta Norma. Los datos de este ensayo se anotarán en la Hoja de Cálculo de resultados de laboratorio del ensayo de homogeneidad de balasto (Fig. 5.2.5).

Si el Coeficiente de resistencia a la fragmentación "Los Ángeles" sobre la muestra alterada es superior al 14% para balasto Tipo 1 y al 16% para balasto Tipo 2 (con el requisito previo de que el material alterado sea superior al 5% del total de la muestra), se considerará que el balasto analizado no es homogéneo.

5.3. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ESPESOR MÍNIMO DE ELEMENTOS GRANULARES

5.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La dimensión mínima, o espesor, de una piedra de balasto no debe ser inferior a 25 mm, porque su comportamiento en la banqueta sería débil frente a las fuertes tensiones a que está sometido y acabaría rompiéndose, pero como consecuencia del método de machaqueo y clasificación, así como por la manipulación del árido en los procesos de carga, transporte y descarga, se producen en los acopios de balasto, fragmentos de piedra cuya dimensión mínima, o espesor es menor de 25 mm.

A fin de controlar la cantidad de fragmentos cuya dimensión mínima es menor de 25 mm, el Pliego Adif Vía, PAV 3-4-0.0 (7ª edición), establece los porcentajes máximos admisibles de dichos elementos con respecto al peso total de la muestra.

5.3.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este ensayo es determinar el tanto por ciento, respecto de la masa total de la muestra de los elementos de balasto con espesores inferiores a 25 y 16 mm.

5.3.2.1. PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA POR EL TAMIZ DE BARRAS DE 25 mm Y ES RETENIDO POR EL TAMIZ DE 16 mm (EM_{25-16})

El primero de los resultados a obtener, es el correspondiente a la fracción de muestra, expresado en tanto por ciento, respecto de la masa total de la muestra, que pasa por el tamiz de barras de 25 mm y retiene el de 16 mm (EM_{25-16}), estando el porcentaje de material admisible entre estos tamices de barras, en función del Coeficiente de resistencia a la fragmentación Los Ángeles, según la fórmula:

$$C = 39,5 - CLA$$

siendo :

C = Tanto por ciento admisible de elementos con espesor mínimo comprendido entre 25 y 16 mm.

CLA = Coeficiente de Resistencia a la Fragmentación "Los Ángeles".

Se establecen unas tolerancias penalizables por el sistema PIT, para el material que ha pasado por el tamiz de barras de 25 mm y ha sido retenido en el tamiz de barras de 16 mm, en función del Coeficiente de resistencia a la fragmentación Los Ángeles obtenido, según la fórmula:

$$C' = 43,5 - CLA$$

Por lo tanto, a efectos del P.I.T., los valores obtenidos entre "C" y "C'", corresponderán a incumplimientos tolerados.

En cualquier caso, el valor máximo admisible o tolerable de EM_{25-16} , tendrá como límite el 27%, pues si rebasase dicho valor sería considerado directamente resultado rechazable a efectos del P.I.T.

5.3.2.2. PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ DE BARRAS DE 16 MM ($EM_{<16}$)

El segundo de los resultados a obtener es el correspondiente a la fracción de muestra en tanto por ciento, que pasa por el tamiz de barras de 16 mm

($EM_{<16}$). El porcentaje de material admisible, cuyo espesor es menor de 16 mm ($EM_{<16}$), debe ser inferior al 5% del peso total de la muestra ensayada. Para el sistema PIT se tolera un porcentaje entre el 5% y el 7% de elementos con espesor menor de 16 mm.

5.3.3. APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Balanza de resolución 1g, precisión de un 0,1 % de la masa de la muestra para ensayo y capacidad no menor de 20 kg.
- Bandejas, cogedores y cepillos para manipulación de muestras.
- Dos tamices cuya separación entre barras sea de 25 mm y 16 mm respectivamente, de acuerdo con la Fig. 5.3.3.3 (Foto 5.3.3.3).

5.3.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra no requiere ninguna operación de preparación adicional de la expresada en el capítulo 5.1.

5.3.5. PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Se inicia el procedimiento de ejecución del ensayo pasando manualmente el material de la muestra total de ensayo (40 - 50 kg) por el tamiz con separación entre barras de 25 mm (Foto 5.3.5). La fracción que retiene dicho tamiz se coloca en las bandejas necesarias, que están taradas y referenciadas, y se pesan sucesivamente anotando los resultados obtenidos en la Hoja de Cálculo de resultados de laboratorio (Fig. 5.1). Estas anotaciones permiten calcular y anotar la masa neta de la fracción de muestra retenida en el tamiz de barras de 25 mm.

A continuación, el resto del material que ha pasado por el tamiz de 25 mm, se criba por el tamiz de 16 mm de separación entre barras. Seguidamente se recogen y se pesan separadamente, tanto la fracción que retiene dicho tamiz de 16 mm, como la que ha pasado por el mismo, anotándose los valores de ambas pesadas en las casillas correspondientes de la Hoja de Cálculo (Fig. 5.1).

A fin de no manipular repetidamente el material fino y el polvo de la muestra y contribuir a solventar los inconvenientes de higiene y potencial pérdida del material que pasa por el tamiz de 16 mm y queda retenido en el fondo, se apartan manualmente, en una bandeja, todos los fragmentos de piedra inferiores a 15 mm junto con el polvo, para no arrastrar dicho material durante la realización del resto de los ensayos.

5.3.6. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El ensayo dará los siguientes resultados finales:

5.3.6.1. PORCENTAJE DE MASA QUE PASA POR EL TAMIZ DE BARRAS DE 25 mm Y ES RETENIDA POR EL TAMIZ DE BARRAS DE 16 mm

Es la masa del material retenida entre los tamices de barras mencionados con respecto a la masa total de la muestra expresada en tanto por ciento y con un sólo decimal:

$$EM_{25 - 16} = \frac{100 m}{M}$$

siendo:

m = Masa retenida entre tamices de barras de 25 y 16 mm.

M = Masa total de la muestra para ensayo.

5.3.6.2. PORCENTAJE DE MASA QUE PASA POR EL TAMIZ DE BARRAS DE 16 mm

Es la masa del material que pasa por el tamiz de barras de 16mm, con respecto a la masa total de la muestra para ensayo, expresada en tanto por ciento y con un sólo decimal:

$$EM_{< 16} = \frac{100 m'}{M}$$

siendo:

m' = Masa que pasa por el tamiz de barras de 16 mm.

M = Masa total de la muestra para ensayo.

5.4. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ACICULARES Y LAJOSOS (ÍNDICE DE FORMA)

5.4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las formas poliédricas de aristas vivas, en las piedras de balasto, dificultan el resbalamiento entre las mismas y la consiguiente deformación plástica de la banqueta en la vía. Por otra parte, las piedras con una dimensión dominante sobre alguna de las otras dos se fraccionan fácilmente, por lo que alteran la granulometría y se acoplan más densamente al paso de los trenes, dando lugar a deformaciones en la banqueta.

Como consecuencia de lo anteriormente dicho, resulta necesario determinar con precisión el índice de forma de una muestra de balasto.

Este apartado especifica un método para la determinación del índice de forma, que se establece por el porcentaje de elementos aciculares y lajosos, conjuntamente, contenidos en la fracción de muestra que retiene el tamiz de luz cuadrada de 22,4 mm, con respecto a la masa que representa dicha fracción.

5.4.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Las partículas individuales de una muestra de balasto se clasifican de acuerdo con la relación entre su longitud L (mayor dimensión) y su espesor E (menor dimensión).

El objeto de este ensayo es determinar, en la fracción de muestra retenida en el tamiz de luz 22,4 mm, el porcentaje de partículas que tienen su mayor dimensión superior al triple de su dimensión menor, medidas ambas según dos pares de planos perpendiculares entre sí y paralelos dos a dos (plantilla móvil), que se ajustan perimetralmente a cada partícula según las citadas dimensiones.

La masa de los elementos que cumplan la condición anterior, no debe representar un porcentaje en la fracción de masa comentada superior al 10%. Para el sistema PIT, se admite una tolerancia entre el 10 y el 12% de la masa de la muestra retenida en dicho tamiz.

5.4.3. APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

- Balanza de resolución 1g, precisión de un 0,1% de la masa para ensayo y capacidad superior a 20 kg.
- Plantilla móvil (Fig. 5.4.3.2).
- Dicha plantilla se caracteriza porque, al deslizar la parte móvil según la dirección obligada por la ranura situada en la base inferior del triedro o parte fija de la misma, mantiene en todo su desplazamiento la relación de dimensiones 3:1 del lado mayor del rectángulo formado por los bordes de las paredes laterales, respecto del lado menor del mismo.
- Bandejas y cogedor de manipulación de muestras.

5.4.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra no requiere ninguna preparación adicional a la expresada en el capítulo 5.1.

5.4.5. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Una vez colocada la muestra para ensayo en las bandejas de manipulación, el laborante tomará cada piedra individualmente a fin de visualizar su forma y las clasificará, examinándolas de “*visu*”, según los tres grupos siguientes (Foto 5.4.5.a Anejo III):

- a) **Cuboides.** Pertenecen a este grupo aquellos elementos que no presentan forma de laja o acícula, dado que su dimensión mayor es claramente inferior a tres veces su dimensión menor o espesor. Estas partículas no será necesario medirlas con la plantilla móvil y se colocarán en las bandejas necesarias.
- b) **Aciculares o lajosas.** Pertenecen a este grupo aquellas piedras que presentan forma de laja o acícula, dado que su longitud mayor es claramente superior a tres veces su dimensión menor o espesor. Estas partículas no será necesario medirlas con la plantilla móvil y se colocarán directamente en la bandeja identificada correspondiente.
- c) **Partículas dudosas.** Existen otros elementos que a simple vista no se pueden conceptualizar como lajas ni como acículas. Por ello todos estos elementos dudosos es necesario examinarlos con la plantilla móvil. Una vez examinados, se considerarán acículas o lajas aquellas piedras cuya dimensión máxima toque los dos planos cortos de la plantilla y la dimensión mínima o espesor, toque uno o ninguno de los planos largos de la misma (Foto 5.4.5.b y c). Respecto a la dimensión mínima o espesor, si al realizar este tipo de comprobaciones, se observase que algún elemento pudiera presentar en la plantilla móvil distintas posiciones dudosas, se considerará siempre, después de comprobadas todas ellas, la posición (si existe) en la que se observe que dicho elemento no toca uno de los planos largos de la plantilla. Así mismo, los elementos que, siguiendo este último criterio, toquen los cuatro planos de la plantilla móvil, no serán considerados como elementos aciculares o lajosos. Respecto a la dimensión máxima, se colocará la piedra en la plantilla de tal forma que dicha dimensión sea sensiblemente paralela a la base de la plantilla móvil y a ser posible que se apoye la piedra en dicha base.

Todos los elementos que de visu se consideren claramente lajosos o aciculares, junto con los elementos lajosos o aciculares resultantes de la medición con la plantilla móvil, se juntan y se tamizan por el tamiz de luz cuadrada de 22,4 mm, anotando la masa retenida en dicho tamiz en la casilla correspondiente de la Hoja de Cálculo (Fig. 5.1).

Las partículas dudosas de pequeño tamaño que no se puedan comprobar con la plantilla móvil se medirán con un calibre o pié de rey. Si al realizar este ensayo, durante

la comprobación visual piedra a piedra de la muestra total, apareciese algún elemento de dimensión máxima próxima a 100 mm, se medirá con un calibre, para cerciorarse si la longitud máxima es inferior o no a 100 mm. Aquellos elementos cuya dimensión mayor sea igual o exceda los 100 mm, se apartarán, se pesarán y se calculará su porcentaje con respecto a la muestra total, anotando dichos valores en el apartado 3 Partículas de longitud máxima ≥ 100 mm de las hojas de cálculo de resultados (Figs. 5.1 y 6.6.2).

5.4.6. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

El índice de forma es la masa de las partículas aciculares y lajosas conjuntas, retenidas en el tamiz de 22,4 mm de luz cuadrada, con respecto a la masa de la muestra para ensayo retenida en dicho tamiz, expresado en tanto por ciento y con un sólo decimal.

$$IF = \frac{100 m}{M}, \text{ donde:}$$

m = masa de las acículas y lajas retenidas en el tamiz de luz cuadrada de 22,4 mm.

M = masa de la fracción de muestra para ensayo retenida en el tamiz de luz cuadrada de 22,4 mm (este dato se deducirá del ensayo granulométrico).

5.5. ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS CUYA LONGITUD MÁXIMA ES IGUAL O MAYOR DE 100 mm

Consiste este ensayo en seleccionar, mediante calibre o plantilla, todos los elementos cuya longitud máxima sea mayor de 100 mm. Una vez seleccionados dichos elementos se pesan y se calcula el porcentaje de los mismos respecto de la masa total de la muestra. No debe exceder dicho porcentaje del 4%, siendo el valor tolerable hasta el 6% (ver impreso de Fig. 4.4).

Como en este ensayo hay que visualizar las piedras una por una, conviene realizarlo al mismo tiempo que se hace el ensayo de determinación de elementos aciculares y lajosos.

5.6. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL BALASTO

5.6.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La conveniencia de obtener una curva granulométrica bien graduada para el balasto, cuya relación entre el tamaño máximo ($D = 63$ mm) y mínimo ($d = 31,5$ mm) sea igual a 2, se deriva de la necesidad de conseguir un mayor número de contactos entre partículas, lo cual origina en las mismas un número menor de roturas por dichos contactos y consecuentemente, un inferior asentamiento de la superestructura.

Con estos tamaños de los elementos también se consigue un mejor asiento de las traviesas, una mayor resistencia transversal de la banqueta en las curvas y se facilitan considerablemente las operaciones de bateo.

Los apartados siguientes se han llevado a cabo de acuerdo con la norma UNE-EN 933-1. Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método de tamizado, adaptada al tamaño de 63-31,5 mm del balasto.

5.6.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto del análisis granulométrico del balasto es determinar la curva granulométrica de la muestra para ensayo, que refleja la distribución por tamaños de las partículas del árido.

El ensayo consiste en fraccionar y separar la muestra de balasto, por medio de una serie de tamices, en varias clases granulares de dimensiones decrecientes. La curva granulométrica se determinará mediante una serie de tamices de chapa cuyas aberturas de luz y dimensiones se señalan en el apartado 5.6.4.1. Los valores porcentuales en peso del material que pasa por dichos tamices respecto del peso total de la muestra, han de estar comprendidos dentro del huso granulométrico que establece la Fig. 5.6.2 Anejo II.

5.6.3. NORMAS PARA CONSULTA

UNE-EN 933-2:1995 - Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo. Tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 932-2 - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos de reducción de muestras de laboratorio.

UNE-EN 932-5 - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 5: Equipo común y calibración.

UNE-EN 1097-6 - Ensayos para determinar las características mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de las partículas y de la absorción de agua.

ISO 3310-1:1990 - Tamices de ensayo. Requisitos técnicos y ensayos. Parte 1: Tamices de ensayo de malla metálica.

ISO 3310-2:1990 - Tamices de ensayo - Requisitos técnicos y ensayos. Parte 2.- Tamices de ensayo de chapa metálica perforada.

5.6.4. EQUIPO: APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

Todo el equipo común utilizado en este ensayo deberá cumplir los requisitos generales de la Norma UNE-EN 932-5. Dicho equipo constará del siguiente material:

- Tamices con marcos rectangulares.

De 490 x 380 mm, de chapa perforada con agujeros cuadrados de acuerdo con las Normas UNE-EN 933-1 y 933-2, cuyas formas y dimensiones son las de la Fig. 5.6.4.1, siendo las aberturas de luces o agujeros de mayor a menor respectivamente, 63-50-40-31,5 y 22,4 mm, más un tamiz ciego de fondo (Foto 5.6.4.1 Anejo III). Estos tamices de chapa perforada cumplen con las exigencias técnicas de la Norma UNE-EN 933-5, debiendo tener un espesor nominal de chapa entre 2 y 3 mm. Han sido calculados de acuerdo con los requisitos de la Norma UNE-EN 7050-97/4 respetando la separación entre agujeros que en ella se recomienda.

- Bastidor metálico para colocación de tamices de ensayo a un metro aproximadamente de altura sobre el suelo. En los huecos del plano superior del mismo se colocarán dichos tamices, separados entre sí 10-15 cm. Debajo de los tamices, a una distancia de 25-30 cm de los mismos se dispone una chapa (sujeta a las patas y travesaños del mismo bastidor) sobre la que se puedan colocar las bandejas necesarias para recoger el material que pasa por los tamices (Fotos 5.6.4.2 a y b).

- Balanza de precisión.
De capacidad mayor de 20 kg, resolución de 1 g y precisión $\pm 0,1\%$ de la masa de la muestra de ensayo, situada encima de una mesa o bancada rígida que tenga dimensiones apropiadas para poder manipular varias bandejas.
- Bandejas para manipulación de muestras.
Aconsejables de 40 x 40 mm y de 60 x 60 mm.
- Pala, cogedor de mano plano y cepillo.
- Impresos correspondientes para anotación de datos y cálculo.

5.6.5. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

La muestra no requiere ninguna preparación adicional a la expresada en 5.1.

5.6.6. PROCEDIMIENTO OPERATIVO

El método adoptado en la Norma 933-1 se funda en el lavado, secado, y su posterior tamizado. No obstante, de acuerdo con la nota del apartado 4 de dicha Norma, el tamizado se recomienda realizarlo por vía seca, puesto que el balasto es un material que, generalmente, está exento de partículas aglomerantes.

En términos generales, el ensayo consiste en verter poco a poco y pasar, mediante tamizado manual, toda la muestra para ensayo seca (40-50 kg) por la serie de tamices descritos en 5.6.4.1. Esta serie está constituida por un cierto número de tamices encajados en los huecos del plano superior del bastidor metálico, uno al lado del otro, en orden de luz de mallas decrecientes. En un segundo plano, a 25 - 30 cm del superior, se encuentran situadas las bandejas de recogida del material que pasa por cada tamiz. Las fracciones retenidas en cada uno de los tamices, se recogen mediante los utensilios especificados en 5.5.4.5. Dichas porciones retenidas se pesan individualmente en la balanza y se anota el valor de las pesadas en la Hoja de Cálculo (Fig. 5.1).

Los métodos operativos utilizados en la realización de este ensayo pueden ser diversos, por lo que se indica un procedimiento operativo que se recomienda sea de uso general a efectos de eliminar dispersiones en los resultados.

El ensayo de análisis granulométrico se comienza vertiendo sobre el tamiz de agujeros cuadrados, cuya abertura de luz es de 50 mm de lado, una de las bandejas en las que está repartida la muestra para ensayo (40-50 kg), puesto que se supone que por el tamiz de 63 mm debería pasar prácticamente toda la muestra. Se observará que gran parte del material pasa directamente por los agujeros del tamiz y cae sobre la bandeja situada debajo, mientras que otra parte del mismo se queda retenida en dicho tamiz. Esta parte retenida de la muestra es necesario que el laborante la tamice removiendo con las manos el tiempo suficiente hasta cerciorarse de que los fragmentos de piedra que quedan finalmente retenidos en dicho tamiz no pasan por los agujeros del mismo. Esta primera parte del material retenido se recoge en una bandeja vacía. A continuación se vuelca una segunda bandeja que contiene otra parte de la muestra para ensayo sobre el mismo tamiz de 50 mm y se tamiza exactamente igual que como se hizo con la primera bandeja; se recoge el material retenido y se deposita en la misma bandeja que contiene el material retenido en el tamiz de 50 mm durante la operación anterior.

Las bandejas restantes (tercera, cuarta) que contienen la muestra para ensayo, se pasan tamizando exactamente igual por el tamiz de 50 mm y se recogen los respectivos retenidos que se irán juntando en varias bandejas si no cupiese todo el retenido de este tamiz en una sola. El retenido del tamiz de 50 mm se pasa entonces por el tamiz de 63 mm de luz y se separa el retenido de este tamiz (si existiese) en otra bandeja. De esta manera se habrá evitado pasar gran parte de la muestra por el tamiz de 63 mm de luz y

se habrán obtenido los retenidos de 63 mm y de 50 mm separados e identificados en las bandejas correspondientes.

A continuación, todo el material que ha pasado por el tamiz de 50 mm y ha quedado recogido en las bandejas situadas bajo el mismo, se pasará, poco a poco, tamizando manualmente, mediante un cogedor plano, por el tamiz de agujeros de 40 mm. Se observará igualmente que hay parte de este material que pasa directamente a las bandejas situadas debajo del mismo y otra parte, en este caso más abundante, que, después de removida convenientemente con las manos, queda retenida en dicho tamiz. La parte retenida se extrae del tamiz y se recoge en las bandejas necesarias que se separarán e identificarán convenientemente como retenido del tamiz 40 mm, para no confundirlas con las bandejas que contienen material de otros tamaños.

Siguiendo el mismo procedimiento descrito hasta ahora, se separará e identificará el material que ha pasado por el tamiz de agujeros de 40 mm y ha retenido el de 31,5 mm. Se continuará tamizando y recogiendo el resto del material por el tamiz siguiente de 22,4 mm hasta llegar al retenido de fondo que es el material (incluido el polvo) que ha pasado por el tamiz de agujeros de 22,4 mm y ha quedado retenido en la bandeja final ciega. Al material recogido en el tamiz de fondo de este ensayo se agregará, antes de ser pesado, el polvo más el material fino que se separará para evitar la contaminación en el ensayo de determinación de elementos de espesor mínimo (Apartado 5.2).

5.6.7. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Una vez obtenidos todos los retenidos de material correspondientes a cada tamiz, se pesan las bandejas por separado, anotando cada peso en la casilla correspondiente "Masa + Tara" de la Hoja de Cálculo (Fig. 5.1). Dado que todas las bandejas están taradas y referenciadas se calcula su masa neta. Mediante la Hoja de Cálculo se deduce la siguiente columna, masa que pasa por cada tamiz. Estos datos permiten calcular los porcentajes de material que pasa por cada tamiz, respecto del peso total de la muestra, los cuales definen la curva granulométrica. Estos resultados se expresarán con una cifra decimal.

Los valores exigidos por el vigente Pliego PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) y sus tolerancias, vienen definidas por las líneas continuas y discontinuas que definen el huso granulométrico (Fig. 5.6.2).

La suma de todas las masas retenidas por los tamices, ha de ser igual a la masa total de la muestra y ha de coincidir así mismo, con una aproximación de ± 100 g, con la masa total que se obtenga al sumar los retenidos de los tamices de barras y de fondo correspondientes al ensayo de determinación de elementos de espesor mínimo. Esta coincidencia de masas totales nos corrobora la correcta ejecución de las pesadas efectuadas en ambos ensayos.

5.6.8. MÉTODOS DE VERIFICACIÓN DE TAMICES DE CHAPA PERFORADA

Para llevar a cabo el control de conformidad de los tamices de chapa perforada con las exigencias indicadas en el apartado 5.6.4.1 puede elegirse cualquier abertura, de acuerdo con la Norma UNE-EN 7050-97/4. No obstante, en cualquier caso, debe verificarse el tamiz de 50 mm o el de 40 mm que son los que sufren mayor desgaste.

- Ensayo nº 1. Examen del aspecto general de la chapa perforada.

El proceso debe ser el mismo que para el caso de tamices de tela metálica (véase UNE-EN 7050-97/4), es decir que el método "handicap" se aplica a cada abertura y a cada distancia entre centros, examinando cuidadosamente y metódicamente su uniformidad sobre un fondo iluminado. Si se observan defectos manifiestos el tamiz debe ser rechazado.

- Ensayo nº 2 Medida de las aberturas.

Las medidas de las aberturas deben ser verificadas en una zona cualquiera de la chapa perforada del tamiz a lo largo de dos líneas de direcciones diferentes, considerando en cada una de ellas al menos 10 cm de longitud y midiendo al menos 5 aberturas en cada una de las direcciones.

Si no se alcanza el número mínimo de aberturas que deben ser examinadas en cualquiera de las direcciones elegidas, deberán ser verificadas todas las aberturas del tamiz.

Las tolerancias para las aberturas individuales se indican en la Tablas 5.6.8. (1) y (2) (tomadas de la Norma UNE-EN 7050-97/4).

- Ensayo nº 3. Control de las distancias entre centros.

Las distancias entre centros de las aberturas deben ser verificadas, lo que puede llevarse a cabo al mismo tiempo que el ensayo nº 2.

- Ensayo nº 4. Espesor de chapa.

Debe medirse el espesor de chapa para comprobar que cumple las exigencias de las Tablas 5.6.8. (1) y (2).

5.7. ENSAYO DE LIMPIEZA DE BALASTO

5.7.1. CONSIDERACIONES

El balasto debe estar exento de polvo y material fino, ya sea procedente de propia fabricación de la piedra, ya sea consecuencia de la contaminación de los acopios por el viento, o bien proceda de maniobras defectuosas de recogida en estos acopios por las palas cargadoras. Este polvo actúa de lubricante (en mayor grado si contiene alguna humedad), facilitando el encaje de elementos de balasto entre sí y produciendo deformaciones plásticas en la banqueta, además de dificultar el drenaje de la misma.

De acuerdo con el PAV. 3-4-0.0 (7ª edición) y las normas UNE-EN 13450 y UNE 146147, la limpieza del balasto para los Tipos "1", "2" y "3", se determinará por medio de los ensayos de partículas finas y de finos que se desarrollan a continuación.

5.7.2. PARTÍCULAS FINAS

5.7.2.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto del ensayo es determinar la cantidad de material fino (que pasa por el tamiz de abertura 0,5 mm), que contiene la muestra de balasto. El porcentaje admisible de dicho material fino no debe exceder del 0,6% del total de la muestra (tipificado en la categoría A de la Norma UNE-EN 13450, aunque se admite una tolerancia penalizada por el sistema P.I.T. hasta el 0,8%).

5.7.2.2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

- Balanza de resolución 1 g y precisión 0,1% de la muestra para ensayo.
- Tamiz con luz de malla cuadrada de 0,50 mm (Foto 5.7.2).
- Bandejas cuadradas de 40 x 40 cm y de otras dimensiones.
- Cepillo de recogida de finos.

5.7.2.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Al realizar el análisis granulométrico sobre muestras secas sin lavado previo, la fracción de muestra que pasa por el último tamiz de agujeros cuadrados de 22,4 mm de luz, que se recoge en el tamiz ciego de fondo, es la que se utiliza para realizar el ensayo de limpieza de la piedra (determinación del material fino que pasa por el tamiz 0,5 mm).

5.7.2.4. MÉTODO OPERATIVO

El material retenido de fondo correspondiente al ensayo granulométrico, referenciado en el último punto del apartado anterior, se tamiza en seco mediante un tamiz de luz de malla cuadrada de 0,50 mm de abertura, sobre una bandeja cuadrada de 40 cm de lado (Foto 5.7.2).

Una vez efectuado este tamizado se pesa todo el material retenido en dicho tamiz mediante una bandeja, en la balanza de resolución 1g y precisión 0,1% de la muestra para ensayo. A continuación se anota dicho peso en la correspondiente Hoja de Cálculo (Fig. 5.1), la fracción que ha pasado por el tamiz de 0,5 mm se recoge en una bandeja pequeña y se guarda hasta el finalizar los ensayos, por si hubiese que utilizarla para la determinación de finos por lavado.

5.7.2.5. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Según el procedimiento descrito, el porcentaje de limpieza es el peso de polvo y material fino menor de 0,50 mm con respecto al peso total de la muestra para ensayo, expresado en tanto por ciento y con un solo decimal. La cantidad de polvo y material fino de la muestra menor de 0,50 mm, se obtendrá por la diferencia entre la cantidad de retenido de fondo resultante en el análisis granulométrico y la cantidad retenida en el tamiz de 0,50 mm después de tamizar en seco dicho fondo.

$$L = \frac{100 (f - m)}{M}$$

donde:

m = masa del material retenido en tamiz 0,50 mm.

M = masa total de la muestra para ensayo.

f = masa del material retenido en el tamiz ciego de fondo del análisis granulométrico y que ha pasado por el tamiz de agujeros cuadrados de 22,4 mm de luz.

5.7.3. FINOS (POLVO)

5.7.3.1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este ensayo es determinar la cantidad de material fino (que pasa por el tamiz de 0.063 mm), procedente del machaqueo y de otras causas, que contiene la muestra de balasto que se ensaya. Se ha de realizar por vía húmeda y el porcentaje de dicho material fino no debe exceder del 0,5% del

total de la muestra (tipificado en la categoría "A" de la norma UNE-EN, aunque se admite una tolerancia penalizada por el sistema P.I.T. hasta el 0,7%.

5.7.3.2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

- Estufa, de capacidad suficiente y con regulación controlada, de temperatura hasta 110 ± 5 °C.
- Balanza de resolución 1 g y precisión 0,1% de la muestra para ensayo.
- Tamiz con luz de malla de 0,063 mm.
- Bandejas cuadradas de 40 x 40 cm y de otras dimensiones.
- Cepillo de recogida de finos.

5.7.3.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Cuando se tenga que realizar este ensayo, convendrá realizarlo después de secar la muestra en estufa durante 10 horas como mínimo y enfriarla posteriormente durante 2 horas. A continuación se pesa la muestra, se anota la pesada y se procede al lavado de la muestra siguiendo el procedimiento descrito en la Norma EN 933-1. Este lavado debe ser suficiente para obtener la completa separación y suspensión de los finos.

NOTA.- Es conveniente, si se observa una cantidad apreciable de material fino adherido que, una vez seca y fría la muestra, se introduzca en una o dos espuelas de goma limpias, cubriéndolas con agua, durante 1 hora como mínimo, removiéndolas con las manos el balasto al cabo de dicho tiempo, para que se dispersen y disgreguen todos los finos adheridos a las piedras. Si fuese necesario se añadiría algún tipo de dispersante como Exametafosfato Sódico.

5.7.3.4. MÉTODO OPERATIVO

Se mojan ambos lados de un tamiz de 0,063 mm y se coloca encima de él un tamiz de protección (de 2 mm por ejemplo). Se vierte el contenido del recipiente de lavado del balasto poco a poco por el tamiz superior y se continúa el tamizado mediante lavado hasta que el agua que fluya por el tamiz de ensayo de 0,063 mm sea clara.

Una vez efectuado el correspondiente lavado y tamizado por el tamiz 0,063 mm, se ha de secar nuevamente la muestra total resultante, retenida en dicho tamiz a 110 ± 5 °C durante un mínimo de 10 horas.

Una vez seco y frío se pesa todo el material retenido en dicho tamiz mediante las bandejas necesarias, en la balanza de resolución 1g y precisión 0,1% de la muestra para ensayo.

5.7.3.5. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

La cantidad de polvo y material fino que pasa por el tamiz 0,063 mm, se obtendrá por la diferencia entre la cantidad de muestra inicial seca antes de lavarla y la cantidad de muestra resultante seca, después de haber sido tamizada en vía húmeda por el tamiz 0,063 mm y se expresará en % respecto de la masa total inicial seca, antes del lavado, con un solo decimal.

Para el cálculo tendremos:

$$L = 100 \frac{M - m}{M}$$

donde:

L= porcentaje de finos que pasan por el tamiz de 0,063 mm, respecto de la muestra total M.

m= masa del material retenida en el tamiz de 0,063 mm, seca, después de lavada y tamizada.

M= masa total de la muestra para ensayo seca, antes de lavarla.

Si hubiese que efectuar el ensayo de determinación de finos que pasan por el tamiz 0,063 mm después de haber realizado el ensayo por tamizado en seco (material que pasa por el tamiz 0,50 mm), habrá que recuperar el material que pasó en seco por el tamiz 0,50 mm y volverlo a juntar con el retenido de dicho tamiz. Entonces se procederá al lavado de toda la muestra y posterior tamizado (vía húmeda) por el tamiz 0,063 mm. Después se seca y enfría toda la muestra de la manera ya descrita, se pesa la masa total limpia y seca y por diferencia de peso con la masa de la muestra total inicial seca (antes de lavarla), se obtiene la masa de material que ha pasado por el tamiz 0,063 mm de luz cuyo porcentaje se calcula (según fórmula anterior).

Este último procedimiento descrito conlleva el pequeño error de no poder considerar, a efectos de cálculo, el polvo que se volatiliza y escapa en las operaciones de tamizado y transvase de material entre bandejas.

5.8. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN (COEF. DE DESGASTE "LOS ÁNGELES", C.L.A.)

5.8.1. CONSIDERACIONES

La resistencia al desgaste de las muestras de balasto se medirá por el coeficiente de resistencia a la fragmentación Los Ángeles. Durante el ensayo que a continuación se describe, basado en la Norma UNE-EN 1097-2, los áridos sufren una combinación de atrición e impacto, siendo este último efecto el más importante.

La resistencia de la piedra al desgaste, por dichos conceptos, se determinará por el método de ensayo "Los Ángeles" (abreviadamente CLA), que se describe en los apartados 4 y 5 de la Norma UNE-EN 1097-2, teniendo en cuenta las modificaciones de procedimiento de ensayo, que se corresponden con lo expresado en el Anejo C de la norma UNE-EN 13450.

5.8.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El objeto de este ensayo es determinar la resistencia a la fragmentación y desgaste por choque y atrición de los áridos gruesos empleados como balasto en las vías de ferrocarril.

5.8.3. NORMAS PARA CONSULTA

UNE-EN 932-1:1996 - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.

UNE-EN 932-2 - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 2: Métodos para la reducción de las muestras de laboratorio.

UNE-EN 932-5 - Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 5: Equipo común y calibración.

UNE-EN 933-1:1997 - Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.

UNE-EN 933-2:1995 - Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2.- Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.

UNE-EN 1097-6 - Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6: Determinación de la densidad de las partículas y la absorción de agua.

UNE-EN 1025:1993 - Productos laminados en caliente de acero no aleado para construcciones metálicas de uso general. Condiciones técnicas de suministro (incluida la modificación A1: 1993).

5.8.4. APARATOS Y MATERIALES NECESARIOS

Salvo indicación en contra, los aparatos empleados cumplirán los requisitos generales establecidos en la Norma UNE-EN 932-5.

- Tamices de ensayo, conformes a la Norma UNE-EN 933-2, con tamaños de aberturas de 50, 40, 31,5 y 1,6 mm.
- Balanza, de resolución 1g, 20 kg de capacidad y precisión de 0,1% de la masa de la muestra.
- Equipo para la reducción de la muestra de laboratorio, hasta obtener una muestra de ensayo, como el descrito en la Norma UNE-EN 932-2.
- Máquina. La máquina para el ensayo de resistencia a la fragmentación «Los Ángeles», tendrá las características que se indican en la Fig. 5.8.4.1 (Foto 5.8.4.1.a), estando constituida por los siguientes componentes principales.
 - Cilindro fabricado de plancha de acero para la construcción de 12 mm de espesor conforme a la calidad S275 de la Norma UNE-EN 10025:1993, seleccionado para que pueda ser moldeado sin esfuerzos excesivos y soldado sin deformación significativa. El cilindro deberá estar cerrado por ambos extremos y deberá tener un diámetro interior de (711 ± 5) mm y una longitud interior de (508 ± 5) mm. Se deberá apoyar mediante dos bulones fijos horizontales montados en el centro de sus paredes laterales, sin llegar a penetrar en el interior del mismo. El cilindro deberá estar montado de modo que gire alrededor de un eje horizontal.

Dispondrá de una abertura de (150 ± 3) mm de ancho, situada preferentemente a lo largo del tambor, para facilitar la introducción y la retirada de la muestra al inicio y a la terminación del ensayo. La tapa o cubierta, diseñada de modo que no altere la forma cilíndrica de la superficie interior, deberá cerrar herméticamente el tambor para impedir la salida del material fino durante el ensayo.

En la superficie cilíndrica interior se deberá colocar una placa saliente (entrepáño de volteo), situada entre 380 mm y 820 mm del borde más cercano a la tapa. Esta distancia deberá medirse a lo largo del interior del tambor, en el sentido de giro. La placa deberá tener una sección transversal rectangular, con una longitud igual a la del cilindro, una anchura de (90 ± 2) mm, un espesor de (25 ± 1) mm, y se deberá fijar rígidamente en un plano diametral, según una línea generatriz del cilindro.

La placa deberá ser sustituida cuando su anchura sea menor de 86 mm en cualquiera de sus puntos, y su espesor sea menor de 23 mm en cualquiera de sus puntos.

La base de la máquina deberá apoyar directamente sobre un pavimento de hormigón o de bloques de roca, convenientemente nivelado.

NOTA - la tapa o cubierta debería ser del mismo acero que el tambor. La placa saliente debería ser del mismo acero o de un grado más alto.

- **Carga abrasiva** consistente en 12 bolas de acero esféricas, con un diámetro entre 45 y 49 mm cada una de ellas y una masa comprendida entre 400 g y 445 g. La masa total deberá estar comprendida entre 5.120 y 5.300 g (Foto 5.8.4.1.b).

NOTA - La masa nominal de la carga constituida por bolas nuevas es de 5.280 g. Se admite una tolerancia positiva de 20 g, para absorber las variaciones de su fabricación, y una tolerancia negativa de 160 g, para absorber el desgaste producido por el uso.

- **Motor** para imprimir al tambor una velocidad de rotación entre 31 r.p.m. y 33 r.p.m.
- **Bandeja** para la recogida del material y las bolas después del ensayo.
- **Contador de revoluciones**, para la detención automática del motor después de dar el número de vueltas necesario (1.000).

5.8.5. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN

5.8.5.1 FUNDAMENTO DEL MÉTODO

La muestra de árido seleccionada para el ensayo se voltea en el interior de un recipiente cilíndrico giratorio, junto con las bolas de acero. Tras el volteo, se determina la cantidad de material retenida por el tamiz de 1,6 mm.

5.8.5.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DE BALASTO (FRACCIONES: 31,5 - 40mm Y 40 - 50mm UNE)

Una vez realizado el ensayo granulométrico, del material retenido en el tamiz de 40 mm de luz (fracción 40 - 50 mm), así como del material retenido en el tamiz de 31,5 mm de luz (fracción 31,5 - 40 mm), se extraerán por cuarteo las cantidades que figuran en la Tabla 5.8.5. Las masas que componen la muestra para ensayo deberán ser pesadas con una balanza de resolución 1 g y precisión 0,1% del peso de la muestra, según los valores que indica la Tabla 5.8.5.

Tabla 5.8.5.

Tamaños de tamices (mm)		Masas de la muestra para ensayo (g)
Pasa	Retiene	
50,0 mm	40,0 mm	5.000 +/- 50
40,0 mm	31,5 mm	5.000 +/- 50
Totales		10.000 +/- 100

Cuando parte de alguna muestra de balasto se tenga que machacar en el laboratorio para obtener las cantidades de ensayo necesarias, se hará constar en el informe correspondiente debido a la influencia de la forma de las partículas en el resultado del ensayo.

NOTA.- El árido ha de haberse secado previamente durante 10 horas en estufa a 110±5 °C y enfriado durante 2 horas antes de realizar los ensayos, pues se ha demostrado experimentalmente en el C.T.E.I. de Adif que la humedad o grado de saturación de la

pedra en este ensayo es un factor que influye de manera notable en la determinación del coeficiente "Los Ángeles". Sin embargo, el lavado antes y después de este ensayo se ha demostrado que ejerce muy poca influencia en el resultado del mismo, por lo cual se pueden omitir (como norma general) las operaciones de lavado antes y después.

5.8.5.3. PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Comprobar que el cilindro o tambor esté limpio antes de introducir la muestra. Comprobar el peso del abrasivo y colocar cuidadosamente las bolas de acero en la máquina y, a continuación, introducir la muestra preparada para el ensayo. Poner la cubierta en su posición y hacer girar la máquina durante 1000 vueltas, a una velocidad constante entre 31 r.p.m. y 33 r.p.m.

Concluidas las vueltas programadas se verterá el árido desgastado mas el abrasivo sobre una bandeja dispuesta debajo del equipo, tomando la precaución de que la abertura esté justo encima de la bandeja para evitar pérdida de material. Limpiar el tambor, extrayendo todos los finos, y prestando especial atención a las zonas próximas a la placa saliente. Retirar con cuidado la carga de bolas de la bandeja, evitando perder partículas de árido.

Tamizar el material de la bandeja según establece la Norma EN 933-1, utilizando un tamiz 1,6 mm de abertura.

5.8.6. CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

El resultado del ensayo (coef. De Desgaste "Los Ángeles", C.L.A.), es la diferencia entre la masa inicial de la muestra seleccionada para el mismo y la masa de esta misma muestra retenida en el tamiz 1,6 mm al final del ensayo, expresada como tanto por ciento respecto de dicha masa inicial.

$$CLA = \frac{A - B}{A} 100$$

donde:

A = Masa inicial en gramos (10.000 ± 100 g).

B = Masa final en gramos (fracción retenida en el tamiz 1,6 mm).

El resultado del ensayo recibe el nombre de Coeficiente de Resistencia a la Fragmentación (desgaste) y se expresa con un solo decimal.

De acuerdo con la Norma UNE-EN 13450 "Áridos para balasto" y la norma española UNE 146147, el Coeficiente de Resistencia a la Fragmentación "Los Ángeles" permite definir tres categorías o tipos de balasto:

- **BALASTO TIPO "1"**: Para los sistemas ferroviarios de alta velocidad (≥ 200 km/h) con Coeficiente de resistencia a la fragmentación "Los Ángeles" (CLA) no superior a catorce (14) (categoría LA_{RB}14 de la Norma UNE-EN 13450).
- **BALASTO TIPO "2"**: Para la red convencional (< 200 km/h) con Coeficiente de resistencia a la fragmentación "Los Ángeles" no superior al diez y seis (16) (categoría LA_{RB}16 de la Norma UNE-EN 13450).
- **BALASTO TIPO "3"**: Para las líneas de ancho de vía inferior a UIC (< 1.436 mm) y líneas Tipo C de la Clasificación de Líneas Adif, realizada por el Ministerio de Fomento (Fig. 0), se admitirá un Coeficiente "Los Ángeles" no superior a veinte (20). (categoría LA_{RB}20, de la Norma UNE-EN 13450).

Para usos especiales que deberán ser técnicamente justificados por el proyecto, o por la Administración de Infraestructuras Ferroviarias se podrá exigir balasto con Coeficiente "Los Ángeles" no superior a doce (12) (categoría LA_{RB}12, de la Norma UNE-EN 13450).

Exclusivamente para consumos de balasto para mantenimiento de vía de sistemas ferroviarios de alta velocidad, mediante bateo mecanizado, se podrá utilizar balasto Tipo "2" si el balasto preexistente en vía fue suministrado de una cantera de Tipo "2".

6. EL AUTOCONTROL DE CALIDAD REALIZADO EN CANTERA

6.0. CONSIDERACIONES GENERALES

En general, la calidad del balasto se ha de comprobar periódicamente en las diferentes fases de su recorrido, pero es en el punto de origen, es decir, en la fase de producción del mismo en cantera, donde más necesario se hace realizar la pertinente toma de muestras y ensayos de control, (Autocontrol en cantera), en orden a conseguir y mantener las características, tanto de forma como geotécnicas que se prescriben en el vigente Pliego Adif Vía, PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

6.1. INTRODUCCIÓN

En este apartado se establecen los requisitos que debe cumplir un sistema de autocontrol de producción de balasto, que asegure que todo el balasto producido por una cantera se adapta a las especificaciones del vigente Pliego de Prescripciones Técnicas y Administrativas para el suministro y utilización de balasto, PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

El comportamiento del Sistema de Control de la Producción de Balasto en Planta se evalúa de acuerdo con los principios utilizados en este apartado.

6.2. ORGANIZACIÓN

6.2.1. RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD

El especialista de calidad designado en la cantera, que realiza y verifica el trabajo de autocontrol de calidad de balasto, estará interrelacionado con el resto del personal y será el responsable de:

- Iniciar las acciones oportunas para evitar la existencia de balasto no conforme con el PAV 3-4-0.0, (7ª Edición).
- Identificar y registrar cualquier desviación de la calidad del balasto.
- Informar a la Dirección de la cantera y al responsable de control de calidad de Adif, de las acciones indicadas en los dos puntos anteriores.

6.2.2. REPRESENTANTE DE LA DIRECCIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE BALASTO EN PLANTA

Para cada cantera y planta de producción de balasto, el fabricante deberá nombrar a un especialista de control de calidad, con la autoridad necesaria, para asegurar que los requisitos que se indican en este capítulo 6 se ponen en práctica, se mantienen y permiten asegurar que la producción de balasto cumple con las especificaciones del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

6.2.3. REVISIÓN DE LA DIRECCIÓN

El Sistema de Control de la Producción de balasto en la Planta, adoptado para satisfacer los requisitos de este apartado, será auditado y revisado periódicamente cada tres meses por la dirección de la empresa, para asegurar su continuidad, adecuación y eficacia. Se deberán mantener archivados los informes de dichas revisiones.

6.2.4. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN

Se deberá redactar un procedimiento para el control de datos y documentación, que abarcará todo lo relativo a la compra, tratamiento, inspección de materiales y documentos del sistema de control de producción en fábrica.

6.2.5. SERVICIOS CONTRATADOS

El sistema de autocontrol de calidad de balasto, diseñado en este capítulo 6, no se podrá subcontratar a un laboratorio externo salvo que se cuente con la autorización expresa de Adif.

Si existiera divergencia considerable entre los resultados de los ensayos de autocontrol en cantera y los ensayos de inspección realizados por Adif, la Jefatura de Geotecnia percibirá de ello al fabricante, pudiendo por este motivo retirar la homologación del especialista en control de calidad de balasto y exigir la realización de los ensayos de autocontrol en cantera por un laboratorio con experiencia certificada en control de calidad de balasto y refrendado por la Jefatura de Geotecnia de Adif de, corriendo los gastos a cargo del propietario de la cantera.

Si se autorizase el autocontrol por un laboratorio externo y éste se subcontratara por el fabricante, se deberá establecer un sistema de control de la subcontrata.

6.3. PROCEDIMIENTOS DE CONTROL

El productor deberá establecer y mantener un manual de control de producción que establezca los procedimientos por los cuales se satisfagan los requisitos del control de la producción de balasto en planta.

6.4. CONOCIMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS

La cantera deberá tener a disposición de Adif el informe de homologación geotécnica de la cantera y de la planta de trituración y cribado, que deberá actualizar cada cinco años. Aquellas canteras que por la antigüedad en los suministros a Adif no cumplan con los requisitos mínimos previstos en el apartado 3 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición), deberán realizar dicho informe en el plazo de tres meses desde el requerimiento formal por parte de la Jefatura de Geotecnia, para poder obtener el distintivo de calidad Adif y ser incluidas en el catálogo y mapa de canteras suministradoras de balasto.

6.5. DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN

El sistema de calidad de balasto deberá cumplir los siguientes requisitos:

- a) Deberán existir procedimientos para identificar y controlar la conformidad con el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) del balasto producido en un momento determinado. Dichos procedimientos deben incluir al menos los de mantenimiento y ajuste de los equipos de machaqueo y clasificación, muestreo del material durante la producción, modificación del tratamiento en función de la calidad geotécnica de la roca explotada, etc.

- b) Deberán existir procedimientos para asegurar que el material se acopia de manera controlada y que las zonas de acopio y su contenido estén identificadas y conformes con las especificaciones del PAV 3-4-0-0 (7ª Edición).
- c) Deberán existir procedimientos para asegurar que los materiales que se extraigan de los acopios no hayan sufrido deterioro hasta el punto que se comprometa su conformidad con el PAV 3-4-0-0 (7ª Edición).
- d) El producto deberá ser identificable hasta el punto de carga con respecto a la procedencia y el tipo.

6.6. INSPECCIÓN Y ENSAYO

6.6.1. INTRODUCCIÓN

El fabricante deberá disponer, como mínimo (aconsejable dos), de un especialista en control de calidad de balasto, autorizado por Adif tras superar un curso de formación. Además, deberá disponer de todos los medios necesarios, instalaciones, equipos, y personal con la adecuada formación para llevar a cabo las inspecciones internas y la toma de muestras y ensayos requeridos en el autocontrol de calidad.

6.6.2. ESPECIALISTA EN CONTROL DE CALIDAD AUTORIZADO POR ADIF

Como responsable del laboratorio de autocontrol de calidad de balasto, el especialista en control de calidad de dicho material, que será autorizado por Adif, previa realización y superación de un curso práctico de formación, deberá cumplir las siguientes funciones:

- Mantener el laboratorio, equipos de ensayo e informes de acuerdo con esta Norma,
- Realizar la toma de muestras según lo previsto en el apartado 2.6.1 y los ensayos de autocontrol de calidad previstos en el capítulo 5, al menos con la frecuencia expresada en el apartado 6.6.4.
- Realizar las Hojas de resultados de control de calidad de balasto (Fig. 6.6.2) que adjuntará a las certificaciones mensuales y las remitirá mensualmente a la Jefatura de Geotecnia de Adif.
- Estudiar e investigar cualquier divergencia entre sus ensayos de autocontrol, y los ensayos de inspección realizados por Adif.
- Informar periódicamente al fabricante y al responsable de la producción de la cantera de todos los ensayos de autocontrol, proponiendo por escrito en caso de incumplimientos, ya sean tolerables o rechazables, las necesidades y medidas de adoptar en la producción de balasto para mejorar la calidad del mismo.
- Asumir la responsabilidad del control de calidad del fabricante ante Adif.
- Estar presente y a disposición del personal de Adif o del laboratorio autorizado, acompañándoles en sus visitas e inspecciones siempre que sea requerido para ello.

6.6.3. EQUIPO

El fabricante, y en su nombre el especialista en autocontrol de calidad de balasto, deberá hacerse responsable del control, calibrado y mantenimiento de sus equipos de inspección, toma de muestras y ensayos. Se deberán cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- a) La precisión y frecuencia de calibrado, que deberá realizarse de acuerdo con el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) y la presente Norma.

- b) El equipo se deberá utilizar de acuerdo con la presente Norma y los manuales de procedimiento.
- c) Dispondrá, como mínimo, de los útiles y equipos siguientes, previstos por esta Norma para la realización de la inspección, toma de muestra y ensayos de autocontrol de calidad:
- Espuertas de goma para toma de muestras en cinta y como recipientes de lavado.
 - Pala de mano de punta redonda, para recogida de muestras en cinta de producción.
 - Pala cuadrada de bordes altos, para recogida de muestras en general.
 - Cepillo de recogida de finos.
 - Superficie para cuarteo de muestras que ha de ser amplia, rígida, lisa y limpia.
 - Rastrillo y pico, para toma de muestras en vagones, camiones y en la vía.
 - Sacos de plástico resistentes, para recogida de muestras unitarias y para ensayo.
 - Cuarteador metálico con aberturas de canaletas de 75 mm.
 - Balanza de pesaje de resolución 1 g, capacidad mayor de 20 kg y precisión 0,1% de la muestra de ensayo.
 - Bandejas metálicas, resistentes y de diferentes tamaños, para manipulación de muestras de 40 x 40 cm y de otros tamaños.
 - Tamices de barras de 25 y 16 mm de separación entre ellas.
 - Plantilla móvil para ensayo de elementos aciculares y lajosos.
 - Tamices de chapa perforada con agujeros cuadrados de 63-50-40-31.5 y 22,4 mm de diámetro para análisis granulométrico y tamiz ciego para el retenido de fondo.
 - Bastidor metálico hueco para ubicación de tamices (con objeto de realizar los ensayos con más comodidad).
 - Tamices de malla cuadrada de aberturas 0,50 mm y 0.063 mm.
 - Máquina y útiles para la realización del ensayo de Resistencia a la Fragmentación “Los Ángeles”, cuando la cantera presente variaciones acusadas en el ensayo o valores próximos al máximo permitido del 14% para balasto “Tipo 1”; del 16% para balasto del “Tipo 2” o del 20% para balasto “Tipo 3”, y así lo decida la Jefatura de Geotecnia de Adif
 - Zona para realizar el cuarteo de las muestras.
 - Mesa para manipulación de bandejas y ubicación de balanza de pesaje.
 - Mesa de despacho.
 - Libro de Órdenes de Adif.
 - Sello de la cantera para estampar cuando proceda en el Libro de Órdenes.
 - Pliego PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).
 - El Pliego y Normas vigentes PAV 3-4-0.0/7, NAV 3-4-0.1/2 y NAV 3-4-0.2/4 .
 - Etiquetas identificativas de muestras de balasto.
 - Impresos de laboratorio similares a los previstos en la presente Norma.
- d) Se deberán conservar durante 5 años los registros de calibrado realizados de acuerdo con la presente Norma y las normas de calibrado previstas en la normativa vigente.

6.6.4. FRECUENCIA Y LOCALIZACIÓN DE LA INSPECCIÓN, MUESTREO Y ENSAYOS

El manual de control de producción deberá describir la frecuencia y naturaleza de las inspecciones y la frecuencia del muestreo y de los ensayos que se deberán llevar a cabo, de acuerdo con el apartado 4.2 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

Los ensayos de autocontrol de calidad se realizarán con una frecuencia mínima que dependerá de la producción anual prevista según el contrato de suministro de la cantera y aquilatada a la producción mensual suministrada según el cuadro adjunto.

Producción anual P, en m ³ según contrato	P > 200.000	200.000 > P > 100.000	00.000 > P > 50.000	P < 50.000
Un ensayo cada o fracción	3.000 m ³	2.500 m ³	2.000 m ³	1.500 m ³

Se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Los requisitos del Control de Producción en Planta incluyen la inspección visual.
- Cualquier desviación indicada por dichas inspecciones podría conducir a un aumento en la frecuencia de los ensayos.
- Cuando los valores medidos estén próximos o superen los límites especificados en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) se deberá aumentar sustancialmente la frecuencia de ensayos.

6.7. ARCHIVOS

Los resultados del autocontrol de calidad de balasto en Planta, expresados en los impresos de la Fig. 4.4 del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) y de las Figs. 5.1 y 5.2.5 de la presente Norma, se deberán archivar de modo adecuado. Así mismo se archivará la relación entre la producción mensual y el número de ensayos realizados a fin de que en cualquier momento se pueda comprobar a primera vista la relación producción/frecuencia de ensayos.

Cuando la producción de balasto inspeccionada o ensayada no cumpla los requisitos que se indican en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición), o si existe alguna indicación de que pudiera no cumplirlos, se deben anotar en los correspondientes registros las medidas tomadas para solventar la situación (p. ej. llevar a cabo un nuevo ensayo y/o medidas para corregir el proceso de producción).

Los archivos se deberán guardar al menos durante un período de cinco años.

6.8. CONTROL DEL BALASTO NO CONFORME

Si tras una inspección o ensayo se observa que el balasto chequeado no cumple con las especificaciones del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición), el especialista de control de calidad de balasto, en coordinación con el responsable de la producción, decidirán si el material debe ser:

- a) Reprocesado, si el incumplimiento se debe a no conformidades de forma.
- b) Destinado a otra aplicación para la que sea adecuado.
- c) Rechazado y marcado mediante cartel como no conforme, retirándolo lo antes posible del recinto de acopio.

Todos los casos de no conformidad deberán ser registrados por el fabricante, investigados y, si fuese necesario, se tomarán las oportunas medidas correctivas.

Las acciones correctivas pueden incluir:

- a) Investigación de las causas de la no conformidad del balasto, incluido el examen del procedimiento de ensayo y la realización de los ajustes necesarios.
- b) Penalizaciones por incumplimiento tolerado impuestas a la cantera y reclamaciones de calidad demandadas por Adif, análisis de los procesos, operaciones, registros de calidad e informes de servicio, para detectar y eliminar las causas potenciales del balasto no conforme.
- c) Iniciación de acciones preventivas para tratar los problemas a un nivel adecuado a los riesgos encontrados.
- d) Aplicación de controles para garantizar la eficacia de las medidas correctivas.
- e) Puesta en marcha y registro de los cambios en los procedimientos resultantes de las acciones correctivas.

6.9. MANIPULACIÓN, ACOPIO Y ACONDICIONAMIENTO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN

El especialista de autocontrol de calidad de balasto, deberá tomar todas las medidas necesarias para mantener la calidad del balasto durante su manipulado y acopio.

Estas medidas se referirán a la contaminación del producto, segregación, limpieza del equipo de manipulación y de las zonas de acopio así como todas las medidas y requerimientos exigidos en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

6.10. FORMACIÓN DEL PERSONAL

El fabricante deberá establecer y mantener procedimientos para formar a todo el personal que realice actividades que afecten a la calidad. En concreto deberá disponer como mínimo de un especialista de autocontrol de calidad de balasto autorizado por Adif, previa realización y superación de un curso de formación basado en el pliego PAV 3-4-0.0 (7ª Edición), la norma NAV 3-4-0.1 (2ª Edición) y la norma NAV 3-4-0.2 (4ª edición), de fecha enero de 2007. Así mismo, si detectara necesidades formativas del personal, deberá llevarlas a cabo y comunicar a la Jefatura de Geotecnia de Adif las mismas, para la realización de los oportunos cursos de formación de especialista en autocontrol de calidad de balasto.

Se deberán mantener los adecuados archivos referentes a dicha labor de formación.

6.11. RESPONSABILIDADES Y MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE RECLAMACIÓN

El fabricante deberá cumplir siempre con las especificaciones del PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) así como con las especificaciones de la presente Norma y con las cláusulas del contrato de suministros.

Si se llevan a cabo de manera correcta las medidas de control de calidad, el suministro de un producto adecuado a la obra está garantizado. Sin embargo, si el resultado del autocontrol de calidad "*in situ*" es negativo, Adif aplicará las penalizaciones y suspensiones de suministro previstas en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) y en la presente Norma.

En lo referente al responsable de control de calidad, si el especialista de autocontrol de calidad de cada cantera suministradora de balasto no está operativo o se le ha retirado su homologación por incumplimiento de sus funciones, Adif exigirá la realización de ensayos de autocontrol en cantera por un laboratorio con experiencia certificada en control de calidad de balasto, aprobado por la Jefatura de Geotecnia de Adif, corriendo los gastos a cargo del propietario de la cantera hasta que el especialista desautorizado realice un nuevo curso de homologación o el fabricante contrate a un nuevo especialista autorizado.

7. ENSAYOS CONTRADICTORIOS DE CONTROL DE CALIDAD

El fabricante podrá solicitar , siempre que lo crea conveniente, telefónicamente o por fax, a la Jefatura de Geotecnia de Adif, los ensayos contradictorios que estime oportuno, sobre las muestras almacenadas en el laboratorio de control, o en cantera, en el plazo de 20 días desde la notificación de la penalización por la Jefatura de Geotecnia de Adif. Estos ensayos se realizarán, por regla general, en el Centro Técnico de Ensayos de Infraestructura de Adif, o alternativamente, a juicio de Adif, en un laboratorio autorizado contratado, en presencia del fabricante y del representante del laboratorio cuyos resultados han sido impugnados y previa comprobación fehaciente de la validez e inviolabilidad de los precintos y de la perfecta estanqueidad de los sacos de muestras.

La Jefatura de Geotecnia de Adif, aleatoriamente en el tiempo, podrá exigir la realización de ensayos contradictorios de inspección sobre las muestras archivadas en los laboratorios.

Si el ensayo contradictorio confirma la penalización impuesta, o resulta una penalización mayor, el órgano de Gestión competente de Adif establecerá un justificante de ingreso en efectivo (JIN), incluyendo el coste del ensayo y del técnico de Adif presente en el mismo.

En el caso de que el ensayo contradictorio modifique el porcentaje de penalización, se notificará al órgano de Gestión competente de Adif esta circunstancia para que regularice la penalización, de acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo.

I. Definiciones

Aceptación geotécnica de una cantera.- Conjunto de estudios geológico-geotécnicos, cuyos requisitos mínimos de calidad de la roca y estabilidad geotécnica, una vez conseguidos por una cantera determinada, permiten que ésta pueda suministrar balasto a Adif.

Acopio.- Montón de balasto para su posterior transporte en tolva o camión.

Análisis granulométrico.- Ensayo de laboratorio que permite conocer la distribución por tamaños de las partículas de un árido, es decir su curva granulométrica.

Atrición.- Proceso de resistencia al desgaste y a la fragmentación por rozamiento,

Autocontrol de calidad.- Conjunto de procedimientos y ensayos que permiten garantizar la calidad del balasto producido en una planta de producción del mismo, con respecto a la normativa vigente.

Balasto.- Material granular pétreo sobre el que asientan las traviesas de la vía.

Balasto reciclado.- Balasto que ha dejado de cumplir los requisitos mínimos establecidos en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición) y que ha sido reprocesado nuevamente para que alcance los mínimos exigidos.

Banqueta de balasto en la vía.- Capa de balasto extendida bajo las traviesas que envuelve, además, sus extremos y caras laterales.

Bastidor metálico.- Estructura metálica soporte en la que se encajan los tamices de barras y de agujeros cuadrados para la realización de los diversos ensayos de caracterización del balasto. Debajo de los tamices, a una distancia de 25-30 cm de los mismos se dispone una chapa (sujeta a las patas y travesaños del mismo bastidor) sobre la que se puedan colocar las bandejas necesarias para recoger el material que pasa por los tamices.

Cinta de producción.- Tramo de cinta de transportadora de la planta que conduce el balasto que se produce a la tolva o silo situada al final de dicha cinta.

Clasificación de la piedra.- Proceso de cribado y separación de tamaños en la piedra triturada para obtener la granulometría deseada para su empleo como balasto.

Coeficiente de Resistencia a la Fragmentación "Los Ángeles".- Coeficiente que expresa el valor de la resistencia de un árido a las acciones conjuntas de impacto y atrición en condiciones determinadas.

Contratista.- Empresa o persona física que ha firmado un contrato de suministro de balasto con Adif.

Control de inspección de Adif.- Control de calidad aleatorio realizado por técnicos y laborantes de Adif para comprobar que el balasto producido en una cantera es conforme a las especificaciones establecidas en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

Control de producción.- Conjunto de procedimientos de muestreo, ensayo y evaluación, que permiten asegurar el mantenimiento de la calidad del balasto producido por una planta.

Cuarveedor metálico.- Aparato consistente en una serie de acanaladuras, dispuestas alternativamente, de tal manera que si a través de las cuales se pasa una porción de balasto extendida, ésta se divide en dos partes supuestamente iguales.

Cuarteo de la muestra global de balasto.- Proceso de reducción de una muestra global o colectiva, representativa de un lote de balasto, para obtener una o varias muestras para ensayo, supuestamente iguales, pero de menor volumen y con similares características granulométricas que la muestra bruta o global.

Cuarteo manual.- Operación de cuarteo realizada por medio de procedimientos manuales, con o sin cuarveedor metálico.

Deformación plástica de la banqueta.- Deformación permanente que sufre la banqueta por efecto del tráfico ferroviario.

Durabilidad del balasto.- Resistencia del balasto a los efectos conjuntos de los agentes meteóricos y del tráfico ferroviario.

Elementos aciculares y lajosos.- Partículas de balasto cuya dimensión mayor es superior al triple de la dimensión menor, o espesor, medidas ambas según dos pares de planos perpendiculares entre sí y paralelos dos a dos, que se ajustan perimetralmente a cada partícula según las citadas dimensiones.

Elementos meteorizados o blandos.- Piedras de balasto procedentes de la montera de alteración meteórica de la cantera, de zonas de fallas o de alteración hidrotermal del núcleo de la cantera, o de otra naturaleza petrológica, que se han triturado con la roca sana en la producción de balasto y cuyo coeficiente de Resistencia a la Fragmentación “Los Ángeles”, CLA, es superior al límite correspondiente al Tipo de balasto requerido: 14% para balasto Tipo 1; 16% para balasto Tipo 2 y 20% para balasto Tipo “3”.

Enrase de tolvas.- Acción de igualación de la cota de llenado de los vagones-tolva de una composición ferroviaria, hasta los bordes superiores de las mismas, con tolerancia de 3 cm.

Ensacado.- Acción de introducir en sacos de plástico las muestras de balasto a ensayar.

Ensayos de limpieza del balasto.- Ensayos que permiten determinar las cantidades de material fino y polvo (que pasan por los tamices de 0,50 mm y de 0,063 mm) que contiene la muestra de balasto ensayada.

Especialista de autocontrol de calidad autorizado por Adif.- Técnico especializado en el autocontrol de calidad de balasto, que ha sido autorizado por Adif tras realizar y superar un curso práctico de formación.

Estabilidad del balasto.- Resistencia del balasto a los ataques físico-químicos producidos por los agentes meteóricos.

Hombro de la banqueta.- Distancia que existe entre una arista superior de la banqueta de balasto y el borde activo del carril de la vía más próximo a la misma.

Homogeneidad del balasto.- Se dice que un balasto es homogéneo cuando el porcentaje en peso de las partículas meteorizadas respecto al total de la muestra es inferior al 5%, entendiéndose por partículas meteorizadas o blandas aquellas que, analizadas separadamente, tengan un coeficiente de resistencia a la fragmentación “Los Ángeles” superior al límite correspondiente al Tipo de balasto requerido: 14% para balasto “Tipo 1”; 16% para balasto “Tipo 2” y 20% para balasto “Tipo 3”.

Libro de órdenes.- Documento obligatorio que debe disponer toda cantera con distintivo de calidad Adif donde se incluyan todas las instrucciones dadas por el control de inspección de la Jefatura de Geotecnia de Adif al contratista, sobre la calidad y el proceso de obtención del balasto, para el buen cumplimiento de la normativa.

Lote.- Cantidad de producción de balasto, cantidad de entrega, cantidad de entrega parcial (carga de un vagón o composición de vagones), acopio o parte de acopio de cantera o estación. En un proceso continuo, un lote corresponde a la cantidad producida en un intervalo de tiempo.

Machaqueo de la piedra.- Proceso de trituración de la roca procedente de voladura en una cantera para reducir su tamaño y darle la forma adecuada para su empleo como balasto.

Material retenido.- Material que queda depositado sobre un tamiz de tamaño determinado, durante el proceso de tamizado, al ser su tamaño de partícula superior a la luz de la malla.

Muestra global o colectiva.- Reunión de muestras individuales o unitarias, representativas de un lote concreto de balasto, previamente al cuarteo.

Muestra para ensayo.- Muestra de balasto superior a 40 kg, obtenida a partir del cuarteo de una

muestra global.

Muestra unitaria o individual.- Cantidad de material superior a 40 kg recogido sobre una zona determinada de un lote de balasto o parte de un lote, en una operación de muestreo, que ha de ser representativa del conjunto parcial al que corresponde.

Muestreo.- Operación de recogida de muestras de balasto, representativas de un lote de dicho material, con el objeto de comprobar la calidad de dicho lote.

Operador de muestreo.- Individuo o grupo de individuos trabajando en el equipo encargado del proceso de muestreo.

Penalización P.I.T.- Sistema de control del balasto que permite relacionar la calidad suministrada por un fabricante o contratista con el precio abonado por dicho material, mediante un sistema de penalizaciones económicas en función de los incumplimientos tolerados relativos a los requisitos mínimos establecidos en el PAV 3-4-0.0 (7ª Edición).

Planta de producción.- Instalación de maquinaria en la cantera, dedicada al tratamiento de la roca para la fabricación de balasto.

Plataforma de la vía.- Estructura, construida sobre la explanación, que sustenta las capas de asiento, la vía y los dispositivos destinados al movimiento de los trenes.

Pliego de prescripciones técnicas.- Conjunto de especificaciones relativas a un proyecto u obra que definen los requisitos técnicos que deberán cumplir cada una de las partidas o trabajos a ejecutar por un contratista.

Proceso de muestreo.- Método planificado de recogida, reducción y preparación de una o varias muestras de materiales para ser ensayadas y poder recoger la información requerida.

Segregación de tamaños en el balasto.- Proceso gravimétrico por el que se produce una concentración no deseada de elementos de balasto de tamaños similares en acopios o silos.

Sistema autorizado «ad hoc».- Sistema de autocontrol de calidad autorizado por Adif, diseñado específicamente para una planta de producción determinada.

Subbalasto.- Capa de asiento situada debajo del balasto. Protege la plataforma contra la erosión y la helada, evacua las aguas pluviales, mejora el reparto de las cargas y evita la contaminación del balasto.

Subcontratista.- Empresa o persona física que realiza ciertas labores para un Contratista de Adif.

Talud de acopio.- Frente inclinado del acopio de balasto.

Tamiz de barras.- Tamiz constituido por una serie de barras cilíndricas metálicas paralelas, de 10 mm de diámetro, separadas entre sí una distancia determinada.

Tamiz.- Dispositivo consistente en un medio tamizante.

Tamizado.- Proceso de separación granulométrica por tamaños, de las partículas de un material granular, que se efectúa haciendo pasar dicho material por una serie de tamices, con diferentes luces de malla, en orden decreciente.

Tolerancia.- Porcentaje admisible de desviación de un determinado valor respecto del valor especificado en una norma o pliego.

Tolva de cantera.- Depósito metálico o de obra donde se vierte y recoge el balasto producido en la instalación de machaqueo y clasificación.

Vagones-tolva.- Vagones de ferrocarril para el transporte de balasto. Disponen de un sistema de vaciado para el vertido directo del balasto sobre la vía.

Verificación de tamices.- Procedimiento de comprobación de las características dimensionales de los tamices de ensayo para ver que se mantienen dentro de las tolerancias especificadas.

Vía en servicio.- Vía por la que están circulando trenes.

II. Documentos relacionados con la presente Norma

<u>Código</u>	<u>Denominación</u>	<u>Validez desde</u>
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
UNE 7050-97	Parte 2 Tamices de ensayo, telas metálicas, chapas perforadas y láminas electroformadas. Medidas nominales de las aberturas.	
UNE 7050-97	Parte 4 Tamices de ensayo, exigencias técnicas y verificación de tamices de chapa perforada.	
UNE-EN 13450:2003	Áridos para balasto.	12-12-2003
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 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 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 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
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 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
NAV 3-4-0.1 (2ªEd)	Balasto. Homologación de canteras suministradoras	01-01-2007

NAV 3-4-8.1	Balasto y subbase.- Mantenimiento de las capas de asiento existentes.	
PAV 3-4-0.0 (7ªEd)	Balasto. Control de calidad. Toma de muestras y ensayos	01-01-2007

ANEJO I. Abreviaturas y siglas

Se han utilizado las siguientes abreviaturas y siglas en el texto:

ρ .-	Densidad
\varnothing .-	Diámetro
%.-	Porcentaje
μm .-	Micras
$^{\circ}\text{C}$.-	Grados centígrados
CF.-	Desviación típica
ad hoc.-	Adecuado
Adif.-	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
Aptdo.-	Apartado
ASTM.-	American Society for Testing Materials. (Organización privada de normalización de ensayos de los Estados Unidos)
BS.-	British Standard ó norma británica
CEN.-	Comité Europeo de Normalización
CEN/TC.-	Comité Técnico CEN
CLA.-	Coefficiente de resistencia a la fragmentación Los Ángeles
cm.-	Centímetro
D.	Denominación del tamíz superior, entre los que se encuentra la mayor parte de la distribución granulométricas.
d.-	Denominación del tamíz inferior
D.N.I.-	Documento Nacional de Identidad
De visu.-	A simple vista
EN.-	Norma europea
Fig.-	Figura
g.-	Gramo
<i>"In situ"</i> .-	En el sitio
ISO.-	International Standardization Organization, u Organización de Normalización Internacional
kg.-	Kilogramo
L.-	Longitud
m.-	Metro
mm.-	Milímetro

NAV 3-4-0.2

m ³ .-	Metro cúbico
nº.-	Número
NAV.-	Norma Adif Vía
N.L.T.-	Norma del Laboratorio del Transporte
P.I.T.-	Penalización por Incumplimiento Tolerado
P.K.-	Punto Kilometrico
r.p.m.-	Revoluciones por minuto
S.C.-	Subcomité
U.I.C.-	Unión Internacional de Chemins de Fer
UNE.-	Norma española
U.S.-	United States ó Estados Unidos
W.-	Longitud de abertura
W _o .-	Longitud de abertura mínima

ANEJO II. Figuras

Figura 2.5.2. Pala de punta redonda.

Figura 2.5.3. Cepillo de recogida de finos.

Figura 2.5.4. Pala cuadrada de bordes altos.

Figura 2.5.7. Cuarteador metálico.

Figura 2.5.8. a. Rastrillo.

Figura 2.5.8. b. Pico con bate.

Figura 2.6. Lugares de toma de muestra de balasto.

Figura 2.6.1. Nota identificativa de las muestras unitarias.

Figura 2.6.2.1. Croquis, visto en planta, de acopio grande de balasto.

Figura 4. Etiqueta identificativa de las muestras de ensayo (ver página de la figura 2.6.1.).

Figura 5.1. Hoja de cálculo de ensayos de balasto.

Figura 5.2.5. Hoja de cálculo del ensayo de homogeneidad del balasto.

Figura 5.3.3.3. Separación entre barras de los tamices para el ensayo de elementos de espesor mínimo.

Figura 5.4.3.2. Plantilla móvil para el ensayo de determinación de elementos aciculares y lajas.

Figura 5.6.2. Huso granulométrico del balasto.

Figura 5.6.4.1. Tamices para balasto con aberturas de luz cuadrada y bastidores con marco rectangular de 490 x 380 (mm).

Tabla 5.6.8.(1) y (2). Chapa perforada para tamices de ensayo. Luces, distancias entre centros de aberturas y tolerancias (mm).

Figura 5.8.4.1. Máquina de resistencia a la fragmentación los Ángeles.

Figura 6.6.2. Hoja de resultados de ensayos de control de calidad de balasto según P.R.V. 3-4-0.0 (6ª Edición).

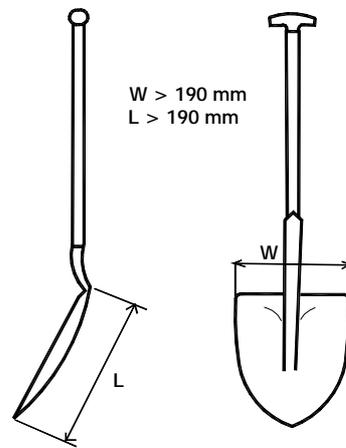


Fig. 2.5.2. Pala de punta redonda

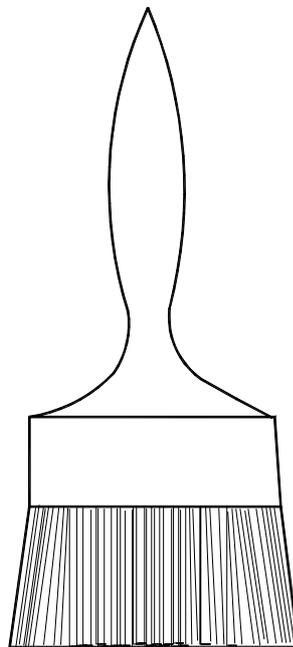


Fig. 2.5.3. Cepillo de recogida de finos

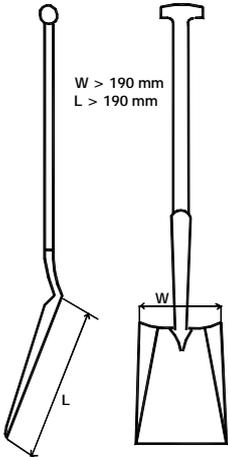


Fig. 2.5.4. Pala cuadrada de bordes altos

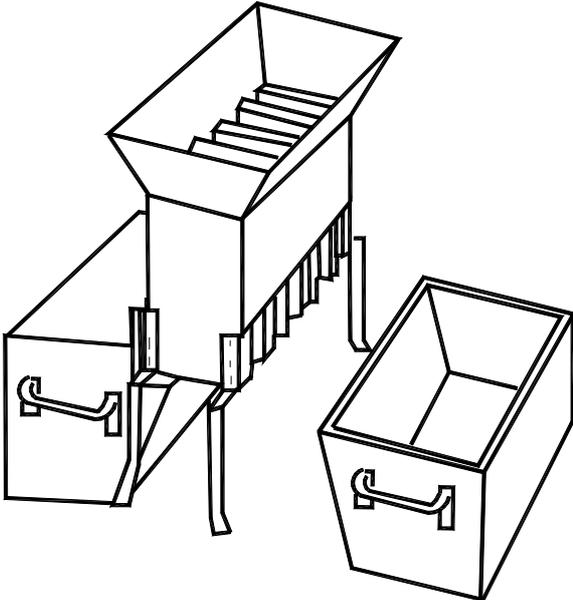


Fig. 2.5.7. Cuarteador metálico

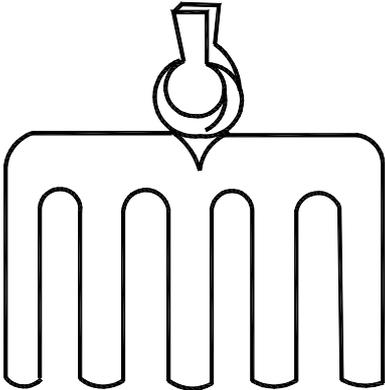


Fig. 2.5.8.a. Rastrillo.

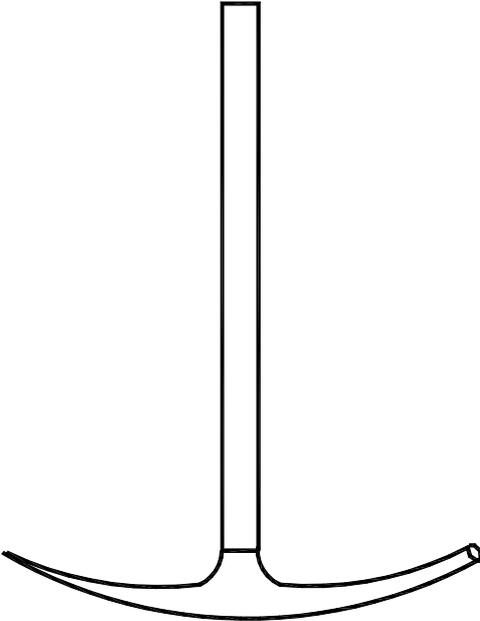


Fig. 2.5.8.b. Pico con bate.

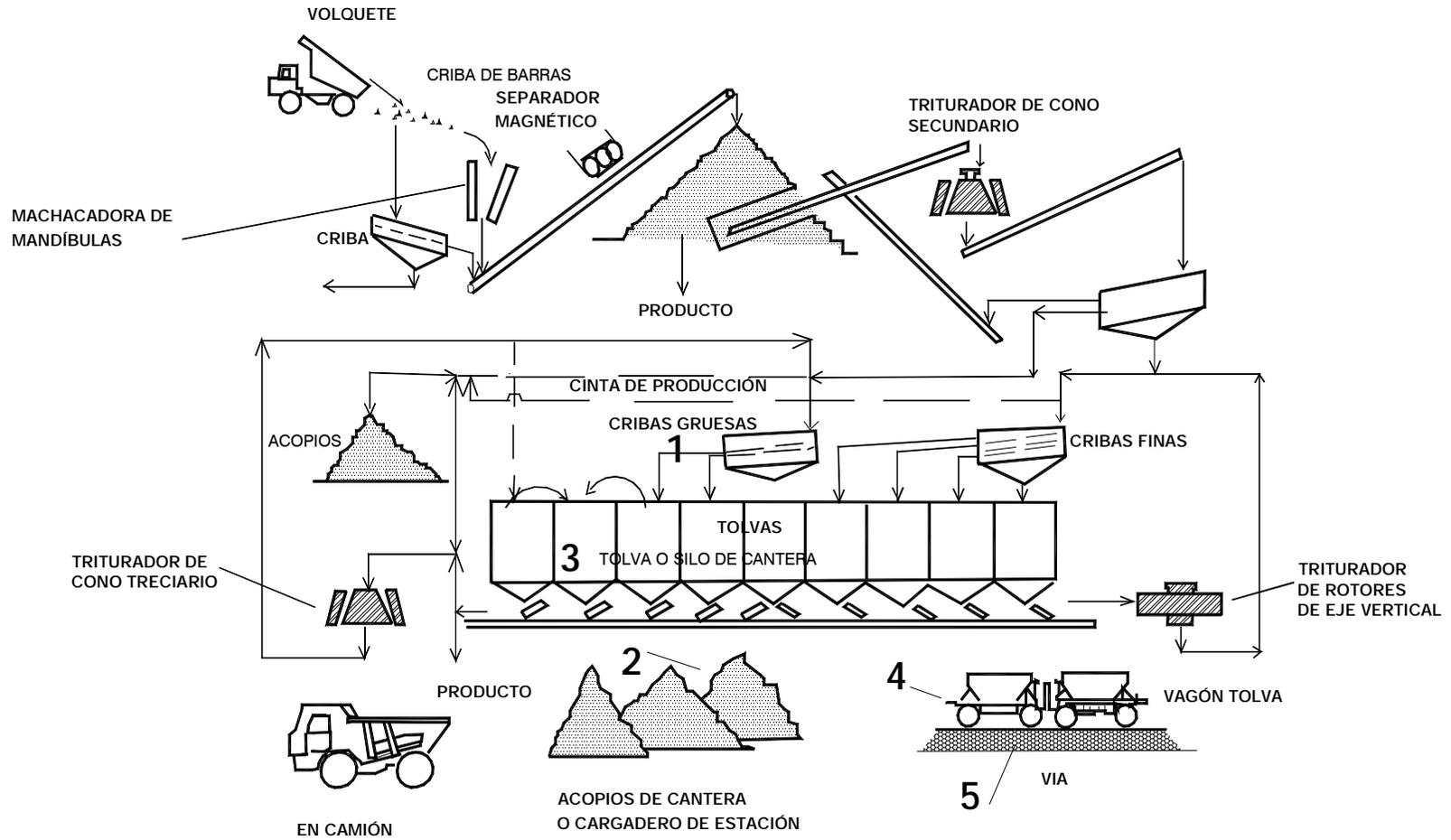


Fig. 2.6. lugares de toma de muestras de balasto.

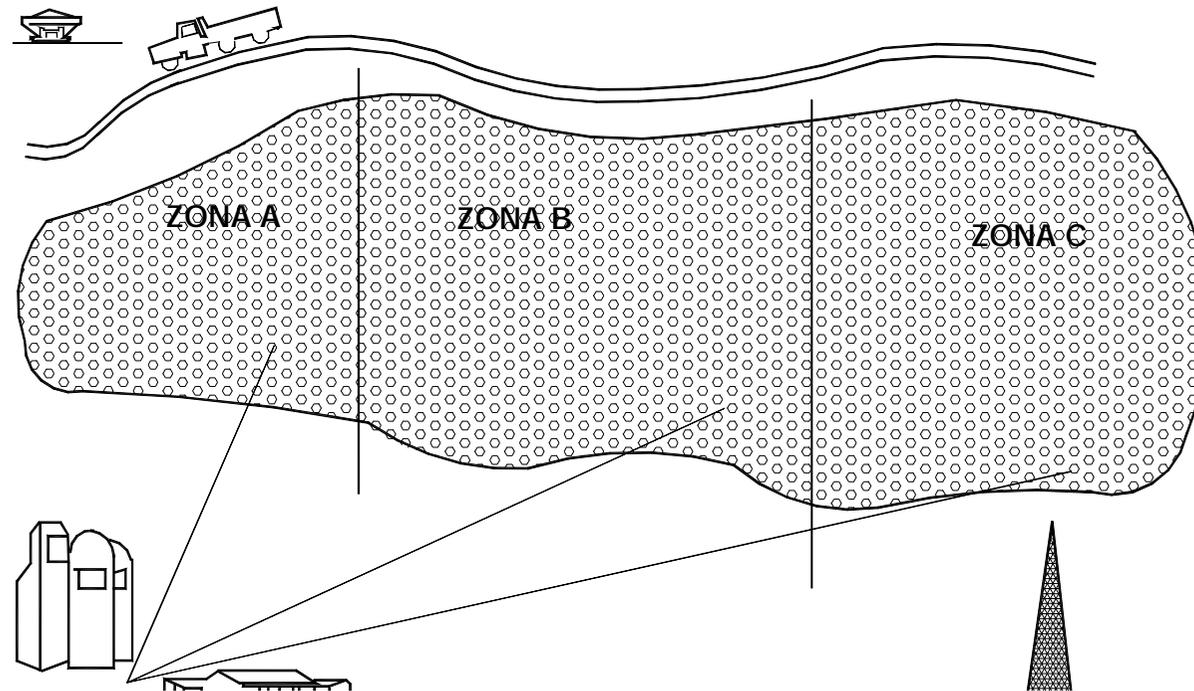
CANTERA:	
MUESTRA UNITARIA Nº	
RECOGIDA EN:	AGENTE:
DEL LABORATORIO	EN FECHA:
ENSAYO SOLICITADO POR	
OBSERVACIONES	

Fig. 2.6.1. Nota identificativa de las muestras unitarias.

CANTERA:	
MUESTRA PARA ENSAYO Nº:	PRECINTO:
RECOGIDA EN:	AGENTE:
DEL LABORATORIO	EN FECHA:
ENSAYO SOLICITADO POR	
OBSERVACIONES	

Fig. 4. Etiqueta identificativa de las muestras para ensayo

CROQUIS VISTO EN PLANTA DE ACOPIO GRANDE DE BALASTO



Se recogerán cuatro muestras unitarias de cada una de las zonas en que se divide el acopio, removiendo con pala cargadora previamente en cada uno de los puntos elegidos. Si no existiera pala cargadora, se tomarán las muestras de puntos repartidos en cada zona a diferentes cotas, con pala manual.

Fig. 2.6.2.1

NAV 3-4-0.2/ 4º		HOJA DE CÁLCULO DE ENSAYOS DE BALASTO REALIZADOS POR VÍA SECA						
- BALASTO TIPO: - MUESTRA DE LA CANTERA: - RECOGIDA POR LABORATORIO: - LUGAR DE RECOGIDA: - PETICIONARIO: - LABORATORIO DE ENSAYO				Nº INFORME: Nº DE MUESTRA: Nº PRECINTO Y COLOR: Nº LIBRO DE ÓRDENES: FECHA DE RECOGIDA: PESO > 40 kg SI /NO:				
MASA TOTAL MUESTRA SECA (M1)				1.- ENSAYO DE DETERM. DE ELEMENTOS GRAN. DE ESPESOR MÍNIMO				
BANDEJA Nº	MASA + TARA (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	TAMICES DE BARRAS	MASA + TARA (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	% RESPECTO DE (M1)
1				RETENIDO EN TAMÍZ DE 25 mm DE SEPARACIÓN				
2								
3								
4				RETENIDO EN TAMÍZ DE 16 mm DE SEPARACIÓN				
(M1) MASA TOTAL NETA (g)				PASA POR UN TAMÍZ DE 16 mm				
2.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ACICULARES (A) Y LAJOSOS (L) (l/e>3)								
MASA NETA RETENIDA EN TAMÍZ DE 22,4 mm (M2)				MASA (A+L+TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA (A+L) (g)	% (A+L) RESPECTO (M2)	
3.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS GRANULARES CON DIMENSIÓN MÁXIMA ≥ 100 mm								
MASA TOTAL DE LA MUESTRA SECA (g)		MASA DE ELEMENTOS ≥ 100 mm + TARA (g)		TARA (g)	MASA DE ELEMENTOS ≥ 100mm (g)		% DE ELEMENTOS ≥ 100 mm RESPECTO DE MASA TOTAL (M1)	
4.- ENSAYO GRANULOMÉTRICO								
TAMICES DE LUZ CUADRADA (mm)	(MASA + TARA) (g)		TARA (g)	MASA NETA RETENIDA EN CADA TAMÍZ (g)	MASA QUE PASA POR CADA TAMÍZ (g) RESPECTO DE (M1)		(%) DE MASA QUE PASA POR CADA TAMÍZ RESPECTO DE (M1)	
63								
50								
40								
31.5								
22.4								
RETENIDO EN BANDEJA DE FONDO					0,00		0,00	
5.- PORCENTAJE DE LA MASA NETA TOTAL RETENIDA ENTRE LOS TAMICES CUADRADOS DE 50 Y 31.5 mm								
(M1) MASA NETA TOTAL DE LA MUESTRA SECA				MASA NETA RETENIDA ENTRE LOS TAMICES DO 50 Y 31.5 mm			% RESPECTO DE LA MASA NETA TOTAL (M1)	
6.- ENSAYO DE LIMPIEZA DEL BALASTO (material que pasa por el tamiz 0.50 mm tamizado en seco)								
FONDO (g)	(MASA RETENIDA EN TAMIZ 0.50 mm + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA RETENIDA EN TAMÍZ 0.50 mm (g)	FINOS QUE PASAN (g) (FONDO DE LA MASA RETENIDA)		(%) DE PARTÍCULAS FINAS RESPECTO DE LA MASA TOTAL SECA (M1)		
7.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL COEF. DE RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN "LOS ÁNGELES" (C.L.A.) (d/D 31.5 - 50 mm)								
(M3) MASA DE LA MUESTRA QUE SE ENSAYA (g)				(M4) MASA RETENIDA POR TAMÍZ 1.6 mm				
(MASA + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)		(MASA + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)		
C.L.A. (%) = (M3 - M4) X 100/M3								
OBSERVACIONES:								
ENSAYADA POR:			EN LABORATORIO:			FECHA:		

Fig. 5.1.a.

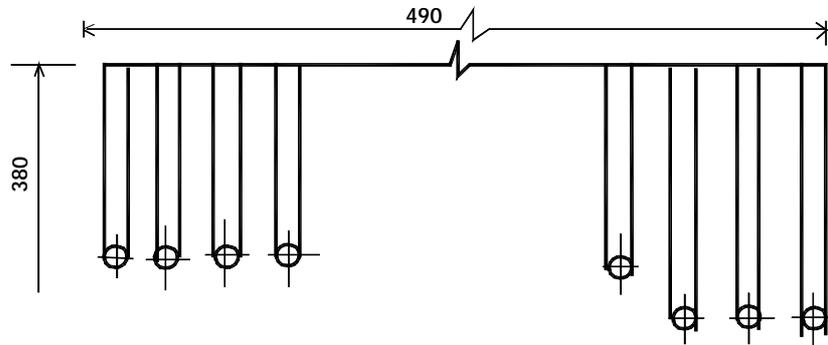
NAV 3-4-0.2/ 4ª			HOJA DE CÁLCULO DE ENSAYOS DE BALASTO REALIZADOS POR VÍA HÚMEDA				
- BALASTO TIPO: - MUESTRA DE LA CANTERA: - RECOGIDA POR LABORATORIO: - LUGAR DE RECOGIDA: - PETICIONARIO: - LABORATORIO DE ENSAYO				N° INFORME: N° DE MUESTRA: N° PRECINTO Y COLOR: N° LIBRO DE ÓRDENES: FECHA DE RECOGIDA: PESO > 40 kg SI/NO:			
MASA TOTAL MUESTRA SECA (M ₁)				MASA DE LA MUESTRA LAVADA Y SECA (M ₂)			
BANDEJA N°	MASA + TARA (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	BANDEJA N°	MASA + TARA (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)
BANDEJA 1				BANDEJA 1			
BANDEJA 2				BANDEJA 2			
BANDEJA 3				BANDEJA 3			
BANDEJA 4				BANDEJA 4			
(M ₁) MASA TOTAL NETA (g)				(M ₂) MASA TOTAL LAVADA Y SECA			
% MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMÍZ 0.063 mm: (M ₁ - M ₂) X 100 /M ₁							
1.- ENSAYO DE DETERM. DE ELEMENTOS GRAN. DE ESPESOR MÍNIMO							
TAMICES DE BARRAS	MASA + TARA (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	% RESPECTO DE (M ₂)			
RETENIDO EN TAMÍZ DE 25 mm DE SEPARACIÓN							
RETENIDO EN TAMÍZ DE 16 mm DE SEPARACIÓN							
PASA POR UN TAMÍZ DE 16 mm							
2.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ACICULARES (A) Y LAJOSOS (L) (l/e>3)							
MASA NETA RETENIDA EN TAMÍZ DE 22,4 mm (M ₃)	MASA (A+L+TARA) (g)	TARA (g)	MASA (A+L) (g)	% RESPECTO (M ₃)			
3.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS GRANULARES CON DIMENSIÓN MÁXIMA ≥ 100 mm							
MASA DE ELEMENTOS ≥ 100 mm + TARA (g)	TARA (g)	MASA DE ELEMENTOS ≥ 100mm (g)	% DE ELEMENTOS ≥ 100 mm RESPECTO DE MASA TOTAL (M ₁)				
4.- ENSAYO GRANULOMÉTRICO							
TAMICES DE LUZ CUADRADA (mm)	(MASA + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA RETENIDA EN CADA TAMÍZ (g)	MASA QUE PASA POR CADA TAMÍZ (g) RESPECTO DE (M ₁)	(%) DE MASA QUE PASA POR CADA TAMÍZ RESPECTO DE (M ₁)		
63							
50							
40							
31.5							
22.4							
0.5							
0.063							
5.- PORCENTAJE DE LA MASA NETA TOTAL RETENIDA ENTRE LOS TAMICES DE 50 Y 31.5 mm							
MASA NETA RETENIDA ENTRE LOS TAMICES DE 31.5 Y 50 mm.					% RESPECTO DE LA MASA NETA TOTAL (M ₁)		
6.- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DEL COEF. DE RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN "LOS ÁNGELES" (C.L.A.) (d/D 31.5 - 50 mm)							
(M ₄) MASA DE LA MUESTRA QUE SE ENSAYA (g)			(M ₅) MASA RETENIDA POR TAMÍZ 1.6 mm				
(MASA + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	(MASA + TARA) (g)	TARA (g)	MASA NETA (g)		
C.L.A. (%) = (MASA QUE SE ENSAYA (M ₄) - MASA RETENIDA M ₅) X 100/MASA QUE SE ENSAYA (M ₄)							
OBSERVACIONES:							
ENSAYADA POR:		EN LABORATORIO:			FECHA:		

Fig. 5.1.b.

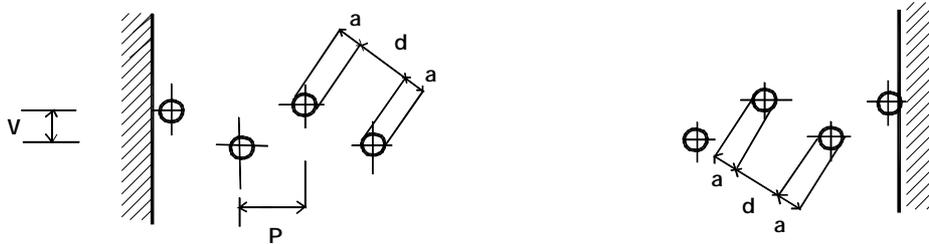
NAV 3-4-0.2/ 4ª		HOJA DE CÁLCULO DEL ENSAYO DE HOMOGENEIDAD DEL BALASTO			
- BALASTO TIPO: - MUESTRA DE LA CANTERA: - RECOGIDA POR LABORATORIO: - LUGAR DE RECOGIDA: - PETICIONARIO: - LABORATORIO DE ENSAYO			N° INFORME: N° DE MUESTRA: N° PRECINTO Y COLOR: N° LIBRO DE ÓRDENES: FECHA DE RECOGIDA: PESO > 40 kg SI/NO:		
ENSAYO DE HOMOGENEIDAD DE BALASTO					
PESO DE LA MUESTRA SECA (g)	MASA + TARA (g)		TARA(g)		PESO NETO (g)
BANDEJA 1					
BANDEJA 2					
BANDEJA 3					
BANDEJA 4					
PESO TOTAL DE LA MUESTRA SECA (g)					
ENSAYO DE HOMOGENEIDAD. DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS ALTERADOS					
(M ₁) PESO TOTAL DE LA MUESTRA (g)	PESO DE LOS ELEMENTOS ALTERADOS + TARA (g)		TARA (g)		(M ₂) PESO NETO DE LOS ELEMENTOS ALTERADOS O BLANDOS (g)
ELEMENTOS ALTERADOS (%) = PESO NETO DE ELEMENTOS ALTERADOS x 100 / PESO TOTAL DE LA MUESTRA SECA (COEF. HOMOG. = (M ₁ /M ₂) x 100					
ENSAYO DE DETERMINACIÓN A LA RESISTENCIA A LA FRAGMENTACIÓN "LOS ÁNGELES" (C.L.A.), CORRESPONDIENTE A LA MUESTRA ALTERADA, RECOGIDA JUNTO A LA MUESTRA DE ENSAYO REFERENCIADA. TAMAÑO: (d/D 31.5 - 50 mm)					
PESO DE LA MUESTRA ALTERADA QUE SE ENSAYA (g)			RETENIDO POR TAMÍZ DE 1.6 mm (g)		
(MASA + TARA)(g)	TARA (g)	MASA NETA (g)	(MASA + TARA)(g)	TARA (g)	MASA NETA (g)
C.L.A. (%) = (PESO NETO QUE SE ENSAYA - PESO NETO RETENIDO EN TAMÍZ 1.6 mm / PESO NETO QUE SE ENSAYA					
OBSERVACIONES:					
ENSAYADA POR:		EN LABORATORIO:		FECHA:	

Fig. 5.2.5.

TAMICES DE BARRAS 490 x 380



SECCIÓN



DISTANCIA LIBRE ENTRE BARRAS, d	25	16	12.5	8
DISTANCIA HORIZONTAL ENTRE CENTROS, P	30	24	20	15
DISTANCIA VERTICAL ENTRE CENTROS, V	18	10	10.3	10
NUMEROS DE BARRAS	17	21	25	33
DIÁMETRO DE LAS BARRAS, a	10	10	10	10

Dimensiones en mm

Fig. 5.3.3.3.

PEINE MÓVIL PARA ELEMENTOS ACICULARES

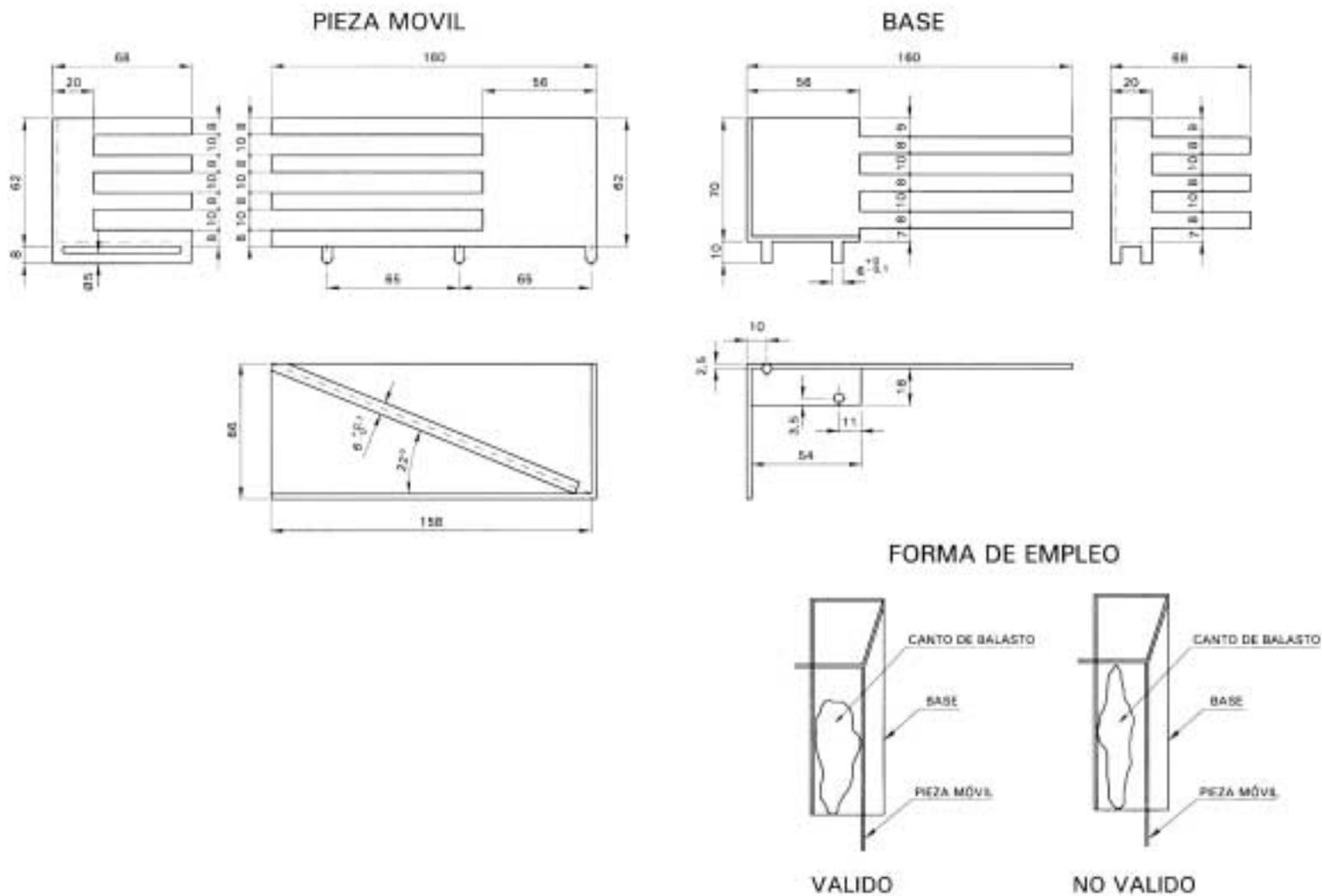
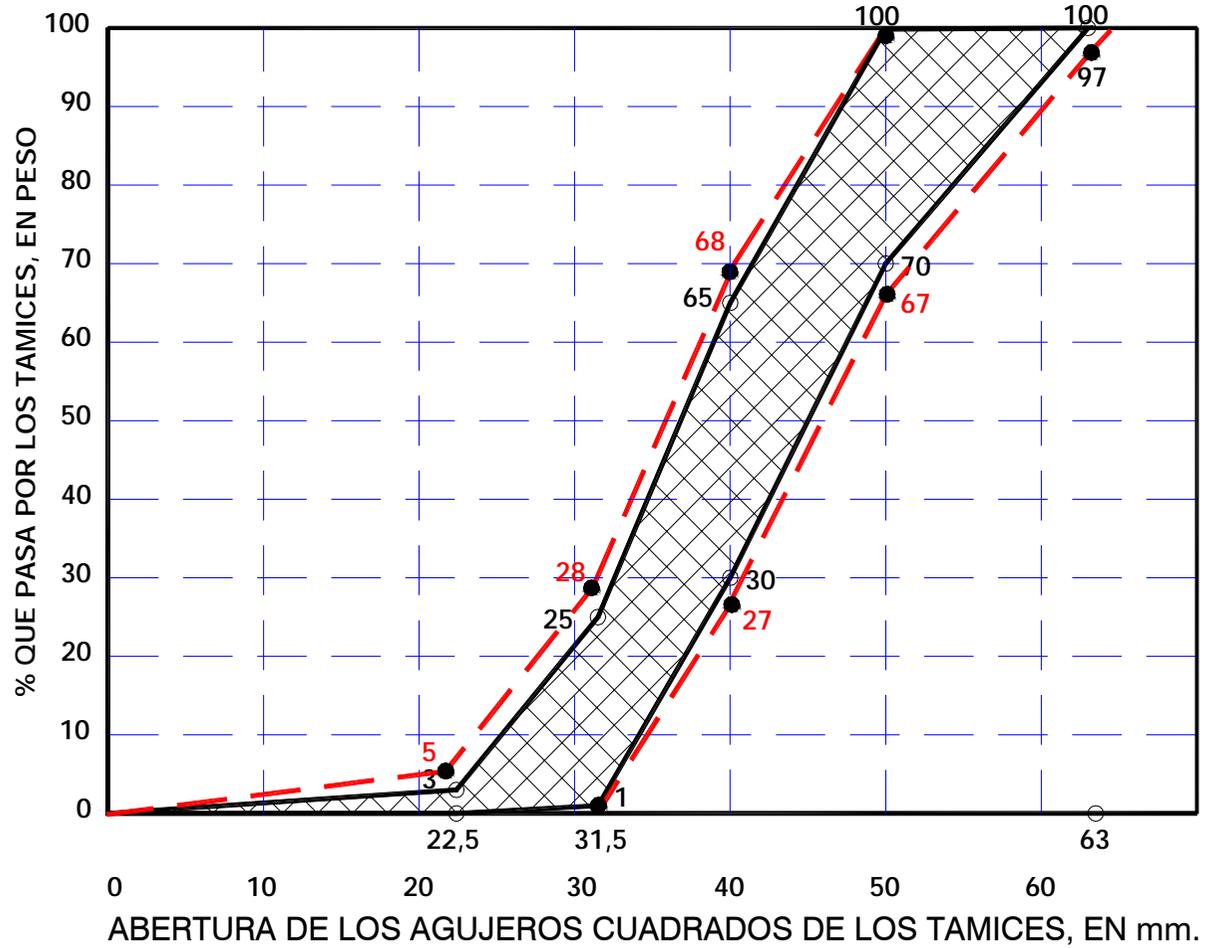


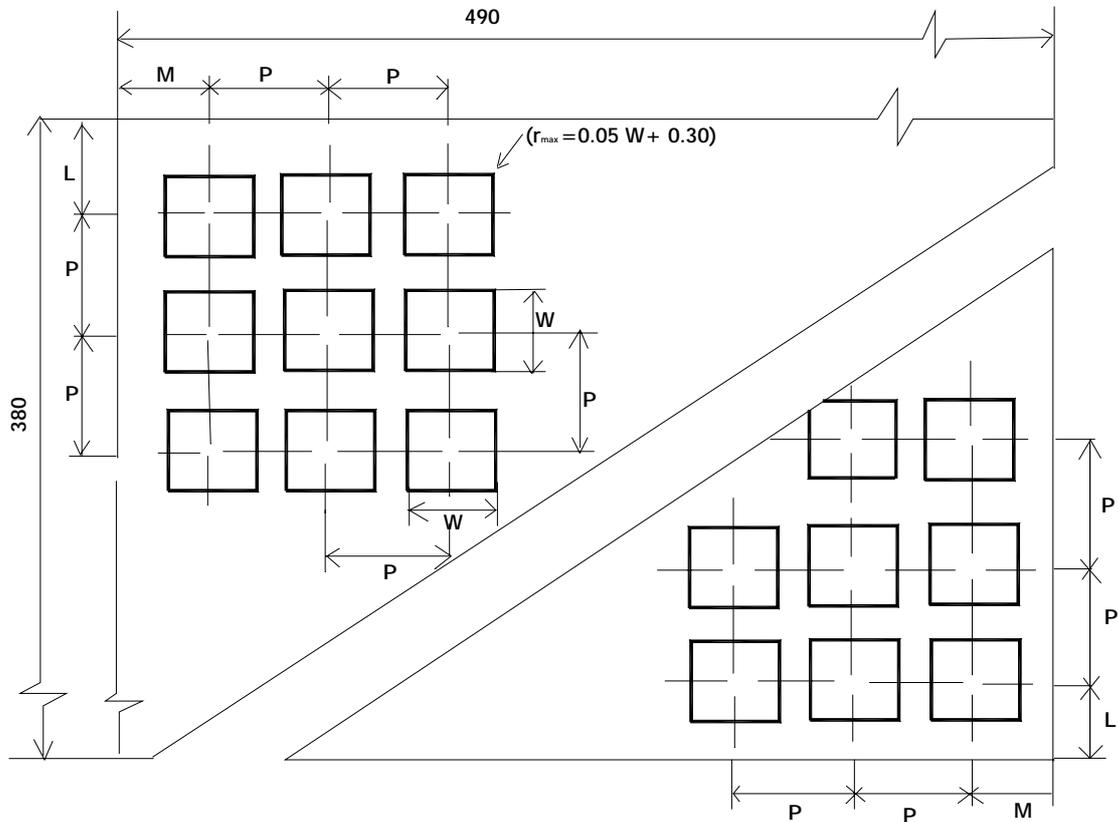
Fig. 5.4.3.2.



TOLERANCIAS DEL HUSO GRANULOMÉTRICO DEL BALASTO:
CATEGORÍA "A" DE LA NORMA EUROPEA

Fig. 5.6.2.

TAMICES PARA BALASTO CON ABERTURAS DE LUZ CUADRADA Y BASTIDORES CON MARCO RECTANGULAR DE 490 X 380 mm



RELACIONES ENTRE LAS DIMENSIONES DEL TAMIZ Y DE LAS ABERTURAS CUADRADAS EN mm

Longitud nominal de abertura, W	63,0	50,0	40,0	31,5	22,4
Distancia entre centros de aberturas, P	79,0	67,5	52,5	42,5	30,0
Distancia al borde, M	47,5	42,5	35,0	32,5	20,0
Distancia al borde, L	71,5	55,0	32,5	20,0	25,0
Nº de filas	4	5	7	9	12
Nº de columnas	6	7	9	11	16
Nº de agujeros	24	35	63	99	192
Espesor de chapa	2,5				
Altura interior del marco sobre la chapa	95				
$(r_{max} = 0.05W + 0.30)$	El marco irá provisto de asas y resaltes para acoplar los tamices entre sí.				

NOTA: En lo concerniente a las dimensiones de aberturas de luz, distancias entre centros de las mismas y espesores de la chapa, se aplicarán las tolerancias marcadas en las tablas 1 y 2 de la Norma UNE 7050-4 (octubre 1997).

Fig.5.6.4.1.

UNE 750-4:1997

Tabla 1
Tolerancias en las luces y en las distancias entre centros de abertura

Medidas en milímetros

Luces nominales			Tolerancias en las dimensiones de las luces =	Distancias entre centros de aberturas		
Dimensiones Principales R 20/3	Dimensiones adicionales			Distancias recomendadas <i>P mín</i>	Limites admisibles	
	R 20	R 40/3			<i>p máx</i>	<i>padmis</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
125	125	125	1	160	184	143
	112		0.95	140	161	126
	100	106	0.9 0.85	132 125	152 144	119 113
90	90	90	0.8	112	129	101
	80		0.7	100	115	90
	71	75	0.7 0.65	95 90	109 103	85 81
63	63	63	0.6	80	92	72
	56		0.55	71	82	63.5
	50	53	0.55 0.55	67 63	77 72.5	60 56.5
45	45	45	0.5	56	64.5	50.5
	40		0.45	50	57.5	45
	35.5	37.5	0.45 0.4	47.5 45	54.6 51.7	42.5 40.5
31.5	31.5	31.5	0.4	40	46	36
	28		0.35	35.5	40.8	31.8
	25	26.5	0.35 0.35	33.5 31.5	38.5 36	30 28.5
22.4	22.4	22.4	0.3	28	32.2	25.5
	20		0.3	25	29	22.5
	18	19	0.29 0.28	23.6 22.4	27.1 25.8	21.3 20.2
16	16	16	0.27	20	23	18
	14		0.26	18	20.7	16
	12.5	13.2	0.25 0.24	17 16	19.5 18.4	15.1 14.3
11.2	11.2	11.2	0.23	14	16.1	12.6
	10		0.21	12.6	14.5	11.3
	9	9.5	0.21 0.2	12.1 11.6	13.8 13.3	10.2 9.8

El limite interior de la luz nominal para aberturas cuadradas es de 4 mm, según la norma UNE 7050-2
(Continúa)

Tabla 5.6.8 (1)

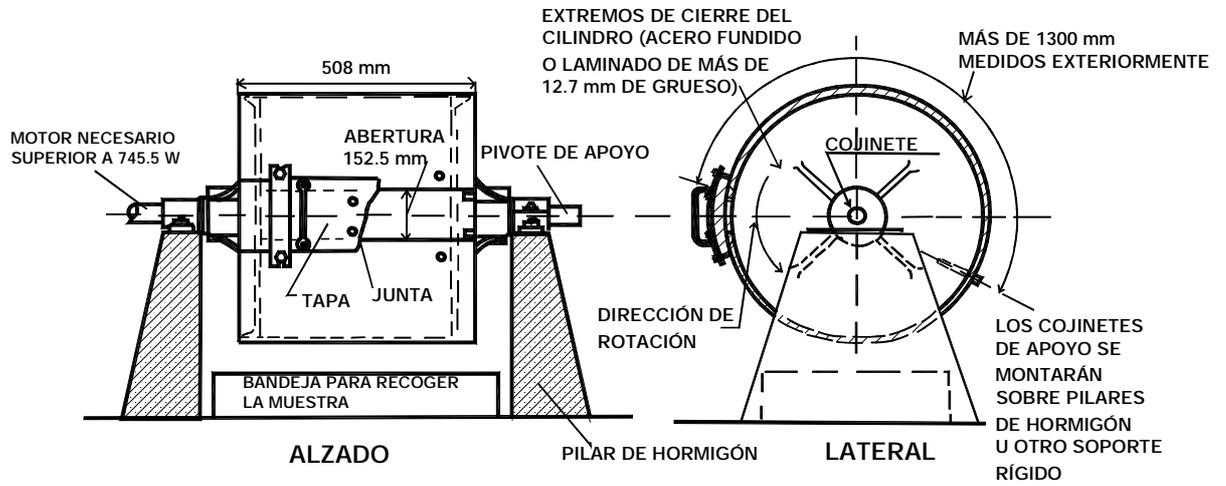
UNE 750-4:1997

Tabla 1 (Fin)
Tolerancias en las luces y en las distancias entre centros de abertura

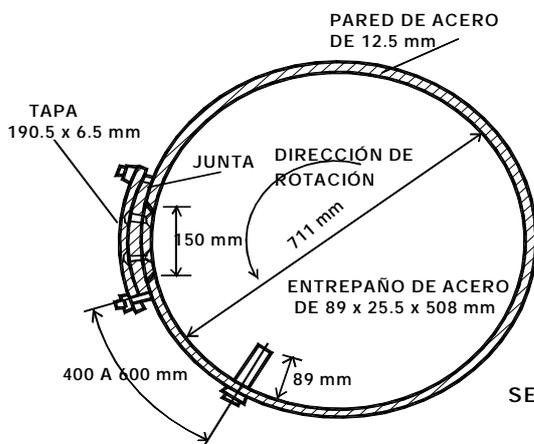
Medidas en milímetros

Luces nominales			Tolerancias en las dimensiones de las luces =	Distancias entre centros de aberturas		
Dimensiones Principales R 20/3	Dimensiones adicionales			Distancias recomendadas <i>P mín</i>	Limites admisibles	
	R 20	R 40/3			<i>p máx</i>	<i>padmis</i>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
8	8		0.19	10.4	12	9.2
	7.1		0.18	9.4	10.8	8
	6.3	6.7	0.17 0.17	8.9 8.5	10.2 9.8	7.5 7.2
5.6	5.6	5.6	0.15	7.7	8.9	6.6
	5		0.14	6.9	7.9	5.9
	4.5	4.75	0.14 0.14	6.6 6.3	7.6 7.2	5.6 5.3
4	4	4	0.13	5.8	6.7	4.9
	3.55		0.12	5.2	6	4.4
	3.15	3.35	0.11 0.11	5 4.7	5.7 5.3	4.2 3.9
2.8	2.8	2.8	0.11	4.35	5	3.6
	2.5		0.11	3.9	4.5	3.3
	2.34	2.36	0.11 0.1	3.75 3.6	4.3 4.1	3.2 3.1
2	2	2	0.09	3.3	3.8	2.8
	1.8		0.08	3.1	3.6	2.7
	1.6	1.7	0.08 0.08	3 2.75	3.4 3.2	2.5 2.3
1.4	1.4	1.4	0.08	2.6	3	2.2
	1.25		0.08	2.45	2.9	2.1
	1.12	1.18	0.07 0.07	2.4 2.2	2.7 2.5	2 1.8
1	1	1	0.07	2	2.3	1.7

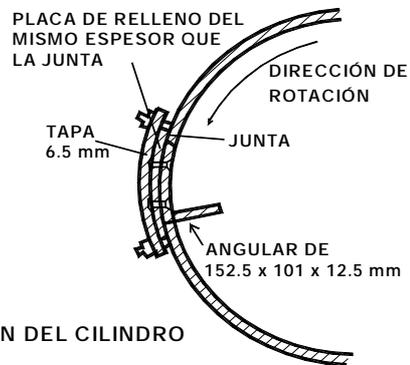
El limite interior de la luz nominal para aberturas cuadradas es de 4 mm, según la norma UNE 7050-2



a) VISTAS DE CONJUNTO



b) DISPOSICIÓN MÁS CONVENIENTE



c) DISPOSICIÓN DEL ENTREPAÑO EN LA TAPA

Fig. 5.8.4.1. Máquina de resistencia a la fragmentación "Los Ángeles".

IMPRESO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE BALASTO (REALIZADOS POR VÍA SECA)

NAV 3-4-0.2./4 ^a		ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE BALASTO (PAV 3-4-0.0./7 ^a)			
BALASTO TIPO:			Nº DE INFORME:		
LABORATORIO DE ENSAYO:			Nº DE LA MUESTRA:		
MUESTRA DE LA CANTERA:			Nº DE PRECINTO Y COLOR:		
ESTACIÓN DE CARGUE:			Nº DE LIBRO DE ÓRDENES:		
NATURALEZA DE LA ROCA:			PETICIONARIO:		
RECOGIDA POR (LABORATORIO):			FECHA DE TOMA:		
LUGAR DE LA TOMA:			PESO DE LA MUESTRA (Kg):		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamices cuadrados apertura (mm)	% que pasa por los tamices (en peso)			C = Cumple IT = Tolerado IR = Rechazable	
	CUMPLE	TOLERANCIA	ENSAYO		
63	100	97-100			
50	70-99	67-100			
40	30-65	27-68			
31,5	0-25	0-28			
22,4	CP	0-3	0-5		
	O-A	0-5	0-7		
Retenido entre 50-31,5	≥ 50	≥ 48			
ENSAYO		% EN PESO CUMPLE	% TOLERANCIA	% ENSAYO	CUMPLIMIENTO
LIMPIEZA	PARTÍCULAS FINAS(%que pasa por tamiz 0,5 mm UNE-EN 933-1) (vía seca)	CP	≤ 0,6	≤ 0,8	
		A-O	≤ 1,0	≤ 1,2	
	FINOS (% que pasa por tamiz 0,063 mm UNE-EN 933-1) (vía húmeda)	CP	≤ 0,5	≤ 0,7	
		A-O	≤ 0,7	≤ 0,9	
ÍNDICE DE FORMA: # Entre 22,4 y 63 mm.		≤ 10	≤ 12		
% ELEMENTOS ACICULARES Y LAJAS (L/E>3)					
ESPESOR MÍNIMO DE LOS ELEMENTOS GRANULARES		(Máximo 27%)	(Máximo 27%)		
-% Retenido entre 25 y 16 mm (C) y (C´)		C = 39,5-CLA	C´ = 43,5-CLA		
-% que pasa por tamiz de 16 mm		≤ 5,0	≤ 7,0		
% DE PARTÍCULAS CON LONGITUD MÁXIMA > 100 mm		≤ 4	≤ 6		
<u>COEFICIENTE LOS ÁNGELES (CLA)</u>					
TIPO 1: SISTEMA ALTA VELOCIDAD (≥ 200 km/h)		≤ 14	≤ 16		
TIPO 2: RED CONVENCIONAL (<200 km/h)		≤ 16	≤ 18		
LÍNEAS TIPO "C" Y ANCHO DE VÍA INFERIOR AL UIC		≤ 20	≤ 22		
ENSAYADA POR:		EN:	FECHA:	FIRMA:	
EL TÉCNICO DEL LABORATORIO			EL JEFE DEL LABORATORIO		

Fig. 6.6.2.a.

IMPRESO DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE BALASTO (REALIZADOS POR VÍA HÚMEDA)

NAV 3-4-0.2./4ª		ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE BALASTO (PAV 3-4-0.0./7ª)			
BALASTO TIPO:		Nº DE INFORME:			
LABORATORIO DE ENSAYO:		Nº DE LA MUESTRA:			
MUESTRA DE LA CANTERA:		Nº DE PRECINTO Y COLOR:			
ESTACIÓN DE CARGUE:		Nº:LIBRO DE ÓRDENES:			
NATURALEZA DE LA ROCA:		PETICIONARIO:			
RECOGIDA POR (LABORATORIO:		FECHA DE TOMA:			
LUGAR DE LA TOMA:		PESO DE LA MUESTRA: (Kg)			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Tamices cuadrados apertura (mm)	% que pasa por los tamices (en peso)			C = Cumple IT = Tolerado IR = Rechazable	
	CUMPLE	TOLERANCIA	ENSAYO		
63	100	97-100			
50	70-99	67-100			
40	30-65	27-68			
31,5	1-25	0-28			
22,4	CP	0-3	0-5		
	O-A	0-5	0-7		
0,5	CP	≤ 0,6	≤ 0,8		
	O-A	≤ 1,0	≤ 1.2		
0,063	CP	≤ 0,5	≤ 0,7		
	O-A	≤ 0,7	≤ 0,9		
% Retenido fracción 31,5-50		≥ 50	≥ 48		
ENSAYO		% EN PESO CUMPLE	% TOLERANCIA	% ENSAYO	CUMPLIMIE NTO
NDICE DE FORMA: # Entre 22,4 y 63 mm		≤ 10	≤ 12		
% ELEMENTOS ACICULARES Y LAJAS (L/E>3)					
ESPESOR MÍNIMO DE LOS ELEMENTOS GRANULARES		(Máximo 27%)	(Máximo 27%)		
% Retenido entre 25 y 16 mm (C) y (C')		C = 39,5-CLA	C' = 43,5-CLA		
% que pasa por tamiz de 16 mm		≤ 5,0	≤ 7,0		
% DE PARTÍCULAS CON LONGITUD MÁXIMA > 100 mm		≤ 4	≤ 6		
<u>COEFICIENTE LOS ÁNGELES (CLA)</u>					
TIPO 1: SISTEMA ALTA VELOCIDAD (≥ 200 km/h)		≤ 14	≤ 16		
TIPO 2: RED CONVENCIONAL (<200 km/h)		≤ 16	≤ 18		
LÍNEAS TIPO "C" Y ANCHO DE VÍA INFERIOR AL UIC		≤ 20	≤ 22		
ENSAYADA POR:		EN:	FECHA:	FIRMA:	

EL TÉCNICO DEL LABORATORIO

EL JEFE DEL LABORATORIO

Fig. 6.6.2.b.

ANEJO III. Fotos

- Foto 2.5.2. Cogedor, pala de mano con punta redonda, cepillo de recogida de finos y espuelas de goma.
- Foto 2.5.4. Pala cuadrada de bordes altos.
- Foto 2.5.7.a. Cuarteador metálico.
- Foto 2.5.7.b. Detalle del cuarteador metálico.
- Foto 2.5.9. Sacos de muestras de ensayo.
- Foto 2.6.1.a. Muestreo en cinta de producción.
- Foto 2.6.1.b. Introducción de nota identificativa en muestras unitarias de cinta.
- Foto 2.6.2.1.a. Muestreo en acopio. Removida del balasto con pala mecánica.
- Foto 2.6.2.1.b. Muestreo en acopio. Balasto en cucharón para extraer muestra unitaria.
- Foto 2.6.2.1.c. Muestreo en acopio. Etiquetado y cierre de saco con cinta en una muestra unitaria.
- Foto 2.6.2.1.d. Muestreo en acopio con pala cuadrada cuando no existe pala mecánica.
- Foto 2.6.2.2. Muestreo en tolva. Recogida de balasto con pala mecánica por la boca de salida.
- Foto 3.1.a. Cuarteo mediante cuarteador metálico.
- Foto 4.a. Etiquetas adhesivas para identificación exterior de muestras precintadas para ensayo.
- Foto 4.b. Precintos homologados para cerrar los sacos de muestras para ensayo.
- Foto 5.1. Muestra de ensayo colocada en 4 bandejas.
- Foto 5.2.3.2. Bandejas, cogedor y cepillo para manipulación de muestras.
- Foto 5.2.5. Pesada de material alterado o blando.
- Foto 5.3.3.3. Tamices de barras de 25 y 16 mm.
- Foto 5.3.5. Paso manual de la muestra por el tamiz de barras de 25 mm.
- Foto 5.4.5.a. Clasificación de piedras en el ensayo de elementos aciculares y lajas.
- Foto 5.4.5.b. Partícula dudosa clasificada como cuboide con la plantilla móvil.
- Foto 5.4.5.c. Clasificación de partícula dudosa como laja con la plantilla móvil.
- Foto 5.6.4.1. Tamices para el ensayo granulométrico.
- Foto 5.6.4.2.a. Aspecto del bastidor metálico para colocación de tamices.
- Foto 5.6.4.2.b. Tamices de ensayo sobre el bastidor metálico.
- Foto 5.7.2. Tamizado del material del tamiz de fondo del ensayo granulométrico para el ensayo de limpieza de balasto.
- Foto 5.8.4.1.a. Máquina para el ensayo de resistencia a la fragmentación «Los Ángeles».
- Foto 5.8.4.1.b. Carga abrasiva para la máquina de resistencia a la fragmentación «Los Ángeles».

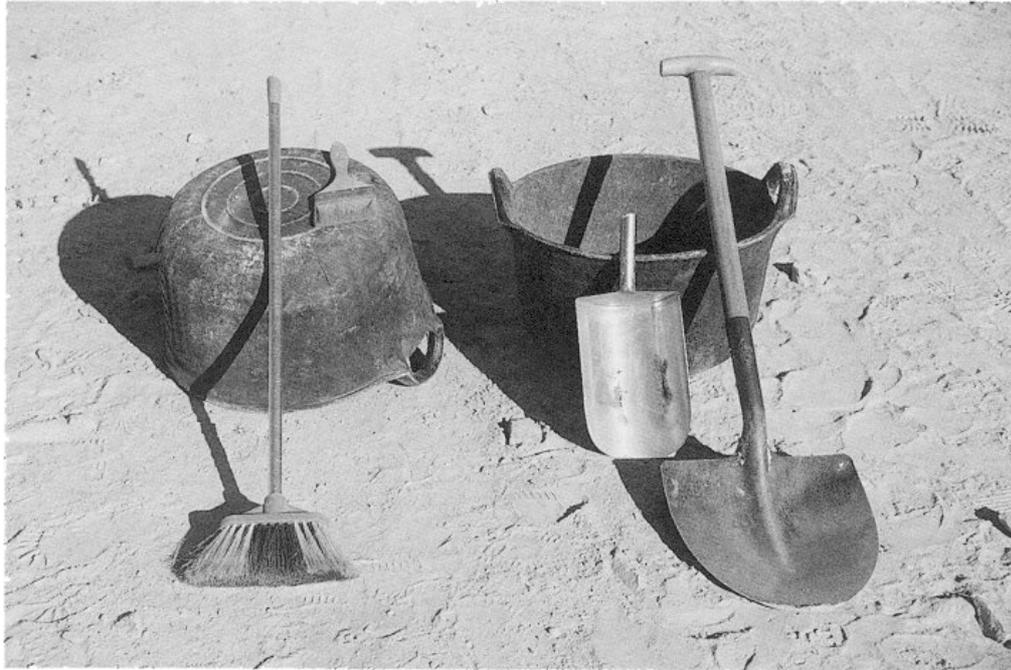


Foto 2.5.2. Cogedor, pala de mano con punta redonda, cepillo de recogida de finos y espuertas de goma.



Foto 2.5.4. Pala cuadrada de bordes altos.

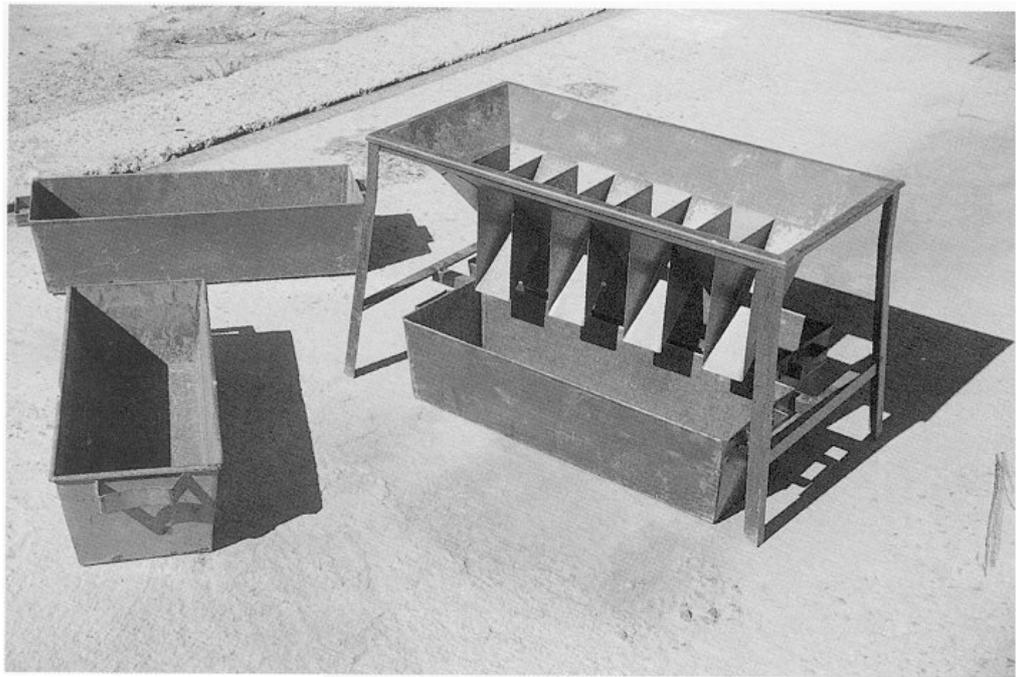


Foto 2.5.7.a. Cuarteador metálico.

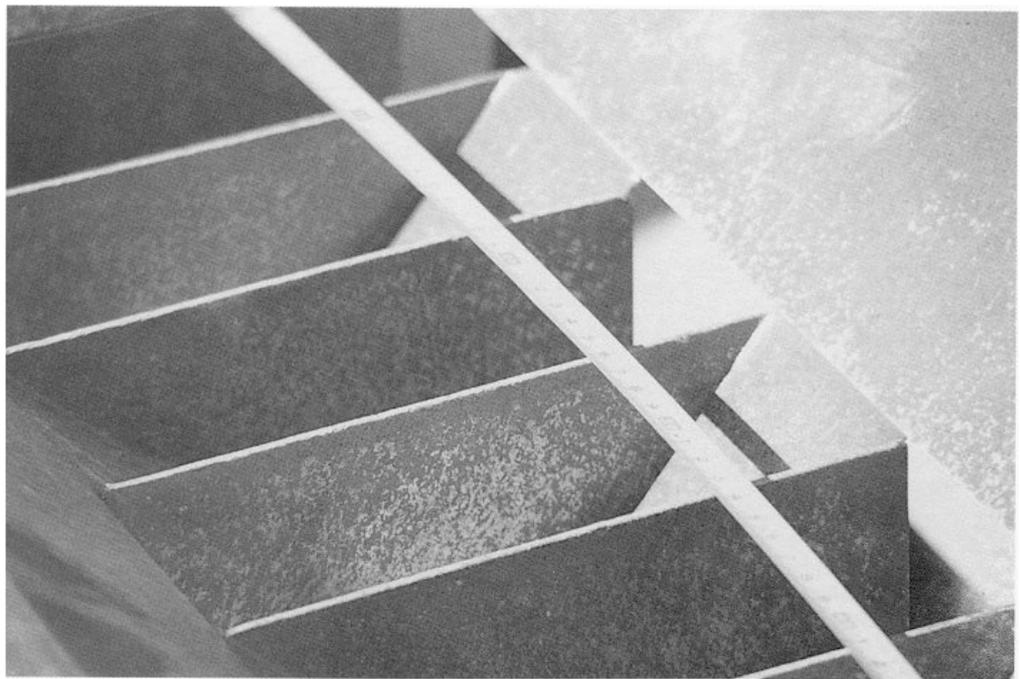


Foto 2.5.7.b. Detalle del cuarteador metálico.



Foto 2.5.9. Sacos de muestras de ensayo.



Foto 2.6.1.a. Muestreo en cinta de producción.

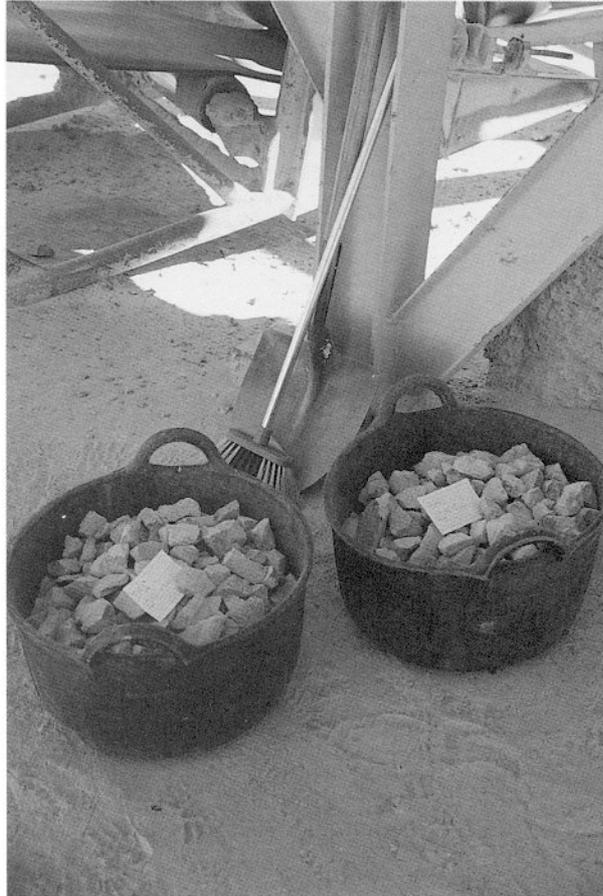


Foto 2.6.1.b. Introducción de nota identificativa en muestras unitarias de cinta.

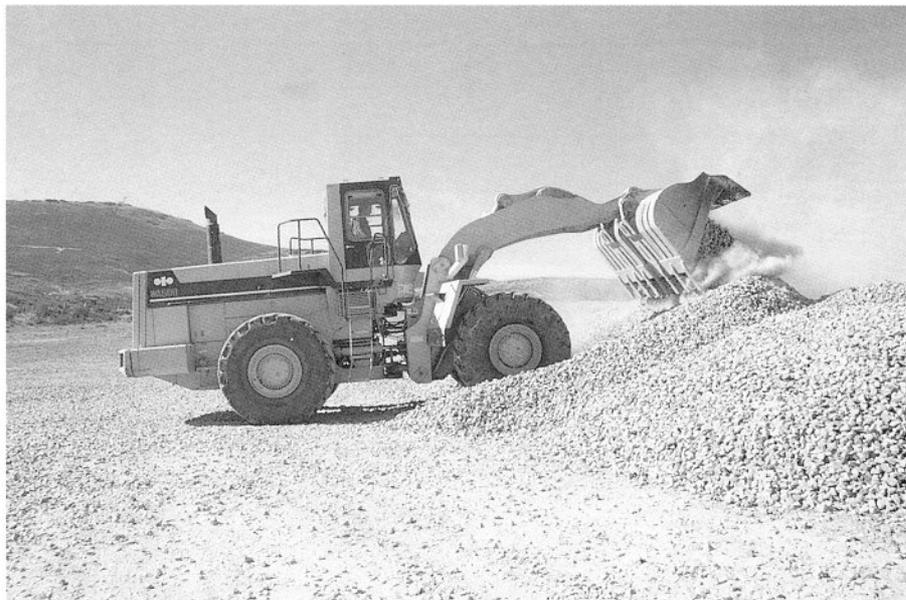


Foto 2.6.2.1.a. Muestreo en acopio. Removida del balasto con pala mecánica.

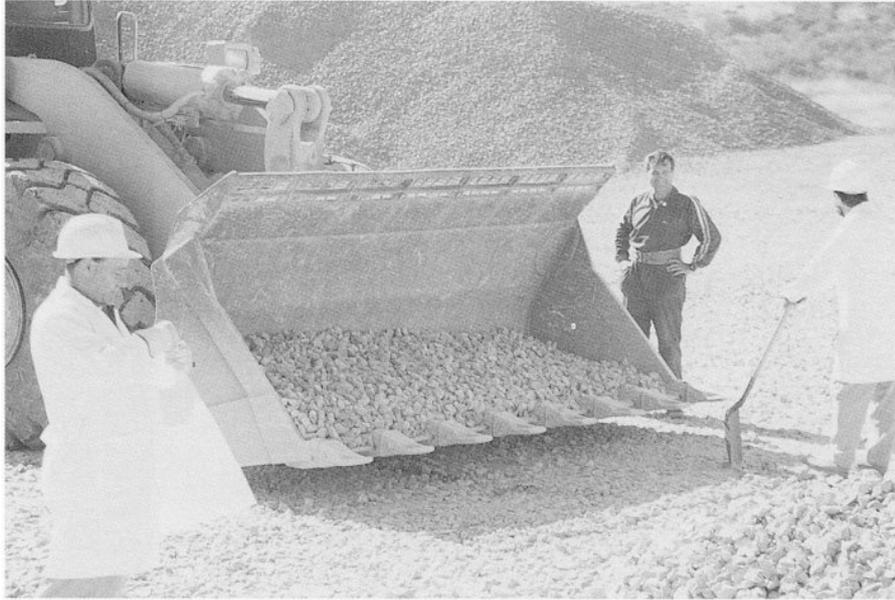


Foto 2.6.2.1.b. Muestreo en acopio. Balasto en cucharón para extraer muestra unitaria.



Foto 2.6.2.1.c. Muestreo en acopio. Etiquetado y cierre de saco con cinta en una muestra unitaria.

NAV 3-4-0.2



Foto 2.6.2.1.d. Muestreo en acopio con pala cuadrada cuando no existe pala mecánica.



Foto 2.6.2.2. Muestreo en tolva. Recogida de balasto con pala mecánica por la boca de salida.

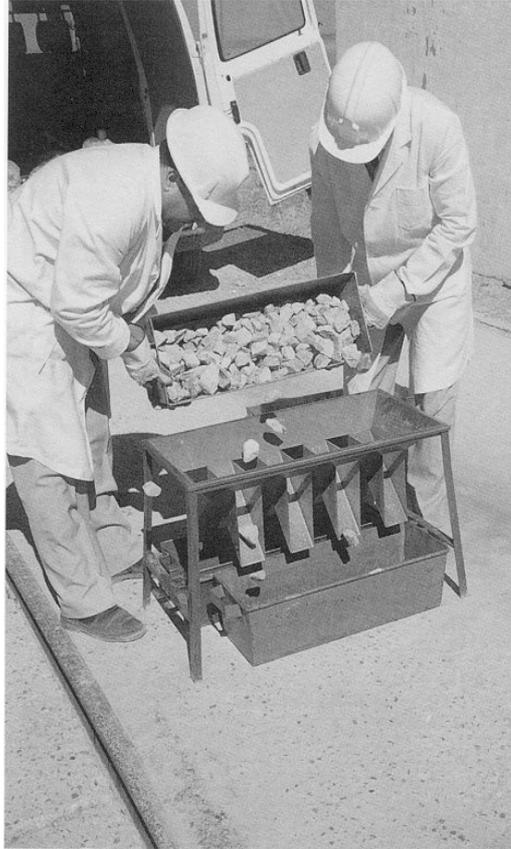


Foto 3.1.a. Cuarteo mediante cuarteador metálico.

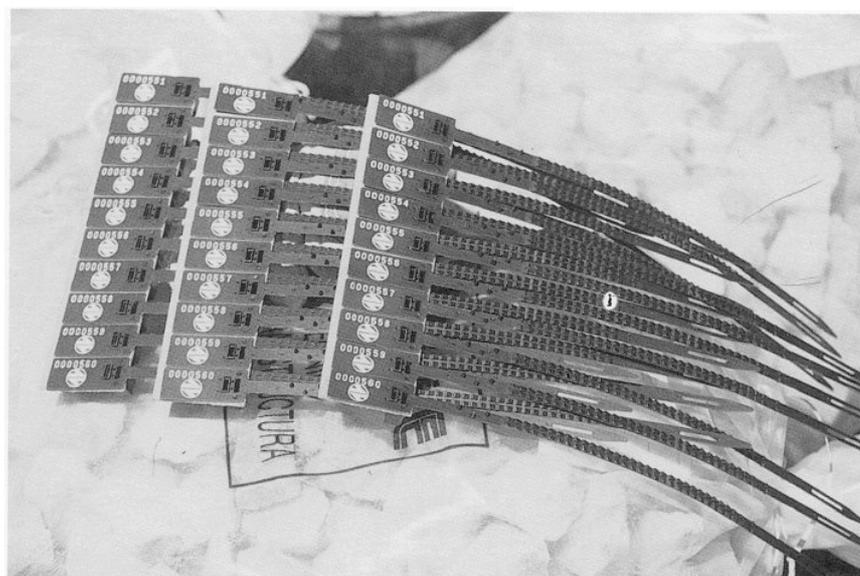


Foto 4.b. Precintos homologados para cerrar los sacos de muestras para ensayo.



Foto 5.1. Muestra de ensayo colocada en 4 bandejas.

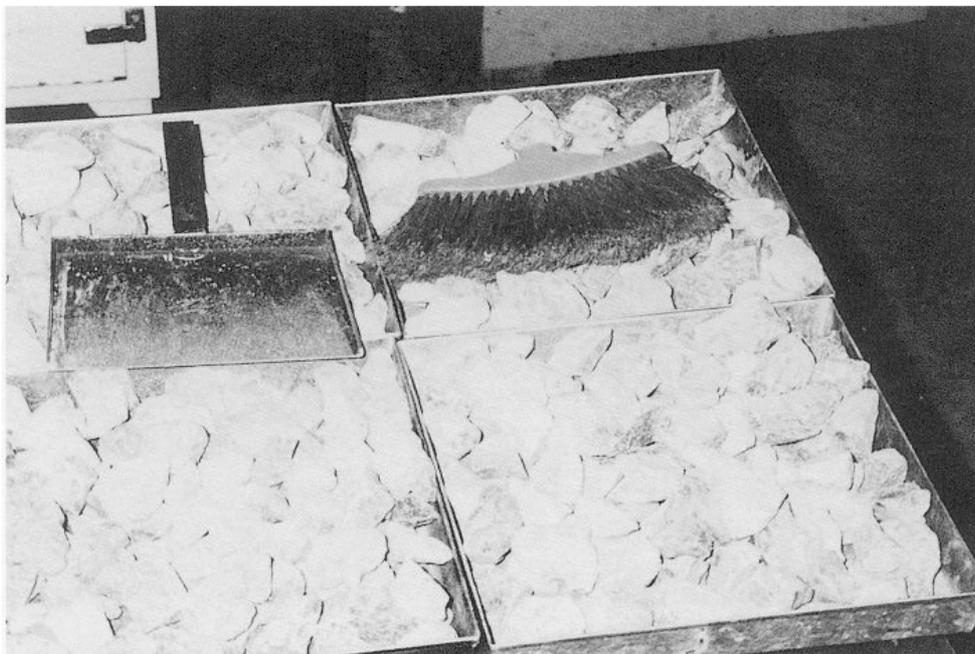


Foto 5.2.3.2. Bandejas, cogedor y cepillo para manipulación de muestras.



Foto 5.2.5. Pesada de material alterado o blando.

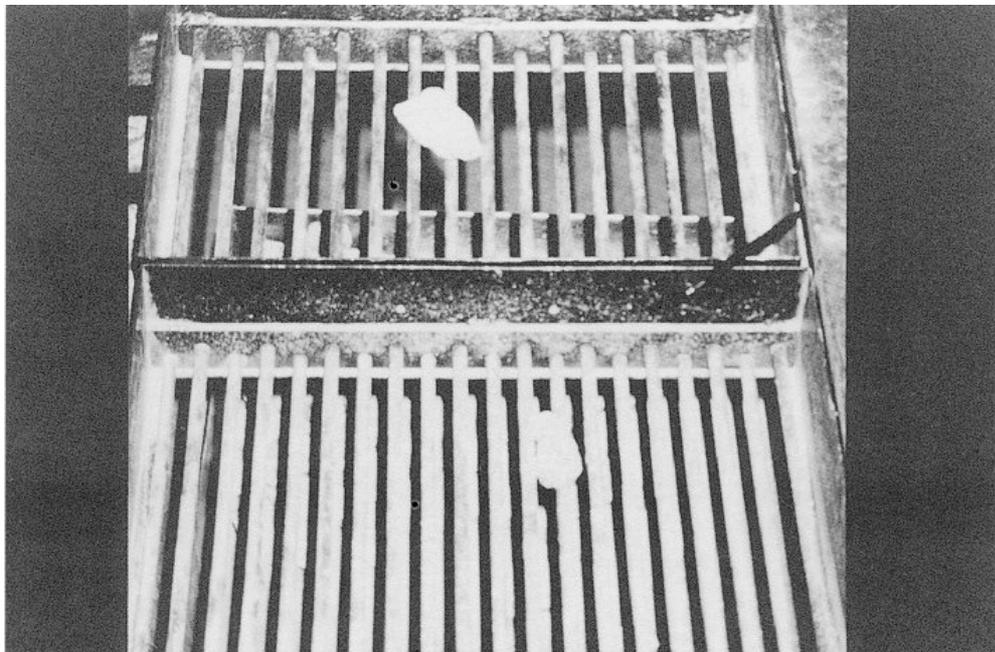


Foto 5.3.3.3. Tamices de barras de 25 y 16 mm.



Foto 5.3.5. Paso manual de la muestra por el tamiz de barras de 25 mm.



Foto 5.4.5.a. Clasificación de piedras en el ensayo de elementos aciculares y lajas.

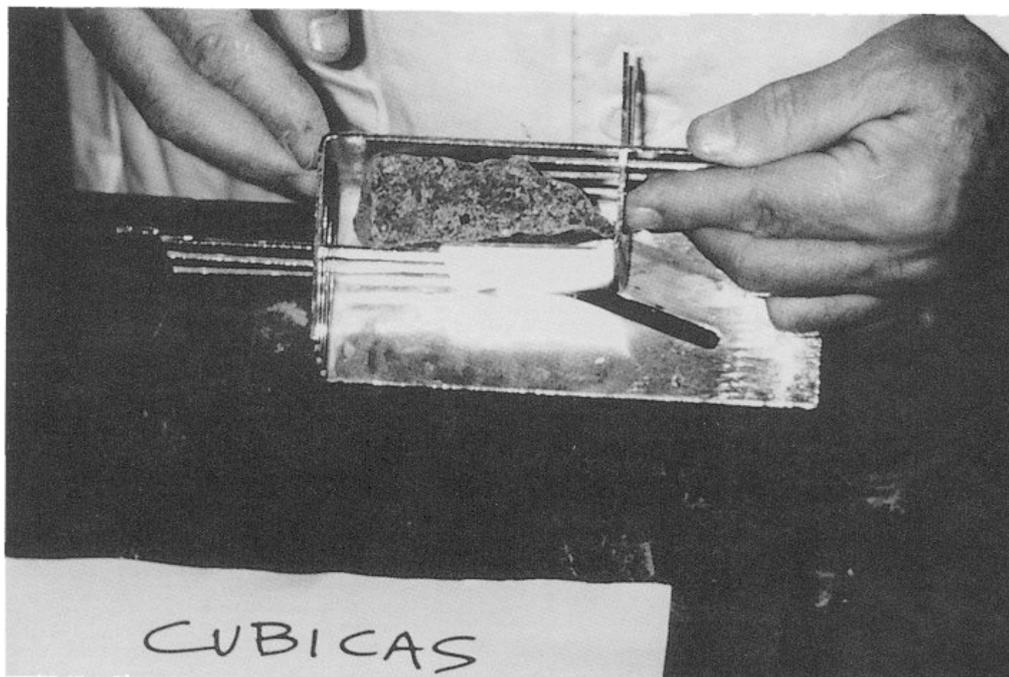


Foto 5.4.5.b. Partícula dudosa clasificada como cuboide con la plantilla móvil.

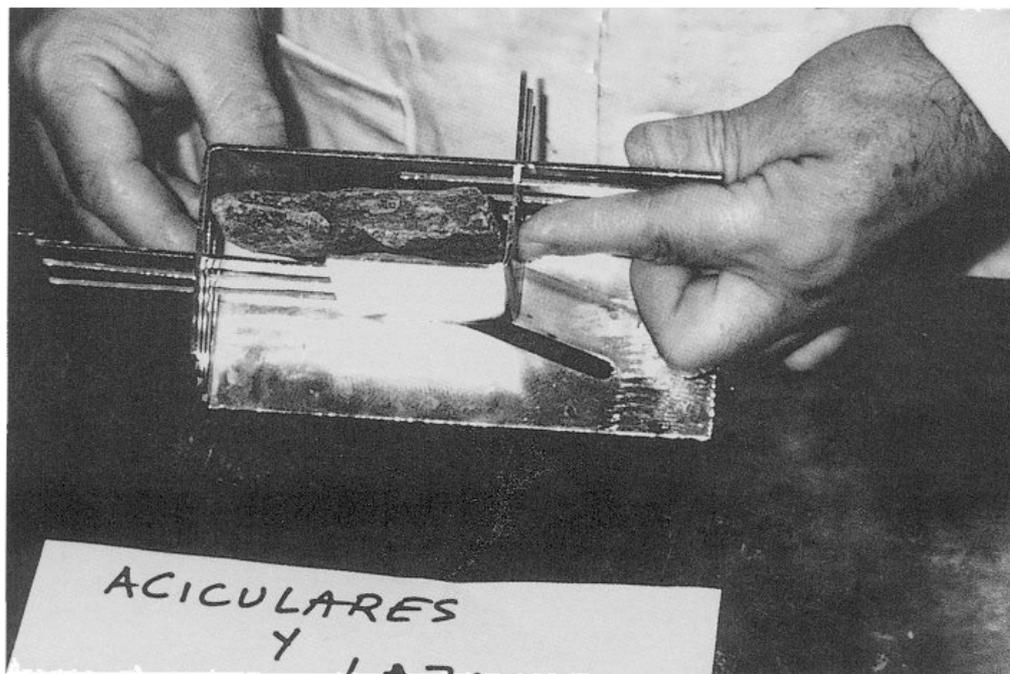


Foto 5.4.5.c. Partícula dudosa clasificada como laja con la plantilla móvil.



Foto 5.6.4.1.b. En el lado izquierdo de la mesa de ensayos, los tamices de luces cuadradas para el ensayo granulométrico.



Foto 5.6.4.2.a. Aspecto del bastidor metálico para colocación de tamices.



Foto 5.6.4.2.b. Tamices de ensayo sobre el bastidor metálico.



Foto 5.7.2.. Tamizado del material retenido de fondo del ensayo granulométrico, para el ensayo de limpieza de balasto.



Foto 5.8.4.1.a. Máquina para el ensayo de resistencia a la fragmentación “Los Ángeles”.

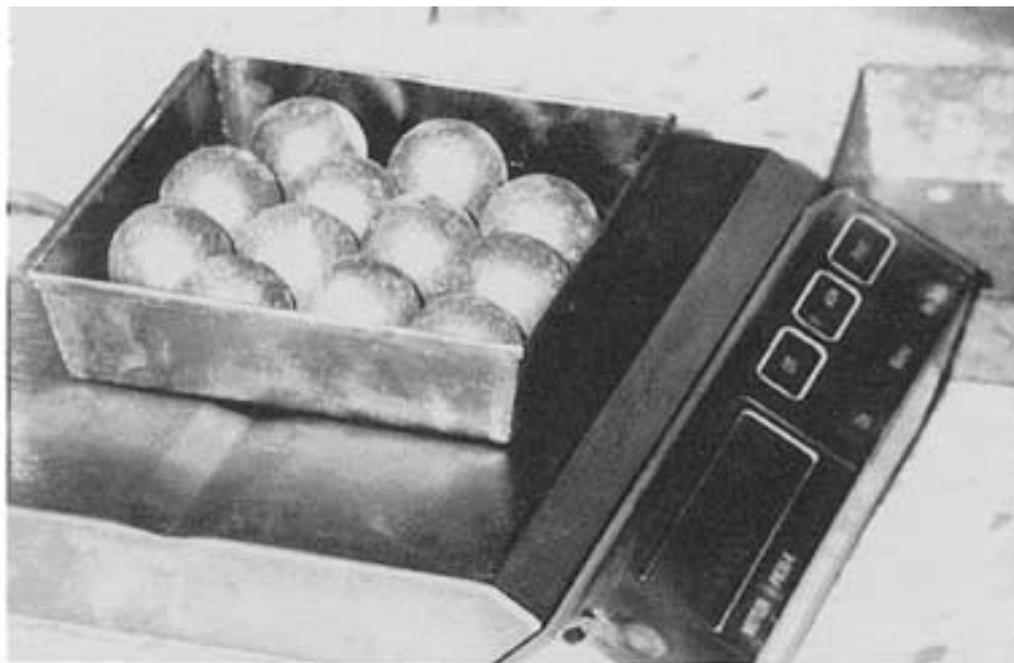


Foto 5.8.4.1.b. Carga abrasiva utilizada en el ensayo de resistencia a la fragmentación “Los Ángeles”.



ADMINISTRADOR DE INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS