

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

Pavimentos – Áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico – Trazabilidad y requisitos para incorporar en bases y subbases de pavimentos

Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

Este proyecto de norma ha sido preparado por el INN y está basado en antecedentes técnicos nacionales y se encuentra en consulta pública para que las partes interesadas emitan sus observaciones las cuales serán tratadas en un Comité Técnico.

Si bien se ha tomado todo el cuidado razonable en la preparación y revisión de los documentos normativos producto de la presente comercialización, INN no garantiza que el contenido del documento es actualizado o exacto o que el documento será adecuado para los fines esperados por el Cliente.

En la medida permitida por la legislación aplicable, el INN no es responsable de ningún daño directo, indirecto, punitivo, incidental, especial, consecuencial o cualquier daño que surja o esté conectado con el uso o el uso indebido de este documento.

36 **Introducción**

37
38 Los áridos artificiales procedentes de la valorización de residuos del proceso siderúrgico se relacionan con una
39 serie de conceptos vinculados a la economía circular, como es el caso de la circulación de materiales que consiste
40 en considerar la circularidad en toda la cadena de suministro, con un enfoque de circuito cerrado en el que los
41 productos o sus partes constituyentes se reprocessan y se vuelven a utilizar para el mismo u otro fin, reduciendo la
42 extracción de materias primas vírgenes y residuos.

43
44 Es así, como a partir de este escenario, se han desarrollado nuevos documentos técnicos para la valorización de
45 residuos del proceso siderúrgico y su uso como áridos artificiales para distintas aplicaciones en el sector
46 construcción. Es así como se ha comenzado a desarrollar un documento técnico que establece los requisitos que
47 deben cumplir los áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico, estableciendo una clasificación
48 conforme al proceso desde donde se origina el residuo. Además, entrega una serie de requisitos físicos y químicos
49 que deben cumplir los áridos artificiales, independiente de su uso y que el productor de los mismos debe asegurar.

50
51 No obstante, cada uso particular tiene sus propias consideraciones, y es así como se ha determinado elaborar una
52 serie de normas técnicas que atiendan los requisitos específicos de los áridos artificiales para cada uso específico.

53
54 Estas normas técnicas pretenden fomentar el uso de los áridos no convencionales en distintas obras de
55 construcción, generando así un impacto positivo en el medioambiente reemplazando aquellas materias primas que
56 presenten escasez para la producción del material y, para ello, el uso de subproductos tanto de la propia industria
57 de la construcción como de otros sectores productivos resulta esencial.

58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	Pavimentos – Áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico – Trazabilidad y requisitos
66	para incorporar en bases y subbases de pavimentos
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	1 Alcance y campo de aplicación
75	
76	1.1 Esta norma especifica los requisitos que deben cumplir los áridos artificiales en base a escorias del proceso
77	siderúrgico de acuerdo a prNCh3851, para ser utilizados en bases y subbases de pavimentos.
78	
79	1.2 Esta norma establece los ensayos que se deben aplicar a los áridos artificiales en base a escorias del proceso
80	siderúrgico para ser utilizados en bases y subbases de pavimentos.
81	
82	1.3 Esta norma se aplica a todo tipo de obras de pavimentación, tales como: ciclovías, áreas de estacionamiento,
83	playas de almacenamiento de contenedores, patios industriales, canchas deportivas, ferrovías, áreas destinadas
84	a ganadería, pistas, cabezales y áreas de estacionamiento de aviones en aeropuertos o helipuertos, entre otras.
85	
86	
87	2 Referencias normativas
88	
89	Los documentos siguientes son indispensables para la aplicación de esta norma. Para referencias con fecha, sólo
90	se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento referenciado
91	(incluyendo cualquier enmienda).
92	
93	NCh163:2013, <i>Áridos para morteros y hormigones – Requisitos.</i>
94	
95	NCh164, <i>Áridos para morteros y hormigones - Extracción y preparación de muestras.</i>
96	
97	NCh165, <i>Áridos para morteros y hormigones - Tamizado y determinación de la granulometría.</i>
98	
99	NCh166, <i>Áridos para morteros y hormigones - Determinación de impurezas orgánicas en las arenas.</i>
100	
101	NCh1117, <i>Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades reales y neta y de la absorción</i>
102	<i>de agua de las gravas.</i>
103	
104	NCh1223, <i>Áridos para morteros y hormigones - Determinación del material fino menor a 0,080 mm.</i>
105	
106	NCh1239, <i>Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y de la absorción</i>
107	<i>de agua de las arenas.</i>
108	
109	NCh1325, <i>Áridos - Determinación del equivalente de arena en suelos y áridos finos.</i>
110	

- 111 NCh1369, *Áridos - Determinación de la resistencia al desgaste por abrasión e impacto - Método de la máquina*
 112 *de Los Angeles.*
 113
 114 NCh1444, *Áridos para morteros y hormigón - Determinación de cloruros y sulfatos.*
 115
 116 NCh1517/1, *Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: Determinación del límite líquido.*
 117
 118 NCh1517/2, *Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico.*
 119
 120 NCh1852, *Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio.*
 121
 122 NCh3851, *Áridos – Áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico – Clasificación y requisitos¹.*
 123
 124 UNE-EN 196-2, *Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.*
 125
 126 UNE-EN 1744-1, *Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.*
 127
 128 NLT-361, *Determinación del grado de envejecimiento en escorias de acería.*
 129
 130 3 Términos y definiciones
 131
 132 Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones dados en NCh3851 y los siguientes:
 133
 134 **3.1**
 135 **subbase**
 136 capa de agregados pétreos, convenientemente graduados y compactados, que cumplen las especificaciones
 137 técnicas generales y especiales del proyecto, colocada sobre la subrasante ya preparada
 138
 139 **3.2**
 140 **base**
 141 capa de agregados pétreos compactados bien graduados y provenientes de un proceso de producción mecanizada
 142 de trituración y selección y que puede incorporar o no, un agente estabilizador
 143
 144
 145 **4 Requisitos para áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico**
 146
 147 **4.1 Generalidades**
 148
 149 Los áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico deben cumplir con los requisitos especificados
 150 en NCh3851.
 151
 152 Los áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico que se permiten para el uso en bases y subbases
 153 de pavimentos son los clasificados como de origen:
 154
 155 – escorias siderúrgicas de alto horno (BFS);
 156 – escorias de alto horno enfriadas por aire (ACBFS)
 157
 158 – escorias siderúrgicas de horno de arco eléctrico (EAFS) o escorias negras;
 159
 160 – escorias siderúrgicas de horno de oxígeno básico (BOFS).
 161

¹ En estudio.

162 No se permite el uso de escorias blancas como material para bases y subbases de pavimentos.
163

164 Se debe rechazar la mezcla de escorias negras y blancas para su empleo como material granular en bases y
165 subbases de pavimentos. La detección de la presencia de escoria blanca en cualquier lote suministrado a la obra
166 debe suponer el rechazo de todo el material de la misma procedencia.
167

168 Los áridos artificiales que se quieran usar en bases y subbases de pavimentos, deben demostrar que no son
169 peligrosos ni producen reacciones nocivas en el pavimento.
170

171 Nota: Cuando el árido artificial se origine a partir de un residuo, su peligrosidad está definida en el DS 148 o sus modificaciones.
172

173 Los áridos artificiales, tras un proceso previo de machaqueo, cribado y eliminación de elementos metálicos y
174 otros contaminantes, se deben envejecer con riego de agua durante un periodo mínimo de tres meses.
175

176 4.2 Trazabilidad

177
178 Los áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico deben provenir de instalaciones autorizadas de
179 reciclaje y valorización de residuos del proceso siderúrgico.
180

181 En caso de que los áridos artificiales provengan de plantas móviles, éstas se deben identificar como parte
182 integrante de la obra y deben cumplir con los controles indicados para áridos artificiales según NCh3851.
183

184 Los áridos artificiales se deben suministrar con la documentación y denominación que acredite que cumplen
185 con las especificaciones dadas en NCh3851.
186
187

188 5 Requisitos para áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico utilizados en bases y 189 subbases de pavimentos

190 5.1 Generalidades

192
193 Esta cláusula define las calidades y graduaciones de áridos artificiales en base a escorias del proceso siderúrgico,
194 para ser utilizados como subbases y bases de pavimentos. Estos requisitos son aplicables únicamente a
195 materiales que tienen densidades netas entre 2 000 y 3 000 kg/m³ y absorciones y graduaciones características.
196

197 Los porcentajes de reemplazo de los áridos naturales por áridos artificiales deben ser los establecidos en cada
198 proyecto.
199

200 NOTA Se han realizado experiencias exitosas con un porcentaje de reemplazo del 10%.
201

202 Los áridos gruesos, retenidos sobre tamiz 5 mm (N° 4), deben ser partículas resistentes, durables, constituidas
203 de fragmentos de roca, grava o escorias. Áridos que se quiebran con los ciclos alternados de hielo-deshielo y
204 humedad-sequedad, no se deben utilizar.
205

206 Los agregados finos, que pasan por tamiz 5 mm (N° 4), deben estar constituidos por arenas naturales o trituradas
207 y por partículas minerales que pasan por tamiz 0,08 mm (N° 200).
208

209 Las fracciones que pasan por tamiz 0,08 mm (N° 200) no deben ser mayores que los dos tercios de la fracción
210 que pasa por tamiz 0,5 mm (N° 40). Los límites de consistencia de la fracción que pasa por tamiz 0,5 mm deben
211 ser conforme a lo indicado en Tabla 1.
212

213 Todo el material debe estar libre de materias orgánicas y terrones de arcillas. La graduación de los materiales
214 debe estar conforme con los requisitos de Tabla 2.

215
216 El árido siderúrgico procedente de alto horno no debe presentar desintegración por el silicato bicálcico ni por el
217 hierro, según UNE-EN 1744-1.
218

219 El árido artificial proveniente del proceso siderúrgico debe presentar una expansividad inferior al cinco por
220 ciento ($< 5\%$) según UNE-EN 1744-1. La duración del ensayo será de 24 h cuando el contenido de óxido de
221 magnesio (norma UNE-EN 196-2) sea menor o igual al cinco por ciento ($MgO \leq 5\%$) y de 168 h en los demás
222 casos. Además, el Índice Granulométrico de Envejecimiento (IGE) (NLT-361) debe ser inferior al uno por
223 ciento ($< 1\%$) y el contenido de cal libre (UNE EN 1744-1) debe ser inferior al cinco por mil ($< 5\text{‰}$).
224

225 **5.2 Áridos artificiales para subbases**

226
227 Los materiales para subbase deben cumplir con los requisitos estipulados en 5.1. Además, deben cumplir con
228 las propiedades mecánicas estipuladas en esta cláusula y con la graduación TM-50a de Tabla 2.
229

230 En cuanto a las propiedades mecánicas, el material debe tener un soporte CBR mayor o igual a 40% y la fracción
231 gruesa debe tener una resistencia al desgaste, medida por el ensay de Los Angeles, NCh1369, menor o igual a
232 40%.
233

234 Nota En zonas heladas se deberían reconsiderar los límites de Atterberg y el material bajo 0,08 mm, previo estudio de las condiciones
235 locales.
236

237 **5.3 Áridos artificiales para bases granulares**

238
239 Los materiales para base granular (estabilización hidráulica) deben cumplir con los requisitos indicados en 5.1.
240 Además, deben cumplir con las propiedades mecánicas estipuladas en esta cláusula. Las granulometrías se
241 deben ajustar a una de las siguientes bandas: TM-50b, TM-50c o TM-25 de Tabla 2; el porcentaje de chancado,
242 determinado según NCh163:2013, Anexo A, no debe ser menor que 50%. Cuando el material se use como base
243 para tratamiento superficial doble, el contenido mínimo de chancado debe ser de 70%, su tamaño máximo
244 absoluto debe ser de 40 mm y su Índice de Plasticidad máximo debe ser de 4%, salvo que el proyecto estipule
245 otro valor, debidamente justificado, el que en ningún caso puede exceder 6%.
246

247 En cuanto a las propiedades mecánicas, el material debe tener un soporte $CBR \geq 80\%$; la fracción gruesa debe
248 tener una resistencia al desgaste, medida por el ensayo de Los Angeles, NCh1369, menor o igual que 35%. En
249 caso de tratamiento superficial doble, el soporte debe ser $CBR \geq 100\%$ (Ver Nota).
250

251 Nota Cuando se emplea como subbase de pavimento de hormigón, el soporte debiera ser $CBR \geq 50\%$.
252

253 **5.4 Requisitos físicos y químicos para áridos artificiales en bases y subbases de pavimentos**

254
255 Los áridos artificiales deben cumplir con los siguientes requisitos de calidad indicados en Tabla 1:
256

257
258
259

Tabla 1 – Requisitos físicos y químicos de áridos artificiales

Requisitos		Valores límites		Norma de ensayo
		Subbases	Bases	
	1 Material fino menor que 0,075 mm, % máx.	Árido fino 1,0 Árido grueso 7,0	Árido fino 1,0 Árido grueso 7,0	NCh1223
	2 Absorción de agua (porosidad), % máx.	Árido fino 2,0 Árido grueso 3,0	Árido fino 2,0 Árido grueso 3,0	NCh1117; NCh1239 Respectivamente
	3 Tamaño máximo nominal, mm	-	40	NCh165
	4 Resistencia al desgaste Máquina de Los Ángeles, % máx.	≤ 40	≤ 35	NCh1369
	5 Límites de Atterberg (% que pasa por tamiz 5 mm), %máx.			
	- Límite líquido (LL)	35	25	NCh1517/1
	- Índice de plasticidad (IP)	8	6	NCh1517/2
	6 Equivalente de arena, %	> 30	> 30	NCh1325
7 Relación de soporte californiana (CBR), % máx.	≥ 40	≥ 80	NCh1852	
8 Porcentaje de chancado, % máx.	-	≥ 50	NCh163:2013	
Químicos	9 Impurezas orgánicas, %	≤ 0,2	≤ 0,2	NCh166
	10 Sulfatos solubles en agua referido al árido seco, %	≤ 0,5	≤ 0,5	NCh1444

260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279

El contenido ponderal en azufre total (expresado en S, según UNE-EN 1744-1), debe ser inferior al cinco por mil ($S < 5 \text{ ‰}$) donde los materiales estén en contacto con capas tratadas con cemento, e inferior al uno por ciento ($< 1\%$) en los demás casos.

Si los áridos provienen de una planta de áridos artificiales fija, los ensayos descritos en Tabla 2 se deben realizar 1 vez por cada obra, o por cada lugar de procedencia.

Los ensayos de áridos artificiales descritos en Tabla 1 se deben ejecutar por un Laboratorio de ensayo autorizado por la Autoridad Competente y los informes de ensayo deben estar disponibles para consulta por parte de los usuarios.

Los procedimientos de extracción y preparación de muestras se deben efectuar en el acopio final de acuerdo con NCh164.

5.5 Bandas granulométricas para bases y subbases de pavimentos

Los áridos artificiales que se utilicen en bases y subbases de pavimentos deben estar conformes a los requisitos granulométricos establecidos en 5.2 y 5.3 respectivamente, y según Tabla 2.

280
281
282

Tabla 2 - Bandas granulométricas para bases y subbases de pavimentos

Tamiz (mm)	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
50	100	100	100				
40	-	70 - 100	-	100	100	100	
25	55 - 100	55 - 85	70 - 100	70 - 100	80 - 100	80 - 100	100
20	-	45 - 75	60 - 90	50 - 80	-	-	70 - 100
10	30 - 75	35 - 65	40 - 75	25 - 50	50 - 80	50 - 80	50 - 80
5	20 - 65	25 - 55	30 - 60	10 - 30	35 - 65	35 - 65	35 - 65
2,5	-	-	-	5 - 15	-	-	-
2	10 - 50	15 - 45	15 - 45	-	25 - 50	25 - 50	25 - 50
0,5	5 - 30	5 - 25	10 - 30	0 - 5	10 - 30	15 - 30	10 - 30
0,08	0 - 20	0 - 10	0 - 15	0 - 3	5 - 15	5 - 20	0 - 15

283
284
285
286
287
288
289
290

6 Recomendaciones para uso

Durante la ejecución de la obra, los áridos artificiales objetos de la presente norma se deben tratar igual a sus equivalentes convencionales (naturales), siguiendo las precauciones y recomendaciones indicadas a continuación:

291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304

- El contenido de humedad del árido siderúrgico suele ser superior al del árido natural a causa de su morfología cavernosa y por haber sido sometido a procesos de envejecimiento o maduración mediante la aspersión de agua.
- A igual grado de humedad, el árido siderúrgico precisa más tiempo y más calor que el árido natural para secarse a la intemperie. Por esta razón, es importante cuidar que desde la instalación de tratamiento hasta la central de fabricación se transporten los áridos lo más secos posible. Una vez allí es conveniente que se acopien sobre superficies pavimentadas y con pendientes adecuadas para facilitar la evacuación del agua.
- Siempre que sea posible, es recomendable apartar las fracciones con humedad excesiva (> 5%), reservándolas hasta que su secado a la intemperie reduzca su contenido de agua tanto como sea posible, para no incrementar la demanda energética y para prevenir la existencia de humedad residual en la mezcla bituminosa.

305
306
307
308
309

Nota La recomendación de disponer de una superficie pavimentada y con pendientes adecuadas en la zona de acopios es válida para cualquier tipo de árido: natural o artificial, dada la gran ventaja que supone evitar el empleo de áridos contaminados o sucios.

310
311
312
313
314

En las inspecciones de las instalaciones de fabricación, que toda dirección facultativa debiera realizar con cierta frecuencia, una zona de acopios limpia, pavimentada y sin acumulaciones de agua en periodos de lluvia, es un indicador de que la planta adopta medidas para garantizar la calidad de su producción.

315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330

Anexo A
(informativo)

Bibliografía

- [1] *Pliego de prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG3) – Parte 5ª Firmes*, Gobierno de España.
- [2] *Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación, Serie: Estándares Técnicos de Construcción*, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2018.
- [3] *Manual de Carreteras, Volumen N°8: Especificaciones y Métodos de Muestreo, Ensaye y Control*. Ministerio de Obras Públicas, 2022.