

# MOPU

0. M. Junio 1988

## Secciones de firme en autovías

DE ELLO G. B. M. D.

PARA ALUMEN

Julio 1988

(siguen vigentes los artículos del Pliego cuando los sea sus ANEXOS)

\* No h. F. Obos del M. L. P. G. 3

- 100 2 a horas natural
- 100 2 a horas artificial
- 50 1 hora artificial
- 50 1 hora artificial



# INDICE

<b>PRESENTACION</b>	<b>7</b>
§	
1. FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO	9
1.1 Tráfico	11
1.2 Explanada	11
2. MATERIALES DE LA EXPLANADA Y FIRMES	13
2.1 Explanadas	15
2.2 Firmes (incluidos arcenes)	15
3. CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME	21
<b>ANEXOS</b>	<b>37</b>
1. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO	39
1. Definición	41
2. Materiales	41
3. Dosificación del hormigón compactado	43
4. Ensayos previos a la ejecución	44
5. Equipo necesario para la ejecución de las obras	45
6. Tramos de prueba	46
7. Ejecución de las obras	46
8. Tolerancias de la superficie acabada	49
9. Limitaciones de la ejecución	49
10. Medición y abono	49
11. Controles de fabricación y puesta en obra	49
2. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO	53
1. Definición	55
2. Materiales	55
3. Dosificación del hormigón magro	55
4. Ensayos previos a la ejecución	56
5. Equipo necesario para la ejecución de las obras	57
6. Tramos de prueba	57
7. Ejecución de las obras	57
8. Control de la resistencia del hormigón magro en obra	57
9. Tolerancias de la superficie acabada	58
10. Medición y abono	58
3. 500. ZAHORRAS NATURALES	59
500.1 Definición	61

500.2 Materiales	61
500.3 Ejecución de las obras	62
500.4 Especificaciones de la unidad terminada	64
500.5 Limitaciones de la ejecución	65
500.6 Medición y abono	66
500.7 Control de calidad	66
4. 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES	69
501.1 Definición	71
501.2 Materiales	71
501.3 Ejecución de las obras	72
501.4 Especificaciones de la unidad terminada	74
501.5 Limitaciones de la ejecución	75
501.6 Medición y abono	75
501.7 Control de calidad	76

## PRESENTACION

El tiempo transcurrido desde la aprobación de las vigentes Normas 6.1 y 6.2-IC sobre firmes flexibles y rígidos, respectivamente, la experiencia recogida sobre su aplicación, y la evolución del tráfico y de los materiales constitutivos de las distintas unidades de obra, así como la aparición de algunas nuevas, aconsejan una revisión de aquellas Normas, que ha sido llevada a cabo por la Dirección General de Carreteras, en colaboración con el CEDEX y otros expertos.

El impulso experimentado por el Programa de Autovías incluido en el Plan General de Carreteras 1984-1991, y la consiguiente proliferación de proyectos de unas obras de gran importancia económica y de las que se espera una larga vida útil, han obligado a acelerar la revisión arriba citada en lo tocante a los firmes de las autovías de nueva construcción: lo cual se ha visto facilitado por las especiales características del tráfico en ellas previsible, y por la toma de algunas decisiones fundamentadas en la importancia de estas infraestructuras.

Se ha procurado mantener, en todo lo posible, la estructura y terminología de las Normas 6.1 y 6.2-IC, que se refunden en una sola, aplicable a los firmes de nueva construcción incluidos en el Programa de Autovías. Dada la simplicidad de utilización de la nueva Norma, se encarece especialmente a los ingenieros que concentren su atención en la selección de las explanadas y estructuras de firme más adecuadas de entre las posibles, en función de las disponibilidades de materiales locales y equipos.

En virtud de lo que antecede, este Ministerio ha dispuesto lo siguiente:

1º Aprobar la Instrucción de la Dirección General de Carreteras sobre Secciones de Firme en Autovías, que se acompaña a la presente Orden.

2º En la redacción de los proyectos de firmes de autovías de nueva construcción que se redacten a partir de la fecha de la aprobación de la presente Orden, se tendrán en cuenta las normas y recomendaciones que figuran en la Instrucción que se aprueba.

3º En las obras de autovías en curso de ejecución, se someterá a la consideración de la Dirección General de Carreteras, Subdirección General de Construcción y Explotación, la conveniencia de proceder a modificar la sección del firme en el sentido indicado por la instrucción referida.

4º Queda derogada la Orden Ministerial de 12 de marzo de 1976, por la que se aprobaron las Instrucciones 6.1-IC 1975 y 6.2-IC 1975, de «Firmes flexibles» y «Firmes rígidos», en cuanto se opongan a la Instrucción que se aprueba en lo relativo a firmes de autovías.

Lo que comunica a V.I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V.I.

*Ilmos. Sres. Directores Generales del Departamento  
Madrid, julio de 1986*



1.

FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

2



# FACTORES DE DIMENSIONAMIENTO

## 1.1 Tráfico

Los tráficos a considerar en el dimensionamiento del firme de autovías de nueva construcción serán los siguientes:

- T0 para más de 2.000 vehículos pesados/día en el carril de proyecto.
- T1 para los demás casos.

La IMD de vehículos pesados se referirá al año de la puesta en servicio. Se considerará como carril de proyecto el exterior, sobre el cual incidirán la totalidad de los vehículos pesados correspondientes a esa calzada si ésta tuviera 2 carriles, y el 85% de los mismos si tuviera 3 ó más.

## 1.2 Explanada

Sólo se considerarán explanadas tipo E2 y E3 de las contempladas en las Normas 6.1 y 6.2-IC, quedando proscrita la utilización de explanadas tipo E1 en autovías.



## 2. MATERIALES DE LA EXPLANADA Y FIRMES



## 2.1 Explanadas

Serán válidos los materiales consignados en la Tabla 3 de las Normas 6.1 y 6.2-IC.

## 2.2 Firmes (incluidos arcenes)

### 2.2.1 Mezclas bituminosas

Se emplearán mezclas bituminosas en caliente (Artículo 542 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales), con arreglo a los criterios que se exponen a continuación.

La rodadura será de tipo denso (D) o semidenso (S), recomendándose este último en zonas pluviométricas poco lluviosas (fig. 2 de la Norma 6.2-IC). Su espesor no deberá ser inferior a 6 cm, salvo en las secciones del catálogo cuya numeración termine en 5, en las que se dispondrá de 8 cm por ser ésta la única capa prevista de mezcla bituminosa (fig. 1).

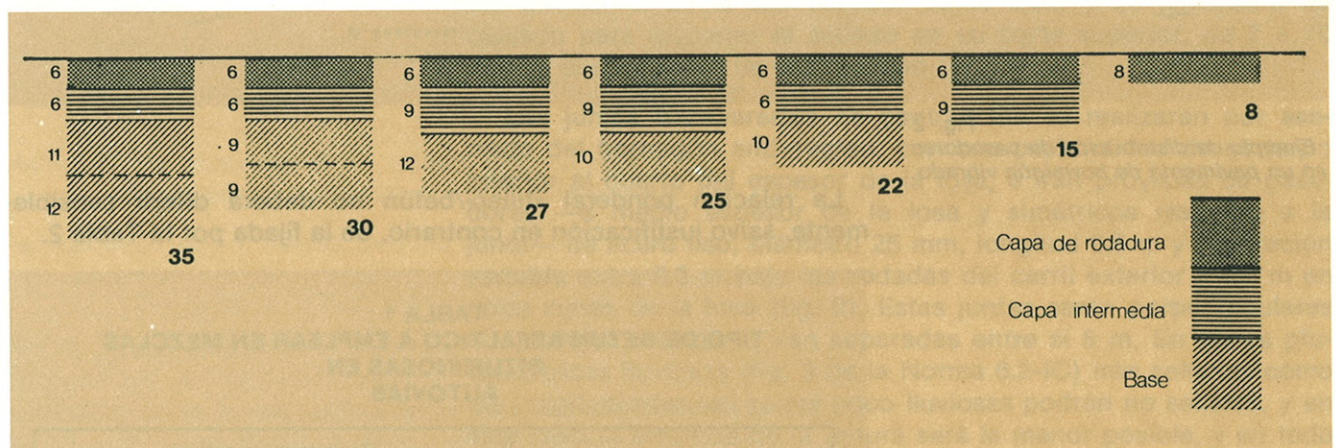


Fig. 1  
Espesores (en cm) para las distintas capas de mezcla bituminosa (según el espesor total de mezclas bituminosas).

En las secciones en las que haya más de dos capas de mezcla bituminosa, se dispondrá bajo la capa de rodadura otra intermedia, de características mecánicas y espesor no inferiores a las de aquella. El resto del espesor total previsto se completará con base bituminosa, de tipo grueso y espesor no inferior a 8 cm, el cual podrá ponerse en obra en dos tongadas aproximadamente iguales si es superior a 15 cm (fig. 1).

En las capas de mezclas bituminosas empleadas en el arcén exterior no serán exigibles las prescripciones relativas a pulimento acelerado en el árido grueso; asimismo se procurará emplear tamaños máximos de árido menores que en la calzada, y los menores, huecos en mezcla dentro de la gama permitida, a fin de lograr una mayor impermeabilidad.

Salvo justificación en contrario, sólo en la base bituminosa se admitirá el empleo de «filler» procedente de la recuperación del secado de los áridos.

El tipo de betún asfáltico a emplear dependerá de la capa a la



# MATERIALES DE LA EXPLANADA Y FIRMES

que se destine la mezcla y de la zona térmica estival en que se encuentre la autovía (fig. 2 de la Norma 6.1-IC), con arreglo a la Tabla 1, salvo justificación en contrario.

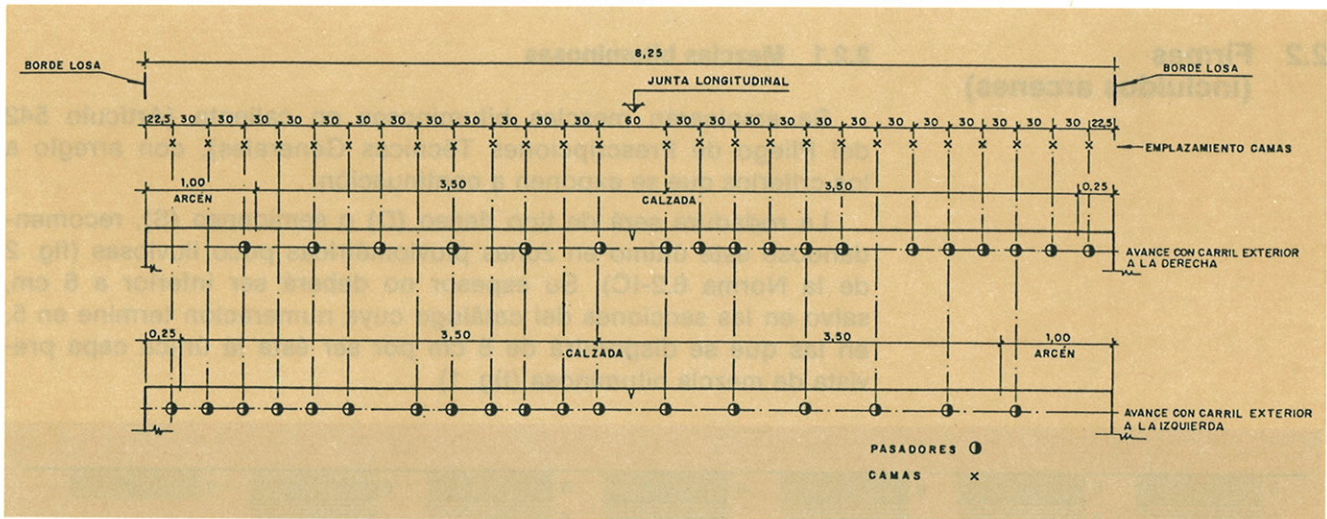


Fig. 2  
Ejemplo de distribución de pasadores en un pavimento de hormigón vibrado.

La relación ponderal «filler»/betún no deberá diferir sensiblemente, salvo justificación en contrario, de la fijada por la Tabla 2.

**TABLA 1**  
**TIPO DE BETUN ASFALTICO A EMPLEAR EN MEZCLAS BITUMINOSAS EN AUTOVIAS**

	Zona térmica estival			
	Cálida		Media	Templada
	T0	T1		
Primera y segunda capa	40/50	40/50 ó 60/70	60/70	60/70
Capa de base, bajo otras dos.	60/70		60/70	60/70 u 80/100

**TABLA 2**  
**RELACION PONDERAL RECOMENDABLE «FILLER»/BETUN**

	Zona térmica estival	
	Cálida y media	Templada
Rodadura .....	1,3	1,2
Siguiente .....	1,2	1,1
Siguiente .....	1,0	0,9



# MATERIALES DE LA EXPLANADA Y FIRMES

## 2.2.2 Hormigón vibrado

Se seguirán, en general, las indicaciones del Artículo 3.2.2 de la Norma 6.2-IC, con las modificaciones expuestas a continuación.

El tipo de hormigón será el HP-45, aunque también podrá emplearse el HP-40, mayorándose en este caso en 2 cm los espesores de la losa de calzada dados por el catálogo.

No se proyectarán pavimentos de hormigón armado con juntas. Los pavimentos continuos de hormigón armado permitirán reducir en 4 cm el espesor de la losa de calzada dados por el catálogo.

Serán de aplicación, en general, las indicaciones relativas a juntas del Artículo 5 de la Norma 6.2-IC, con las modificaciones expuestas a continuación.

Las juntas longitudinales deberán ir selladas y provistas de barras transversales de unión. La profundidad del corte no deberá ser inferior al tercio del espesor de la losa, y se practicará un cajeado para disponer el sellado en su parte superior, de 7 a 10 mm de anchura y 30 de profundidad.

Las juntas transversales de contracción se realizarán por aseado del hormigón endurecido, con una profundidad de corte no inferior al cuarto del espesor de la losa, e irán provistas de pasadores —a medio espesor de la losa y simétricos respecto a la junta— de acero liso, diámetro 25 mm, longitud 0,5 m y separación variable entre 0,3 m bajo las rodadas del carril exterior y 0,6 m en otras zonas de la losa (fig. 2). Estas juntas serán perpendiculares al eje de la calzada, e irán separadas entre sí 5 m. En zonas pluviométricas lluviosas (fig. 3 de la Norma 6.2-IC) irán selladas como las longitudinales; en zonas poco lluviosas podrán no sellarse, y en este caso la amplitud de la ranura será la menor posible, y en todo caso inferior a 3,5 mm.

## 2.2.3 Hormigón compactado

Con arreglo al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que figura en el Anexo 1.

## 2.2.4 Hormigón magro

Con arreglo al Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que figura en el Anexo 2.

## 2.2.5 Gravacemento

Según el Artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, con las modificaciones expuestas a continuación.

Los áridos a emplear bajo calzada deberán contener, al menos, un 75% en peso del rechazo por el tamiz 5 UNE, de elementos machacados que presenten dos o más caras de fractura.

## MATERIALES DE LA EXPLANADA Y FIRMES

Bajo la calzada, la dosificación de conglomerante deberá ser ponderal, y la granulometría a emplear será la GC1; la GC2 podrá emplearse sólo en arcenes.

En las secciones del catálogo cuya numeración termine en 4, deberá cumplirse, al menos, una de las siguientes condiciones de resistencia:

A compresión simple (en probeta NLT 310/79)	6 MPa (60 kp/cm <sup>2</sup> ) a 7 días
	9 MPa (90 kp/cm <sup>2</sup> ) a 90 días
A tracción indirecta (en probeta UNE 7396)	0,5 MPa (5 kp/cm <sup>2</sup> ) a 7 días
	0,75 MPa (7,5 kp/cm <sup>2</sup> ) a 90 días

En las secciones del catálogo cuya numeración termine en 7, a fin de asegurar una suficiente resistencia a la erosión, la dosificación de cemento no deberá ser inferior al 5% del peso seco de áridos; la resistencia a compresión simple (en probetas NLT 310/79) no deberá ser inferior a 8 MPa (80 kp/cm<sup>2</sup>) a 7 días, o alternativamente a 12 MPa (120 kp/cm<sup>2</sup>) a 90 días.

### 2.2.6 Suelocemento

Según el Artículo 512 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, con las modificaciones expuestas a continuación.

Será obligatoria la mezcla en central; debido a ello, los materiales a estabilizar serán zahorras, arenas u otros fácilmente disgregables.

El suelocemento podrá ser sustituido por gravacemento si las disponibilidades de material y el aprovechamiento de los equipos así lo justificaran. En este caso, podrá utilizarse el huso GC2 bajo calzada, y no serán exigibles las prescripciones relativas a caras de fractura.

En todo caso, la resistencia a compresión simple no deberá ser inferior a 2,5 MPa (25 kp/cm<sup>2</sup>) a los 7 días.

### 2.2.7 Zahorra artificial

Según el Artículo 501 modificado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, que se incluye en el Anexo 3.

### 2.2.8 Zahorra natural

Según el Artículo 500 modificado del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, que se incluye en el Anexo 4.

### 2.2.9 Riegos de curado

Las capas tratadas con conglomerantes hidráulicos —suelocemento, gravacemento, hormigón magro, hormigón compactado y hormigón vibrado— deberán recibir, a fin de evitar la evaporación



del agua durante la primera fase de su endurecimiento, un riego de curado, generalmente a base de ligantes bituminosos diluidos con una dotación mínima de betún residual del orden de 0,3 kg/m<sup>2</sup>. Este riego no servirá como riego de imprimación, y deberá ser barrido enérgicamente antes de colocar éste.

Alternativamente, el hormigón magro podrá curarse con productos especiales; y el hormigón vibrado deberá utilizar siempre estos productos, cuya acertada elección resulta muy importante para el buen comportamiento del pavimento.

### **2.2.10 Riego de imprimación**

Sobre las zahorras artificiales y las capas de suelocemento y gravacemento que vayan a recibir una capa de mezcla bituminosa, deberá previamente efectuarse un riego de imprimación, barriendo enérgicamente antes, en su caso, el riego de curado.

### **2.2.11 Riego de adherencia**

Entre dos capas de mezcla bituminosa, o sobre el hormigón compactado antes de recibir el pavimento, se ejecutará un riego de adherencia con una dotación de betún residual del orden de 0,3 kg/m<sup>2</sup>.

# 3. CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME

R  
L



# CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME

En la Tabla 3 se esquematizan las secciones estructurales calculadas para el carril de proyecto (rodada izquierda) de autovías, en función de la explanada y del tráfico. En cada caso particular se seleccionará de entre las mismas la más adecuada técnica y económicamente, teniendo muy en cuenta las posibilidades de formar una u otra explanada, las disponibilidades de materiales y equipos para ejecutar las distintas unidades de obra, y el volumen y coste unitario de éstas.

**TABLA 3**  
**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME**

TRAFICO	T O														T 1														
	021	022	023	024	025	026	027	031	032	033	034	035	036	037	121	122	123	124	125	126	127	131	132	133	134	135	136	137	
SECCION Nº →																													
HORMIGON VIBRADO						28	28						28	28							25	25						25	25
MEZCLAS BITUMINOSAS	35	30	30	15	8			35	30	27	15	8			30	25	25	15	8				30	25	22	15	8		
HORMIGON COMPACTADO					25							25								22								22	
HORMIGON MAGRO						15						15									15							15	
GRAVACIMIENTO				25			15				22		15						22		15					20		15	
SUELOCEMENTO			20	20	20					20	20	20					20	20	20						20	20	20		
ZAHORRA ARTIFICIAL	20	25						25							20	25							25						
ZAHORRA NATURAL		25				20	20									25				20	20								
EXPLANADA	E2							E3							E2						E3								

Dada la uniformidad de la sección transversal de las autovías, en la fig. 4 se representan esquemáticamente los espesores de las distintas capas del firme correspondiente a las secciones estructurales de la Tabla 3, habida cuenta de la posibilidad de adoptar un menor dimensionamiento estructural para el carril interior. Asimismo, se exponen las soluciones que se preconizan para los arcenes, en las que se ha tratado de evitar en lo posible la aparición de nuevas unidades de obra. Caso de que las dimensiones de la sección transversal difirieran de las representadas en la fig. 3, por analogía deberá adaptarse la sección-tipo a aquéllas.

## CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE FIRME

Todos los espesores de capa señalados se entenderán como *mínimos*, debiendo el proyectista contar en el presupuesto con el margen suficiente para garantizarlos, y el Director de las obras exigirlos.

En zonas pluviométricas lluviosas (fig. 3 de la Norma 6.2-IC) se recomienda el establecimiento de un dren de firme, cuya ubicación se indica en la fig. 3.



### Figura 3

---

#### Esquemas de espesores de las secciones estructurales del catálogo para secciones-tipo de autovías

---

LEYENDA	R	= Mezcla bituminosa, capa de rodadura
DE MATERIALES:	I	= Mezcla bituminosa, capa intermedia
	BB	= Mezcla bituminosa, capa de base
	RA	= Mezcla bituminosa, capa de rodadura en arcén exterior
	ZN	= Zahorra natural
	ZA	= Zahorra artificial
	SC	= Suelocemento
	GC	= Gravacemento
	HM	= Hormigón magro
	HC	= Hormigón compactado
	HV	= Hormigón vibrado

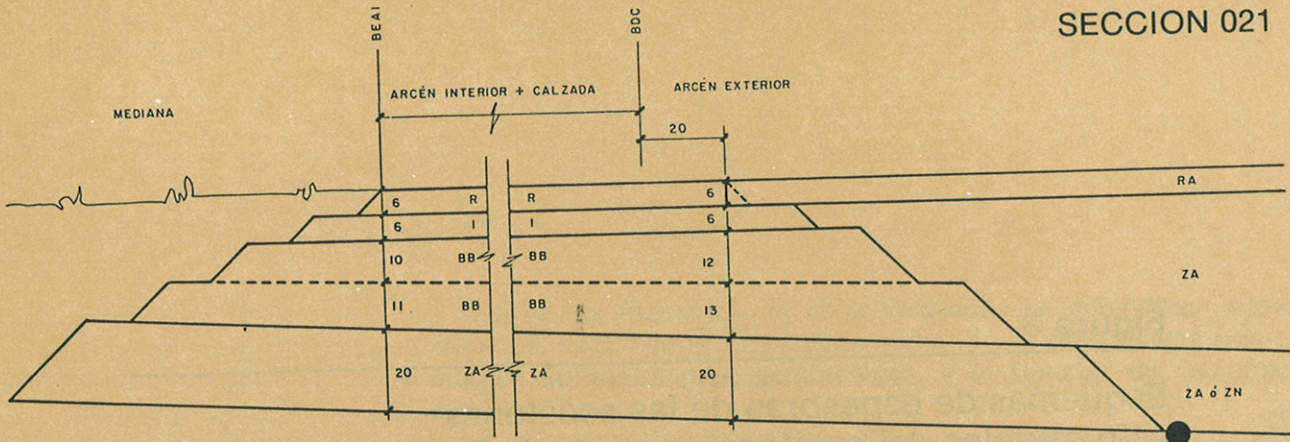
LEYENDA	BEAI	= Borde exterior del arcén izquierdo
DE UBICACION:	BIC	= Borde izquierdo de calzada
	BDC	= Borde derecho de calzada
	●	= Dren de firme

#### NOTAS:

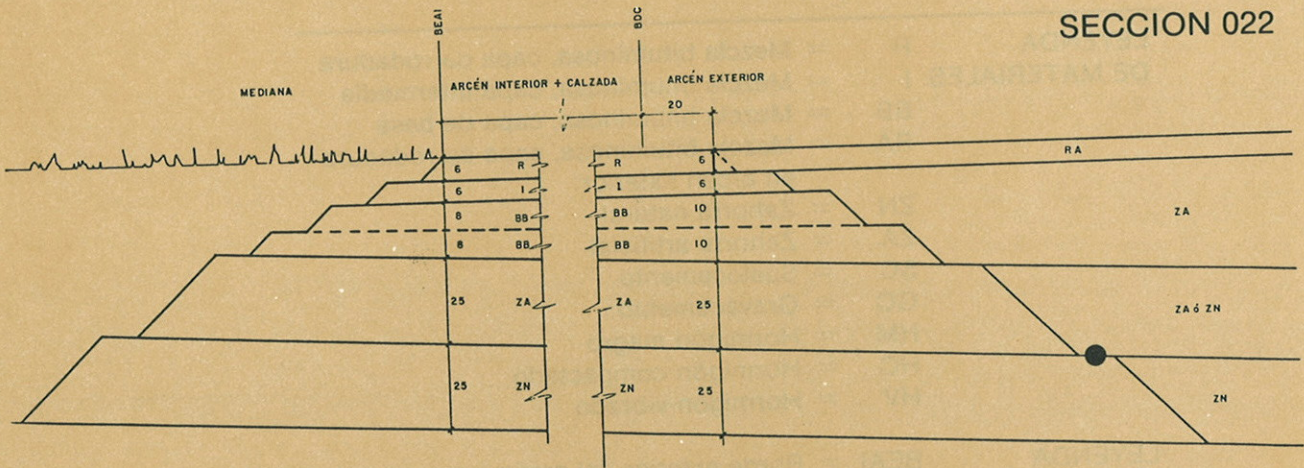
1. Cotas en cm.
  2. No se han representado las pendientes transversales de las capas que pueden tener cierta influencia en algunos espesores.
  3. La capa RA puede disminuirse hasta 4 cm en el borde exterior del arcén.
  4. En arcenes deberán respetarse los espesores de tongada propios de cada material.
  5. Los escalonamientos entre capas serán de 10 cm, salvo acotación en contrario.
-



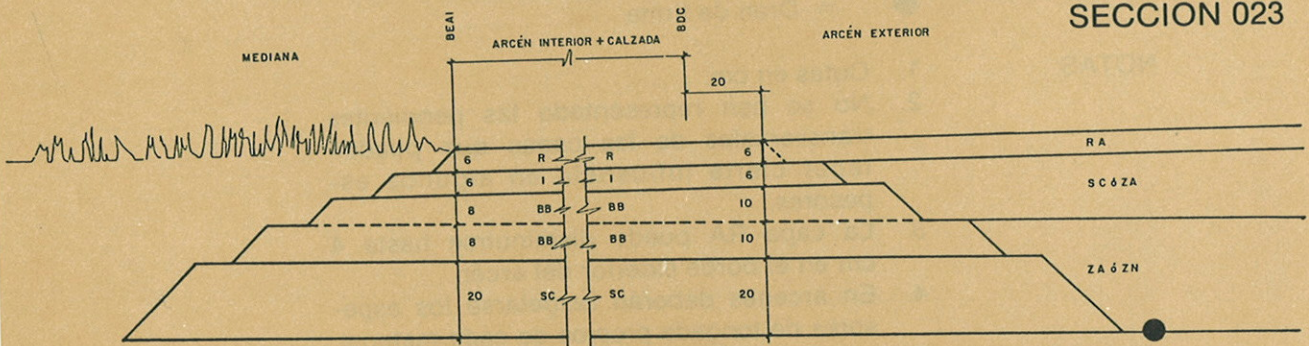
### SECCION 021



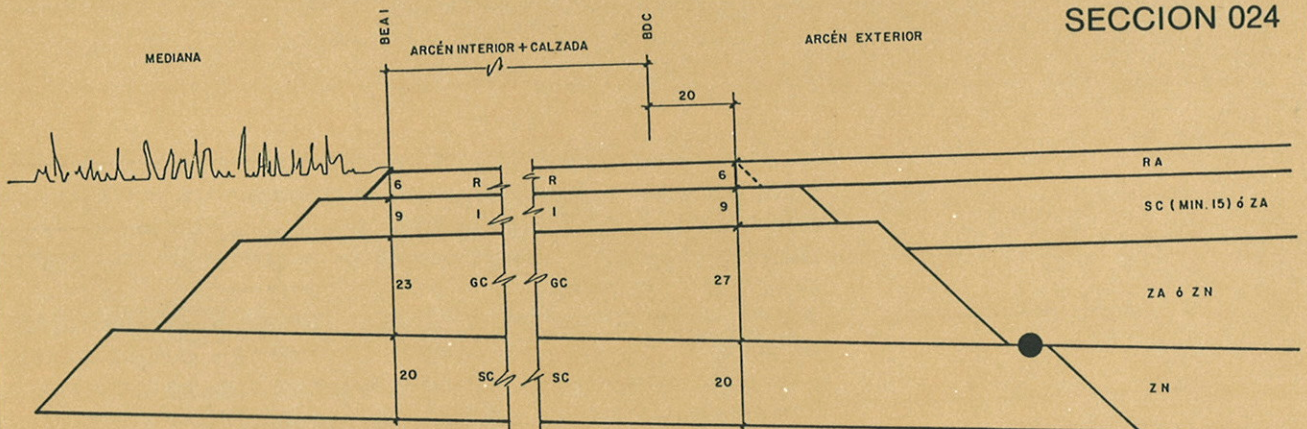
### SECCION 022



### SECCION 023

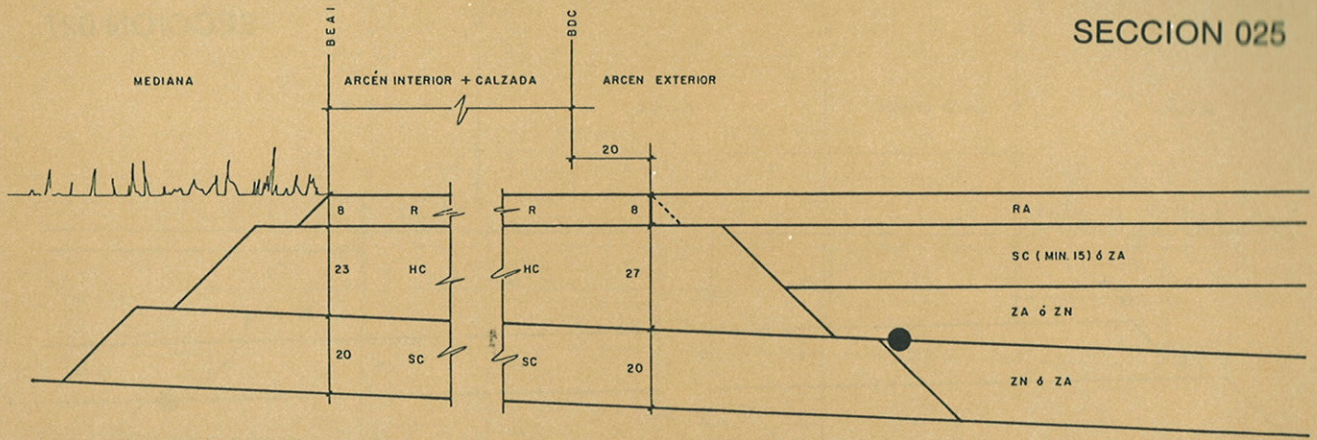


### SECCION 024

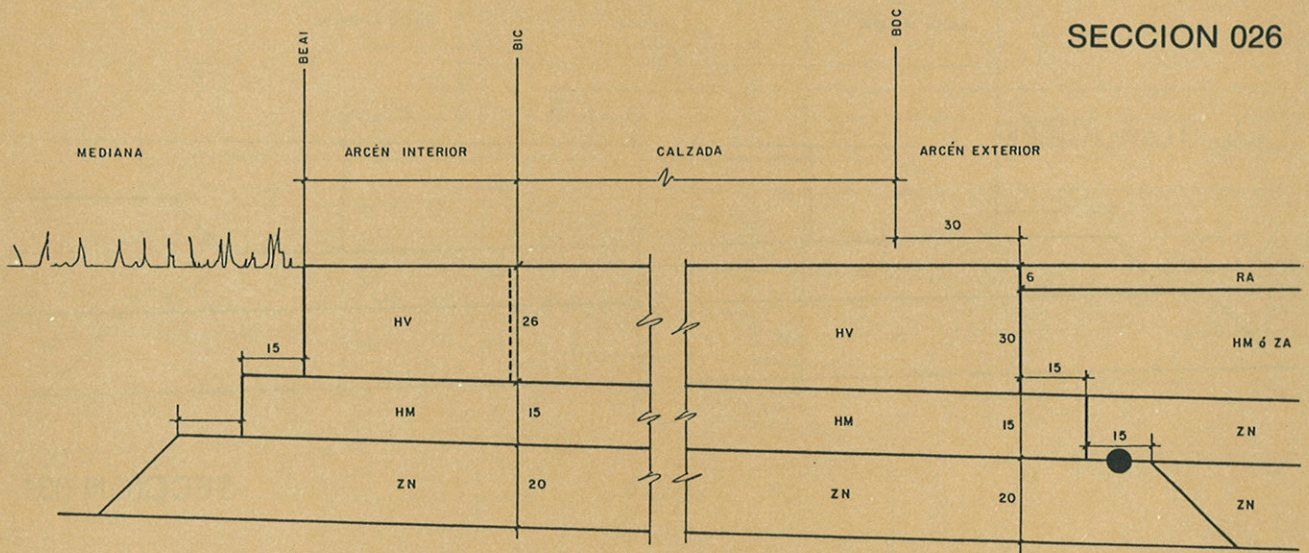




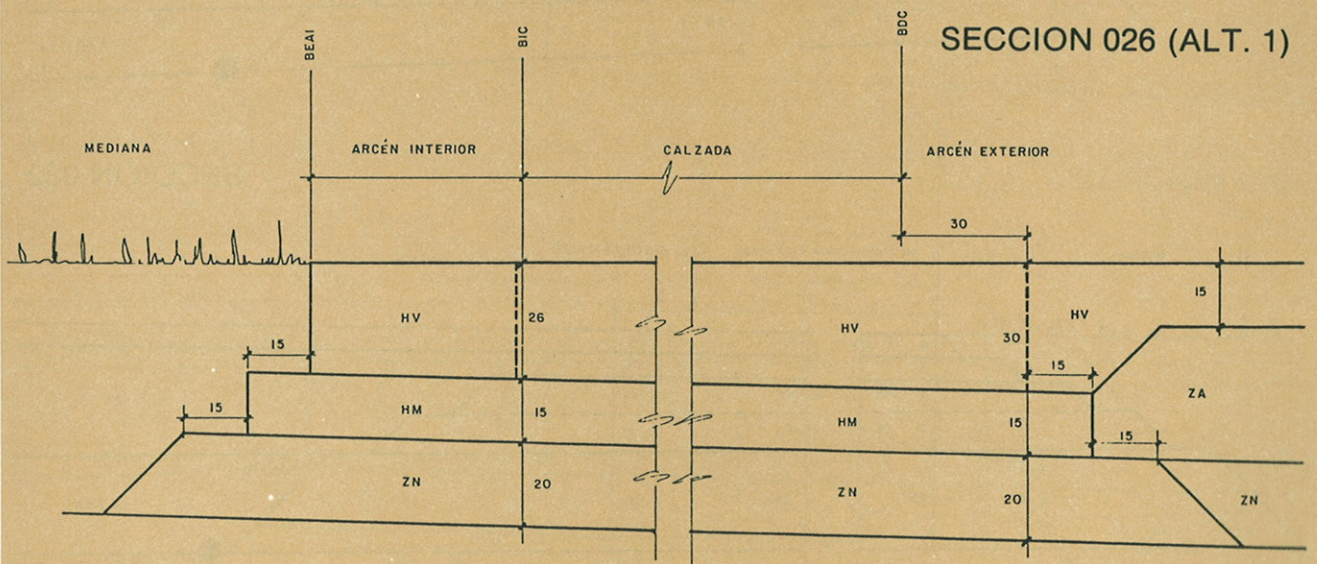
SECCION 025



SECCION 026

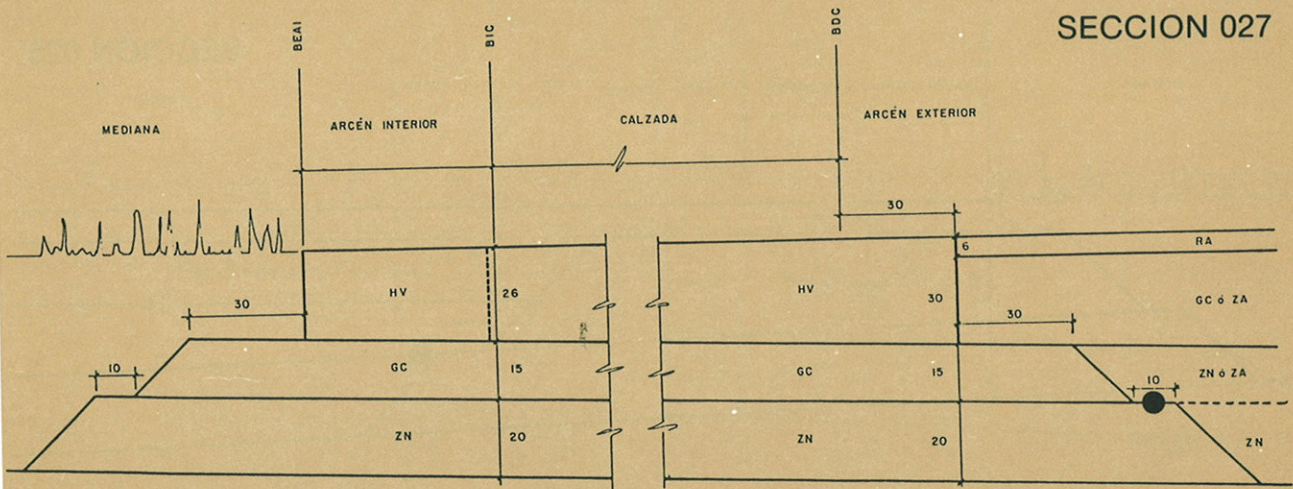


SECCION 026 (ALT. 1)

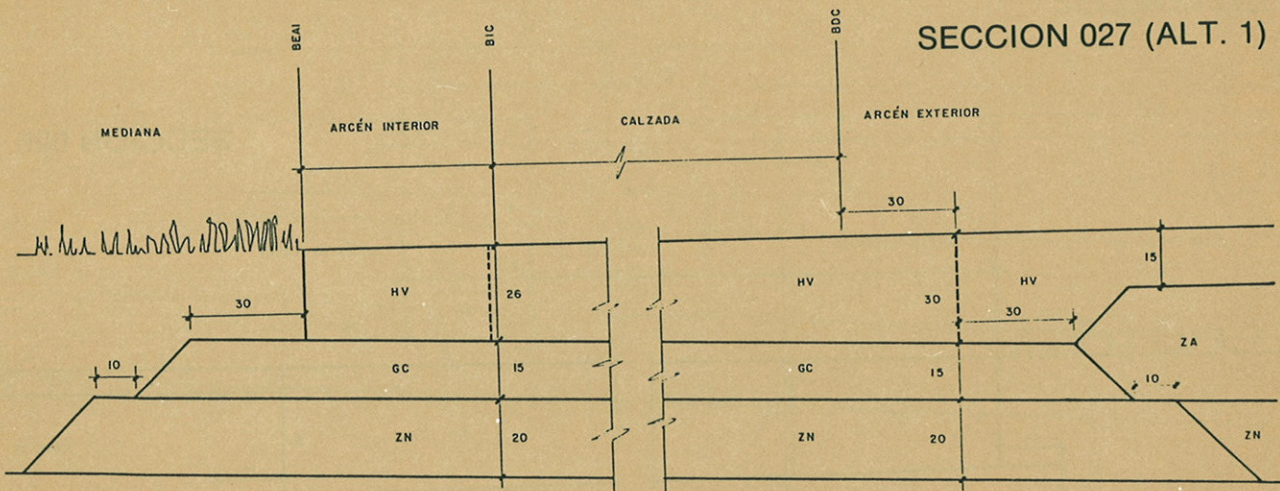




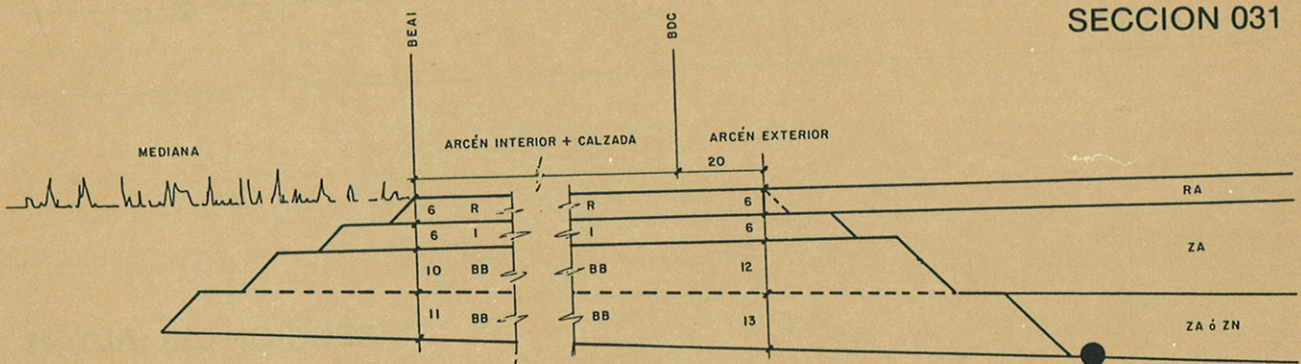
SECCION 027



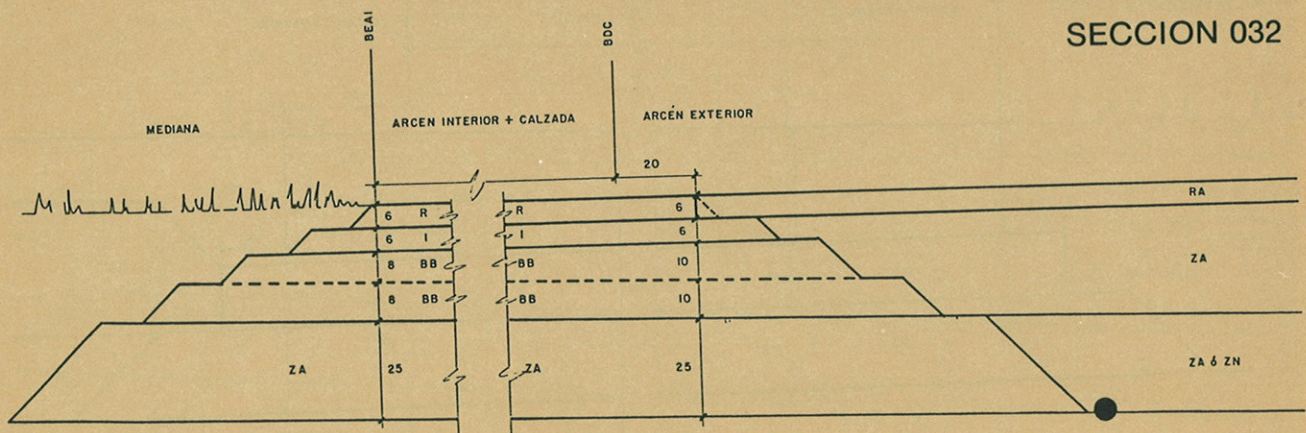
SECCION 027 (ALT. 1)



SECCION 031

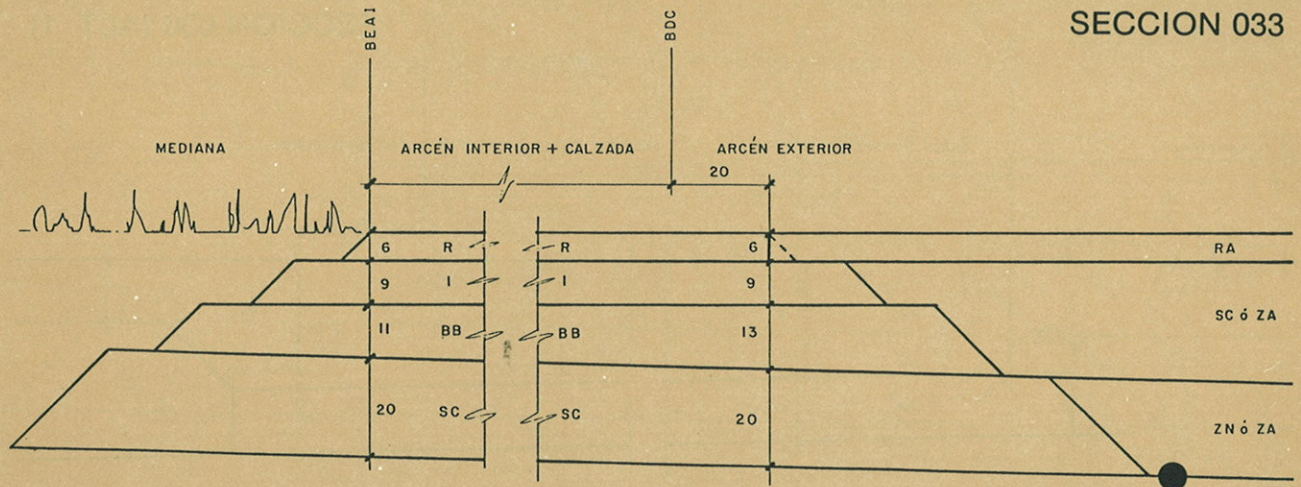


SECCION 032

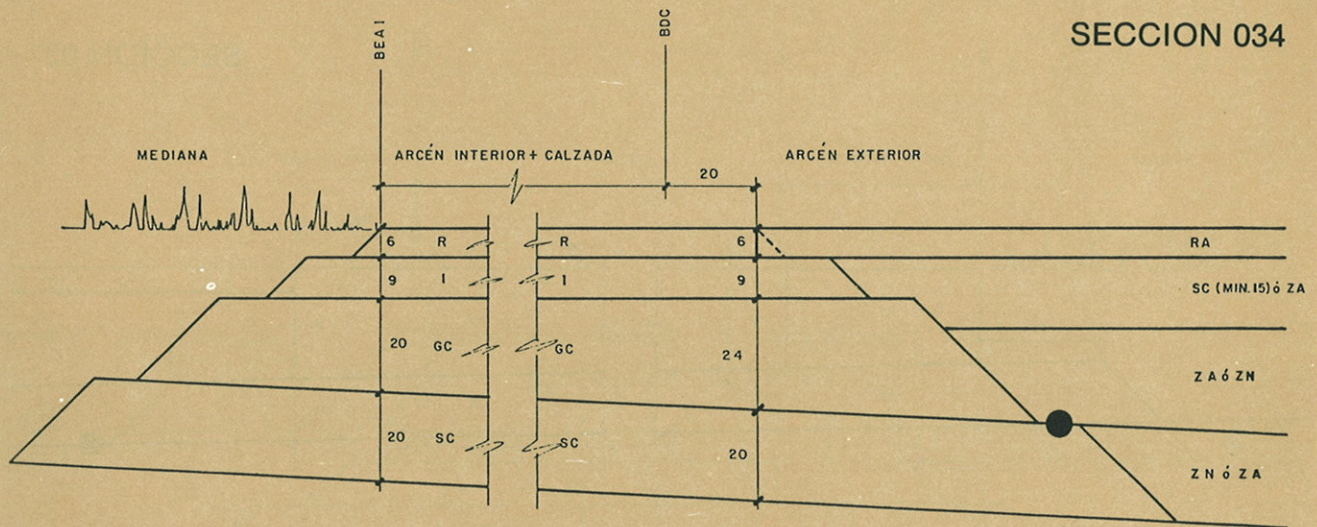




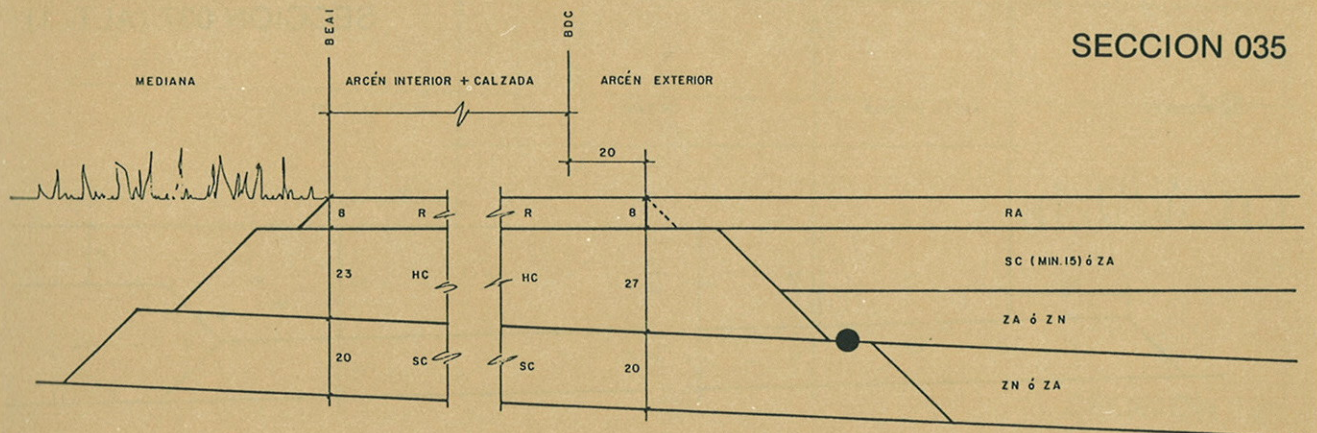
SECCION 033



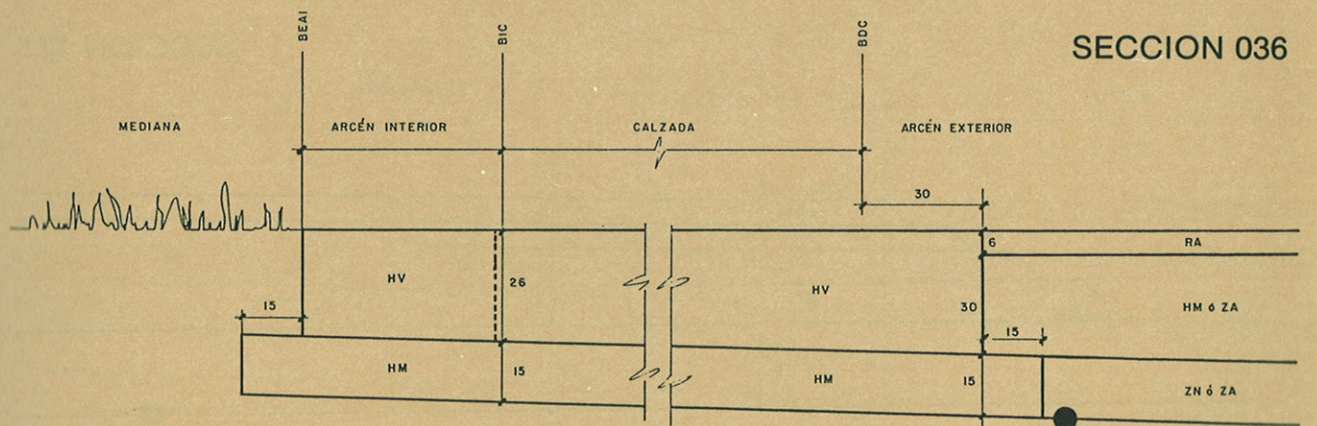
SECCION 034



SECCION 035

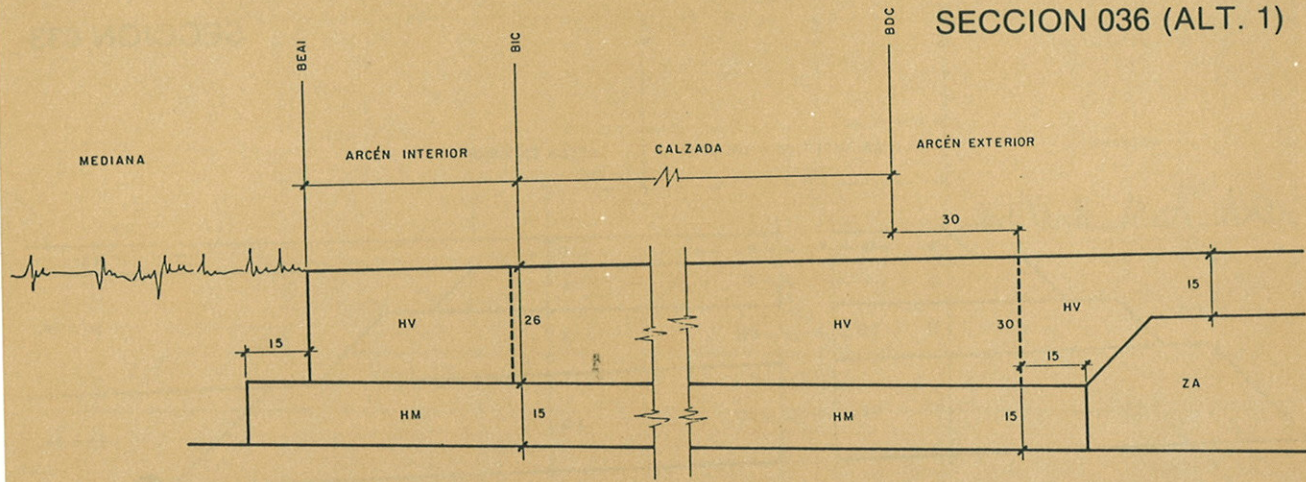


SECCION 036

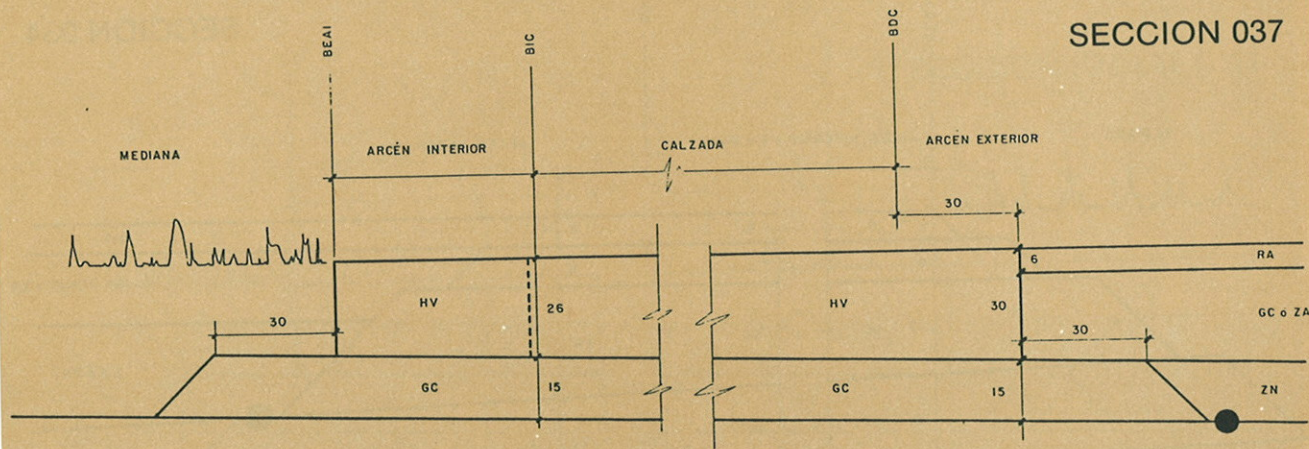




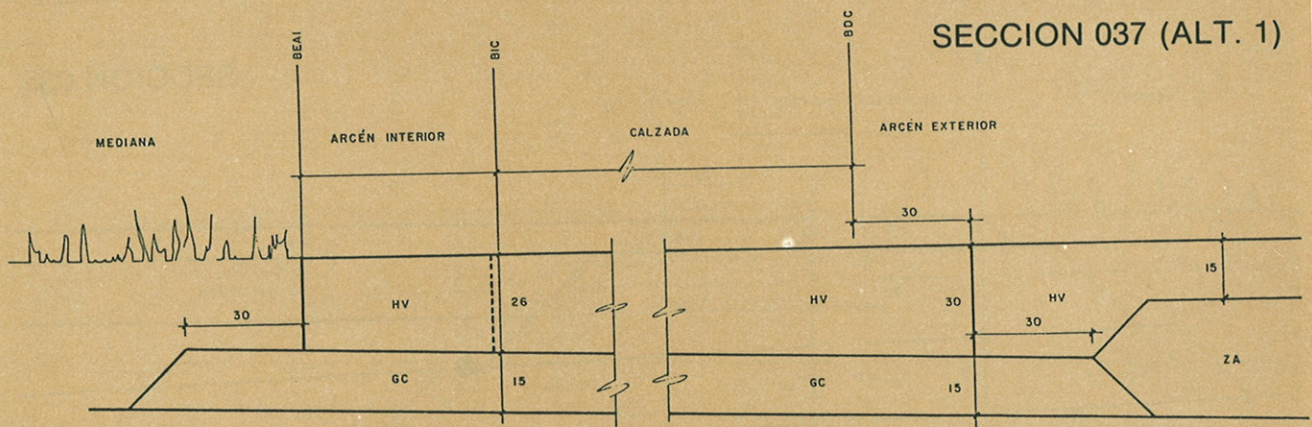
SECCION 036 (ALT. 1)



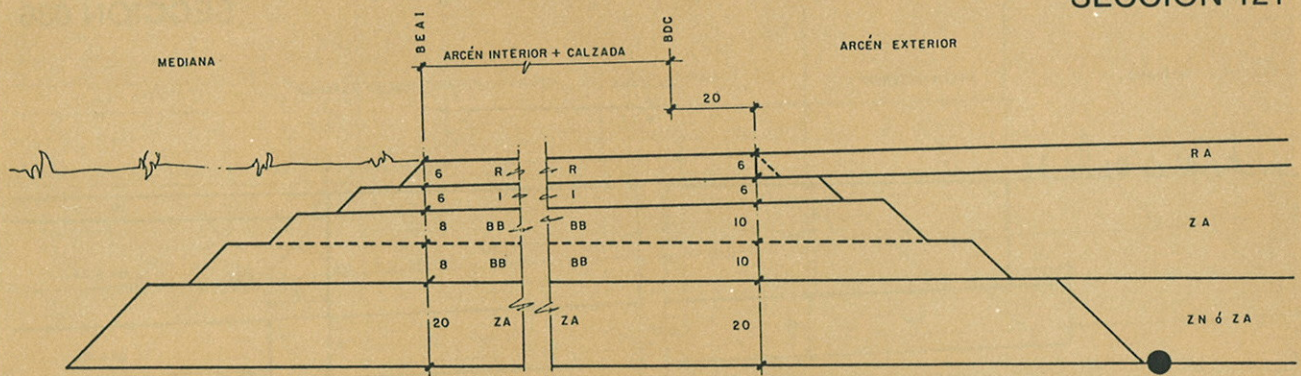
SECCION 037



SECCION 037 (ALT. 1)

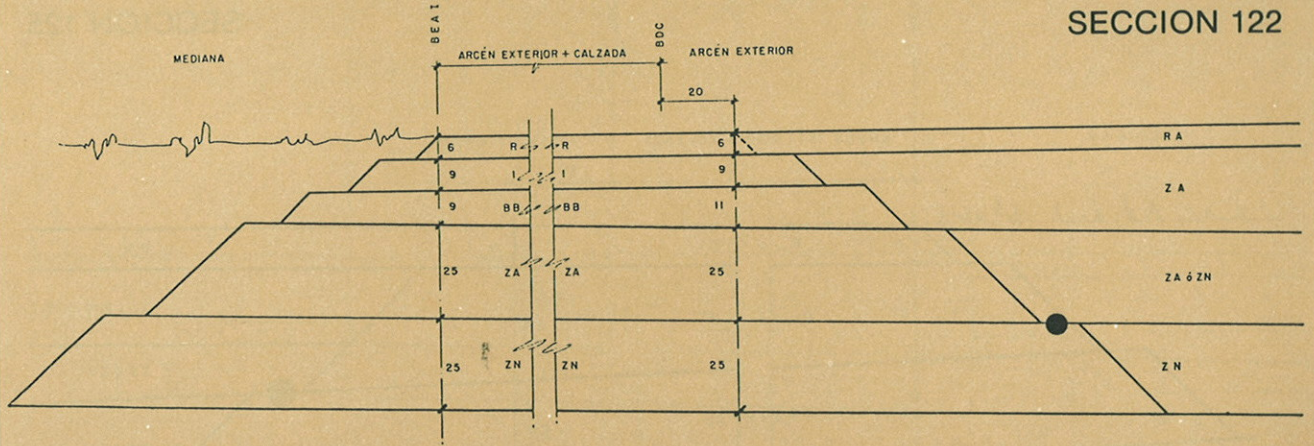


SECCION 121

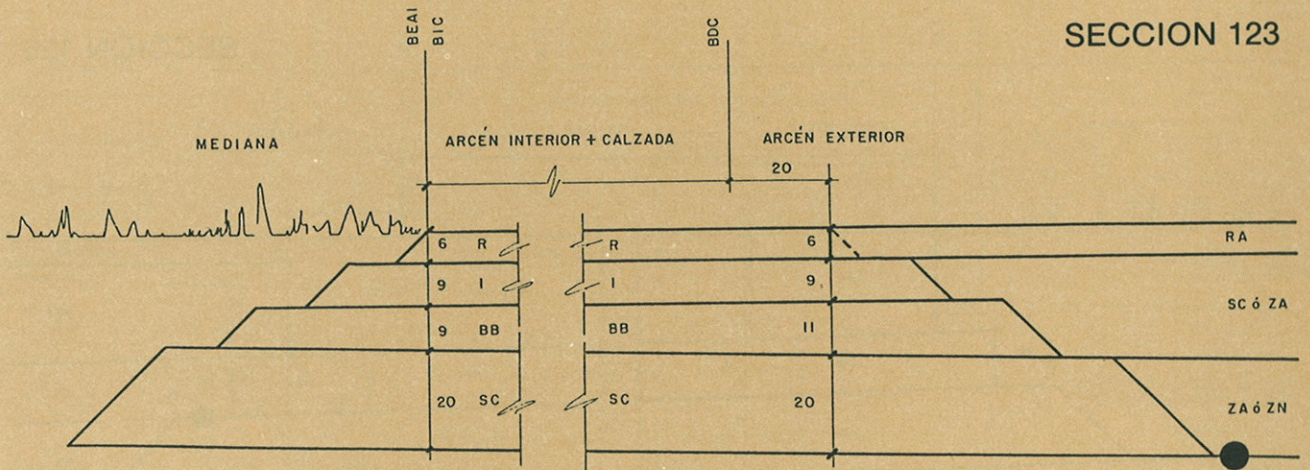




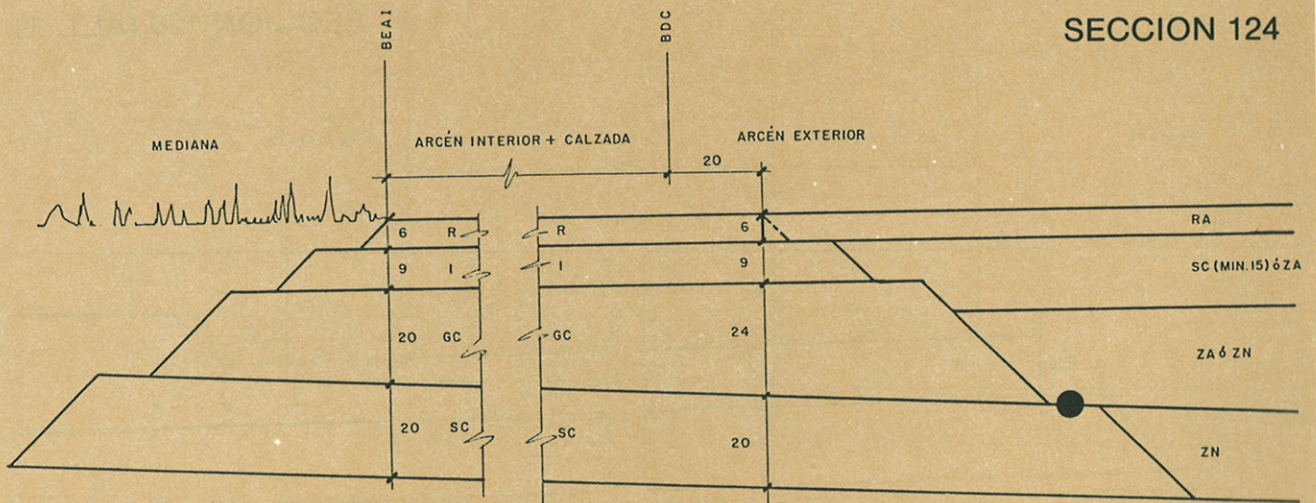
### SECCION 122



### SECCION 123

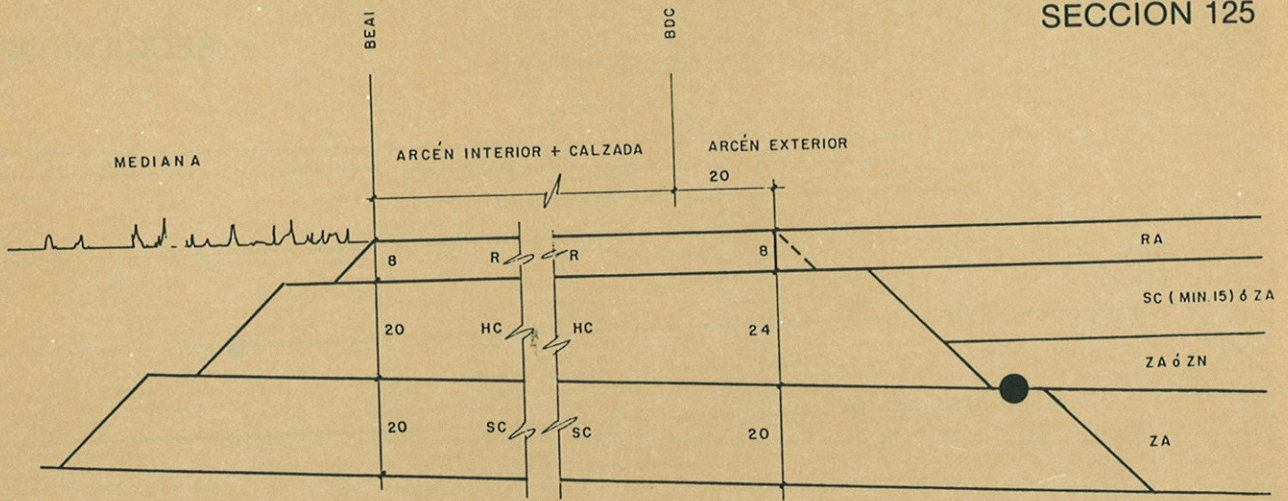


### SECCION 124

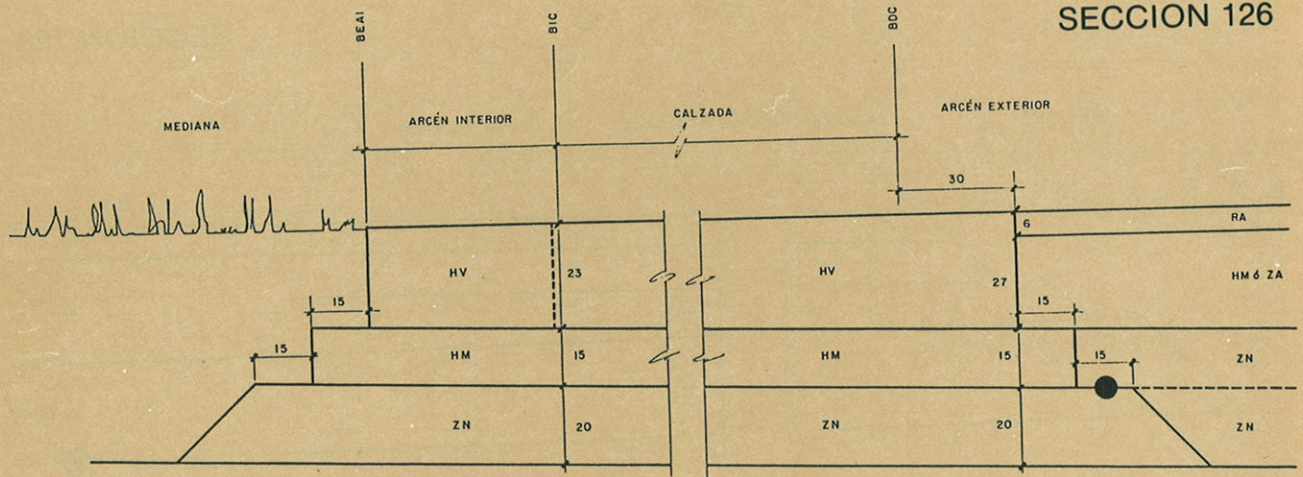




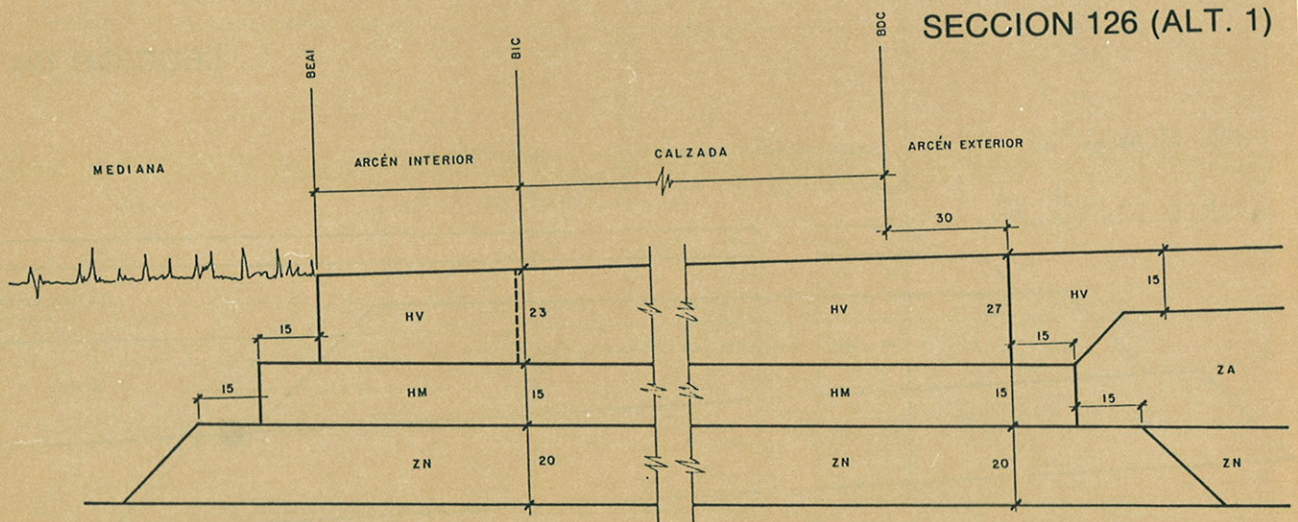
SECCION 125



SECCION 126

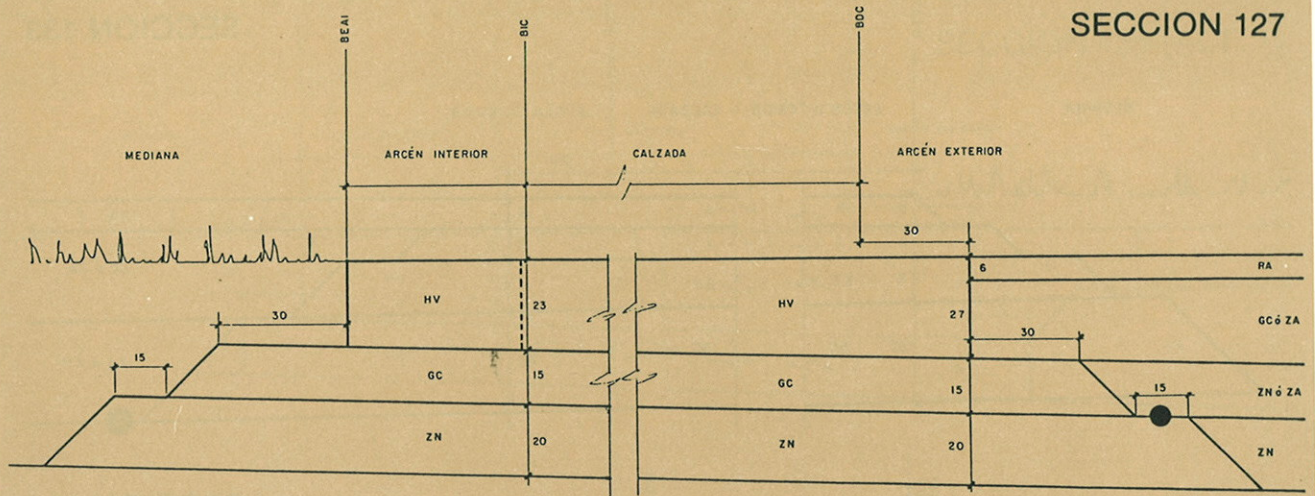


SECCION 126 (ALT. 1)

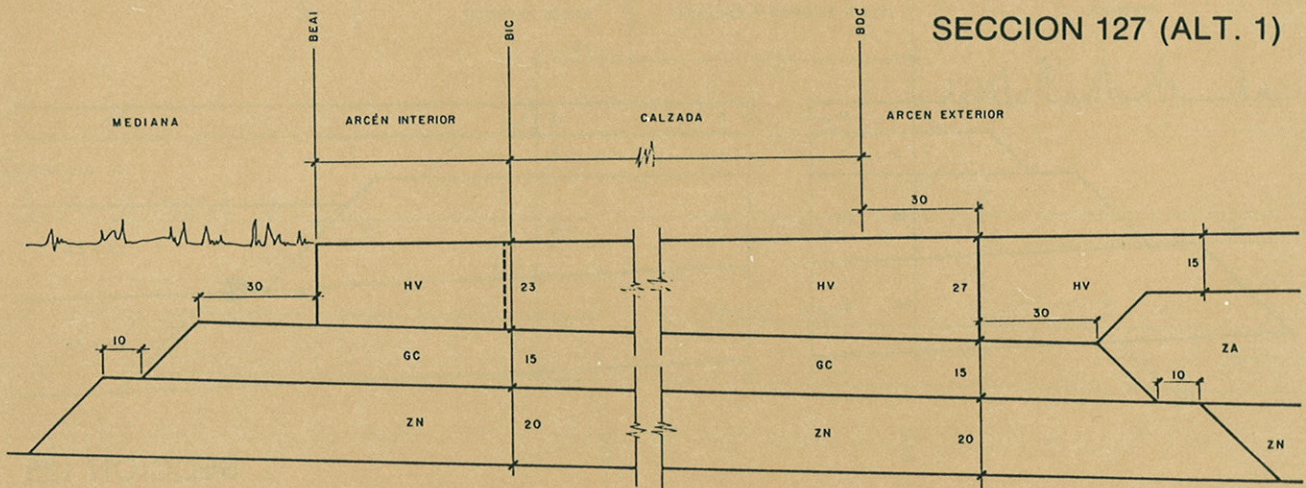




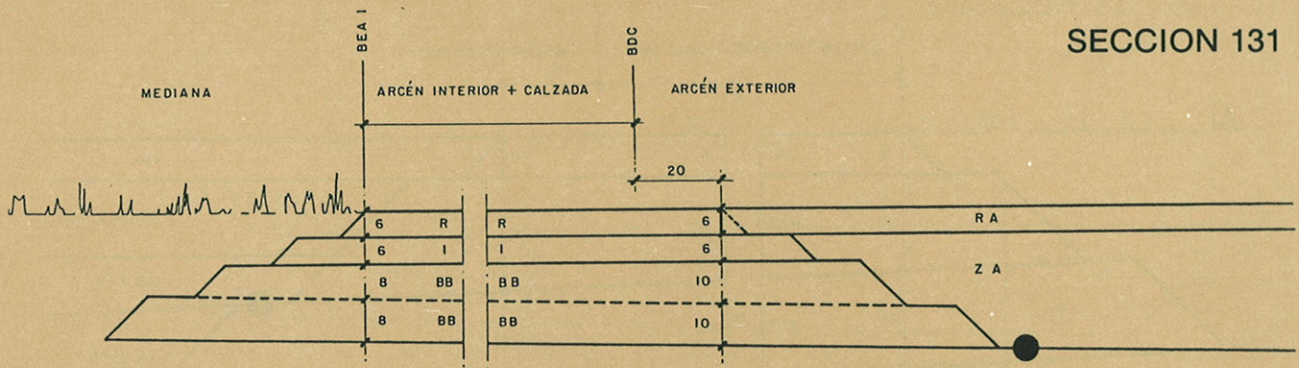
SECCION 127



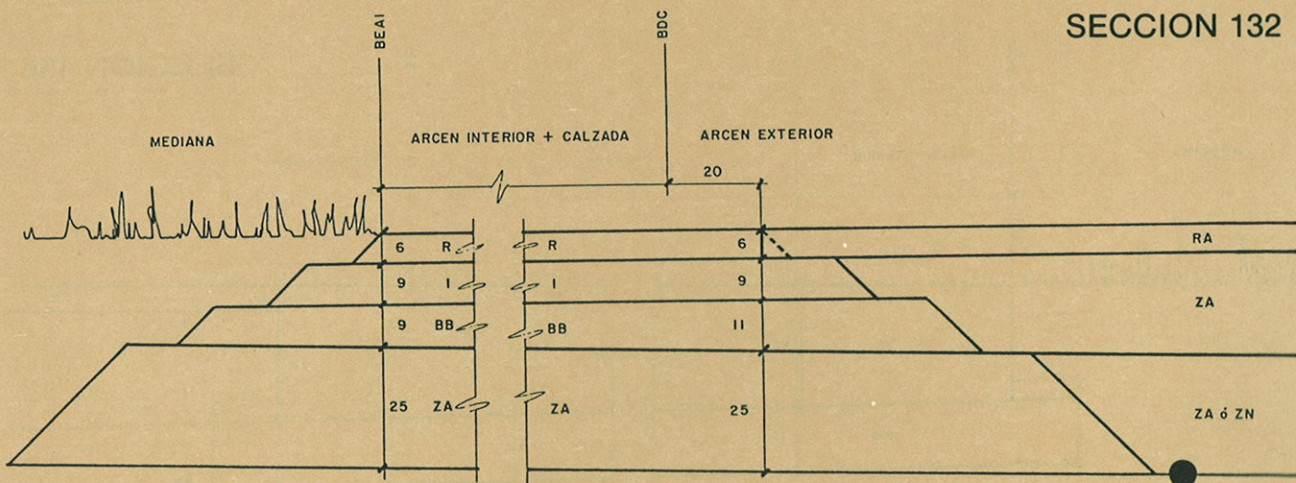
SECCION 127 (ALT. 1)



SECCION 131

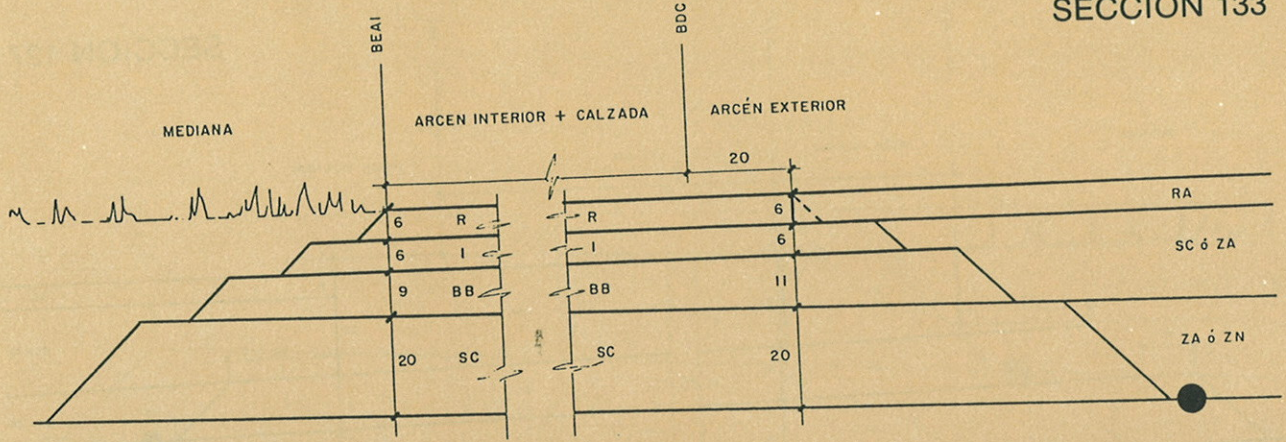


SECCION 132

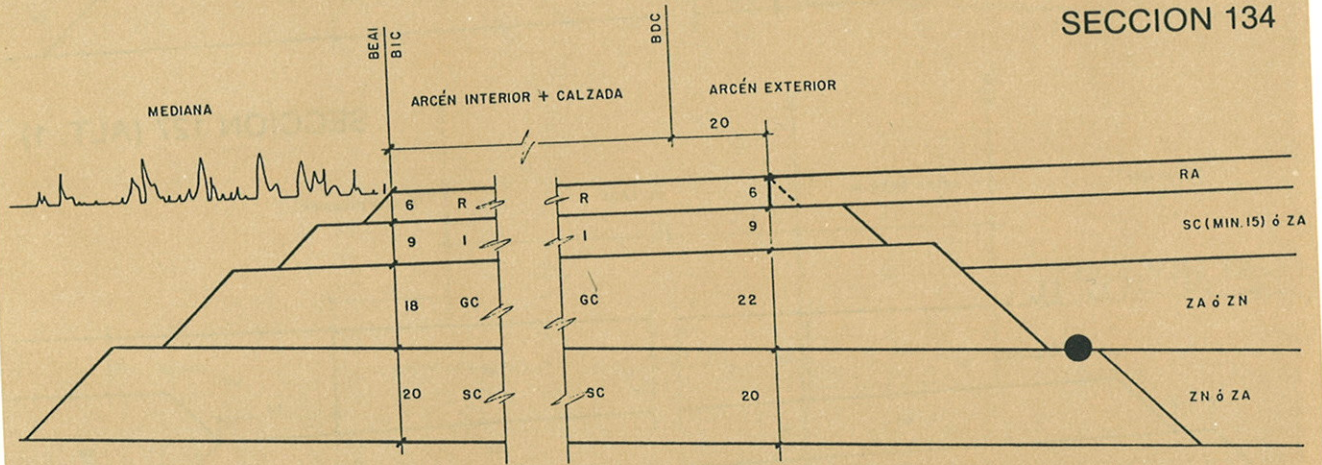




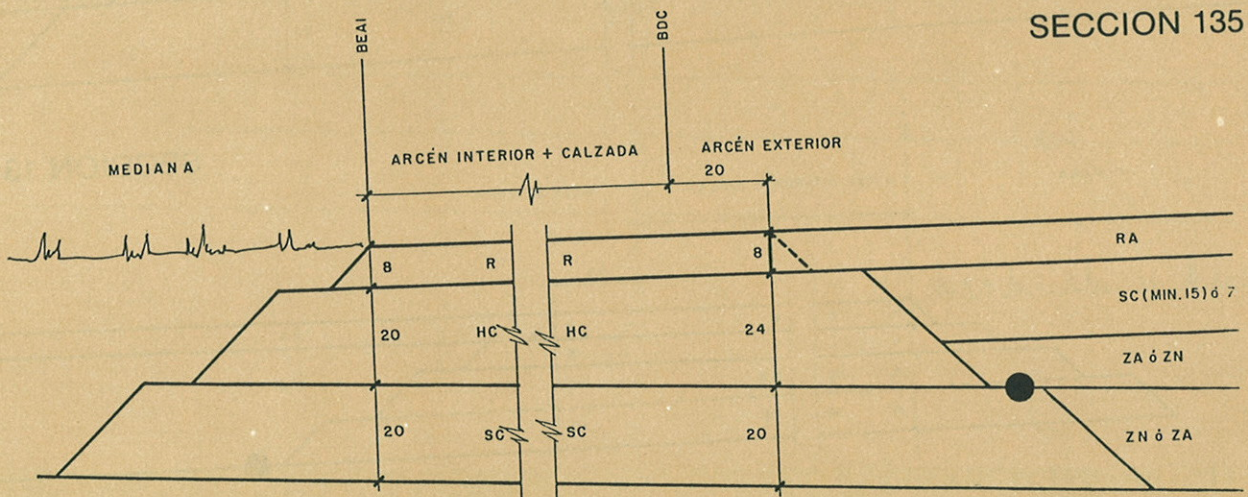
SECCION 133



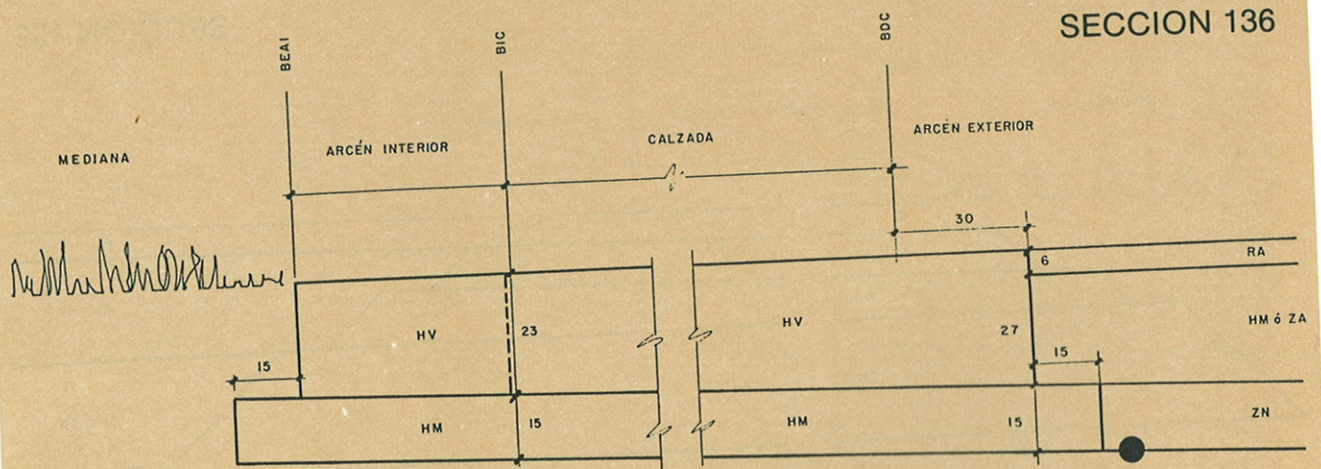
SECCION 134



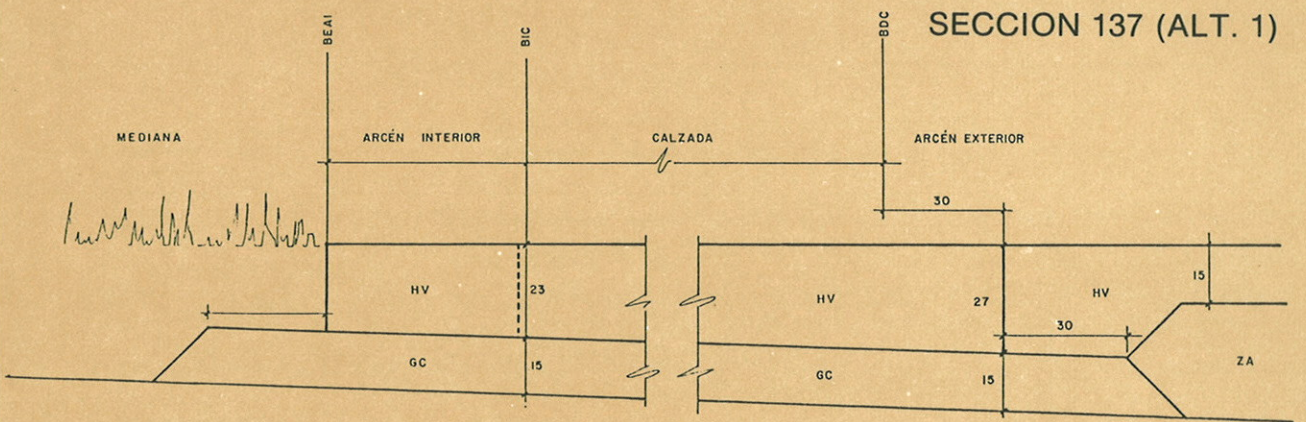
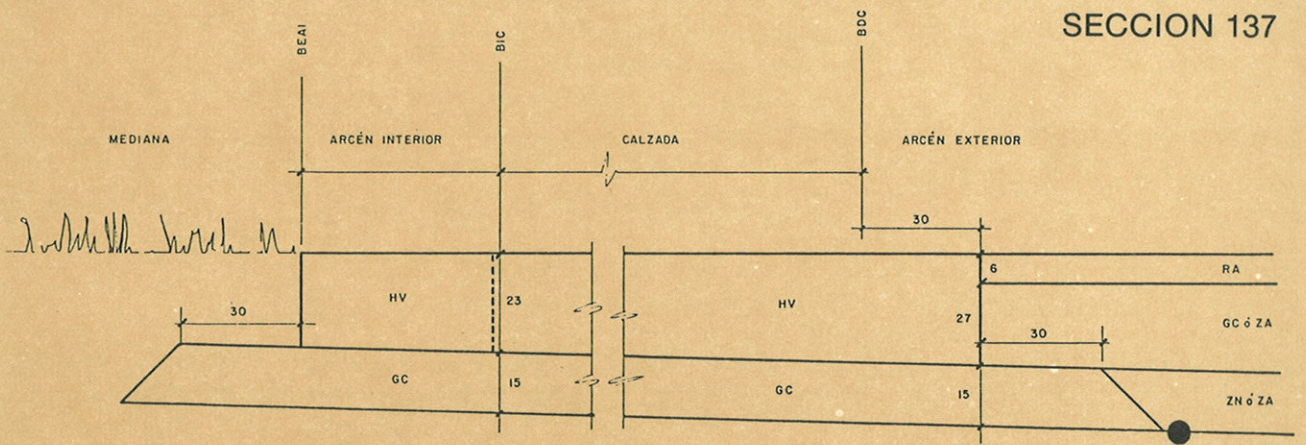
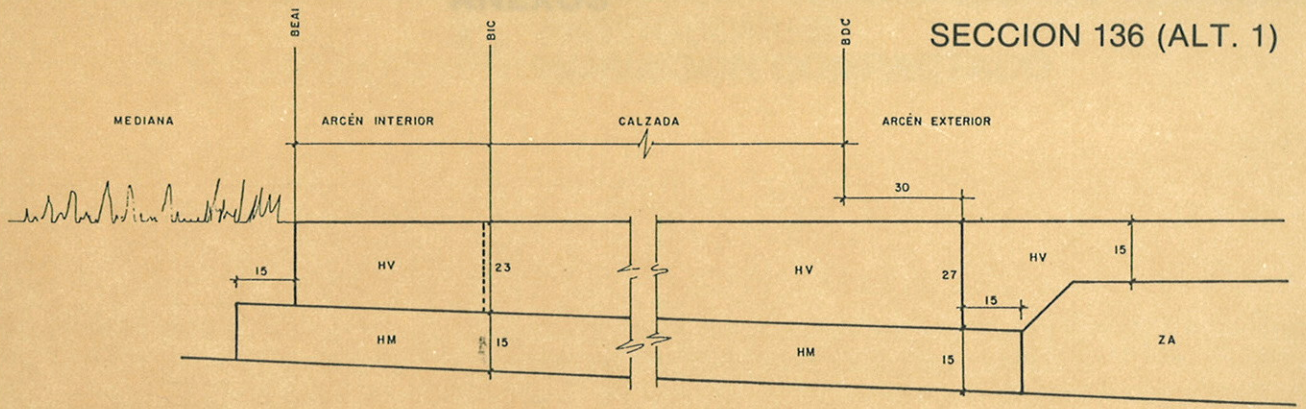
SECCION 135



SECCION 136









**1.** PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS  
PARTICULARES.  
HORMIGON COMPACTADO

2



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

## 1. Definición

Se denomina hormigón compactado a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a una gravacemento, aunque su contenido de cemento es similar al de un pavimento de hormigón vibrado.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del Artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, completadas con las contenidas en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas de Particulares.

## 2. Materiales

### 2.1 Conglomerante

El conglomerante estará compuesto por cemento o por una mezcla de cemento y cenizas volantes; en este último caso, las proporciones relativas de ambos se fijarán mediante un estudio de laboratorio, y se recomienda que la mezcla se suministre ya efectuada.

#### 2.1.1 *Cemento*

Se seguirán las prescripciones del Artículo 202 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

Podrán utilizarse:

- Cementos Portland con adiciones activas.
- Cementos siderúrgicos o de horno alto.
- Cementos puzolánicos.
- Cementos mixtos, obtenidos por molturación conjunta de:
  - Clinker de Portland, en proporción comprendida entre el veinte y el sesenta y cinco por ciento (20 a 65%) en masa.
  - Carga mineral caliza, en proporción no superior al cinco por ciento (5%) en masa.
  - Cenizas volantes y/o escorias de horno alto.

#### 2.1.2 *Cenizas volantes*

Deberán utilizarse cenizas volantes silicoaluminosas. Excepcionalmente podrá autorizarse por el Director de las obras el empleo de cenizas sulfocálcicas, caracterizadas por tener actividad hidráulica y un contenido total de CaO superior al veinticinco por ciento (25%).

En todo caso, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- Contenido de inquemados inferior al seis por ciento (6%).
- Superficie específica Blaine superior a dos mil centímetros cuadrados por gramo (2.000 cm<sup>2</sup>/g).
- Cernido por el tamiz (400 μm) UNE no inferior al cincuenta y cinco por ciento (55%).
- Características químicas constantes.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

Las cenizas volantes silicoaluminosas deberán manejarse en seco si su contenido en CaO libre es superior al uno por ciento (1%). Con contenidos inferiores podrá admitirse su empleo en húmedo, procurándose entonces que la humedad no supere al veinte por ciento (20%).

Las cenizas sulfocálcicas deberán manejarse en seco. Para poder ser empleadas, su actividad hidráulica deberá ser tal que la resistencia a compresión simple de un mortero de cenizas volantes sea superior a 0,5 MPa (5 kp/cm) a los siete (7) días, o a 3 MPa (30 kp/cm) a los noventa (90) días. Dicha resistencia se determinará como media de las roturas de tres (3) probetas cilíndricas de cincuenta milímetros (50 mm) de diámetro y cien milímetros (100 mm) de altura, fabricadas con un mortero de arena 0/5 mm y un cinco por ciento (5%), en peso de la arena seca, de ceniza volante, con la humedad óptima Proctor.

Las probetas se compactarán en una prensa similar a las utilizadas para la determinación del CBR, según la Norma NLT 111/78, y se conservarán en las condiciones previstas en la Norma NLT 310/79.

Las cenizas sulfocálcicas no deberán presentar problemas de expansión, lo que se comprobará previamente mediante las agujas de Le Châtelier sobre el mortero, incluso en caliente.

## 2.2 Áridos

Los áridos cumplirán las condiciones exigidas para tráfico pesado en el Artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, con las que figuran a continuación.

La granulometría de los áridos combinados deberá ser continua, y junto con la del conglomerante en la proporción establecida deberá quedar incluida dentro de uno de los husos del Cuadro 1.

CUADRO 1

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)	
	HC (16)	HC (20)
25	—	100
20	100	85-100
16	88-100	75-100
10	70-87	60-83
5	50-70	42-63
2	35-50	30-47
400 $\mu\text{m}$	18-30	16-27
80 $\mu\text{m}$	10-20	9-19

El huso HC (20) sólo se empleará cuando no sean de temer riesgos de segregación. En todo caso, la granulometría más adecuada deberá confirmarse mediante los oportunos ensayos, recomendándose las curvas menos ricas en finos.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

El árido se suministrará fraccionado, al menos, en dos tamaños, separados aproximadamente por el tamiz 5 UNE.

La proporción mínima de elementos triturados en los áridos se establecerá de forma que el CBR de la mezcla recién compactada, según la Norma NLT 111/78, no sea inferior a sesenta y cinco (65).

## 2.3 Agua

Cumplirá el Artículo 280 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

## 2.4 Adiciones

Salvo autorización expresa del Director de las obras, será obligatoria la utilización de un retardador de fraguado que permita obtener un plazo de trabajabilidad del material, a la temperatura prevista para su puesta en obra, acorde con las indicaciones del Cuadro 2.

CUADRO 2  
PLAZO MINIMO (horas) DE TRABAJABILIDAD

TIPO DE OBRA		
Sin tráfico .....	Ancho completo	5
	Por franjas	7
Refuerzo bajo tráfico .....		9

La temperatura a tener en cuenta para el plazo de trabajabilidad será la media ambiente prevista entre las once y las catorce horas (11 a 14 h).

El empleo de otras adiciones deberá ser aprobado por el Director de las obras.

## 3. Dosificación del hormigón compactado

Para establecer la dosificación del hormigón compactado deberán realizarse ensayos previos a la ejecución.

La dosificación de conglomerante no deberá ser inferior al diez por ciento (10%), en peso, del total de materiales secos. La resistencia a tracción indirecta de probetas, según las Normas UNE 8330184 y 8330684, no deberá ser inferior a 3,3 MPa (33 kp/cm).

Previa autorización del Director de las obras, podrán ensayarse probetas a edades tempranas, para establecer correlaciones razonables para el control de la obra.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

## 4. Ensayos previos a la ejecución

### 4.1 Ensayos previos en laboratorio

Se realizarán antes de comenzar el hormigonado, para establecer la dosificación a la vista de los materiales disponibles y de las condiciones de ejecución previstas.

Para la elección de las distintas dosificaciones a ensayar deberá establecerse, en primer lugar, la relación entre su humedad y su densidad, según la Norma NLT 108/72 «Proctor modificado». Se recomienda elegir las dosificaciones de mayor compactidad y menor sensibilidad a las variaciones de humedad. Para este estudio también podrá emplearse el método del consistómetro VeBe modificado.

Para cada dosificación ensayada deberá controlarse la resistencia a tracción indirecta a veintiocho (28) días de probetas compactadas con la humedad óptima correspondiente al ensayo «Proctor modificado». Con objeto de conocer la evolución de su resistencia a edad temprana, deberá controlarse también la resistencia a siete (7) días.

Caso de utilizarse como conglomerante mezclas de cemento con cenizas volantes, los ensayos a veintiocho (28) días se sustituirán por ensayos a noventa (90) días.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma NLT 310/79. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta según la Norma UNE 8330684, obteniéndose el valor medio de las roturas, el cual deberá superar la resistencia mínima especificada en el apartado 3 del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión introducida por la puesta en obra, la resistencia media real sobrepase también la especificada.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el CBR de la mezcla recién compactada, según la Norma NLT 111/78.

Deberá determinarse igualmente el plazo de trabajabilidad del material.

Una vez elegida la dosificación, deberá comprobarse la sensibilidad de su capacidad soporte inicial a las variaciones de humedad, determinándose el CBR en probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio (1/2) punto porcentual, en más y en menos. Deberá, asimismo, comprobarse la sensibilidad de la resistencia a tracción indirecta a veintiocho (28) días o, en su caso, a noventa (90) días, frente a las variaciones de humedad y los defectos de compactación, determinando dicha resistencia:

- En probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio (1/2) punto porcentual, en más y en menos.
- En probetas con la humedad óptima, pero a las que se haya aplicado la energía de compactación necesaria para obtener densidades iguales al noventa y cinco y noventa y siete por ciento (95-97%) de la máxima «Proctor modificado».



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

Podrá prescindirse de estos ensayos si se dispusiera de experiencia suficiente, a juicio del Director de las obras, con los mismos cementos, cenizas y áridos.

## 4.2 Ensayos característicos en obra

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, para comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón compactado de las características exigidas.

La humedad de fabricación de la mezcla deberá ajustarse de forma que en la puesta en obra del hormigón compactado, habida cuenta de las condiciones atmosféricas y de la distancia de transporte, la humedad de la mezcla esté comprendida entre la óptima «Proctor modificado» y medio (1/2) punto porcentual menos.

Para cada dosificación elegida a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre probetas procedentes de seis (6) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma UNE 8330184. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta a siete (7) días, según la Norma UNE 8330684, obteniéndose el valor medio de las roturas.

Si la resistencia media no fuera inferior al noventa por ciento (90%) de la resistencia a siete (7) días obtenida en laboratorio, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con la dosificación elegida. En caso contrario, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación hasta conseguir que se cumplan las exigencias del presente apartado.

## 4.3 Fórmula de trabajo

Una vez realizados los ensayos previos en laboratorio y característicos en obra con resultados satisfactorios, el Director de las obras aprobará la correspondiente fórmula de trabajo.

## 5. Equipo necesario para la ejecución de las obras

### 5.1 Central de fabricación

Se podrán utilizar centrales de mezcla continua o discontinua.

Será obligatorio el control ponderal para el cemento y para las cenizas, si se utilizan; los áridos podrán dosificarse por volumen. El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

### 5.2 Equipo de extensión

La extensión del hormigón compactado se realizará con equipos que aseguren una elevada precompactación, pudiendo utilizarse motoniveladoras sólo en casos excepcionales, previa autorización del Director de las obras.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

## 5.3 Equipo de compactación

Este equipo constará, como mínimo, de un rodillo liso vibratorio pesado, con una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilopondios por centímetro (30 kp/cm), y de un rodillo pesado de neumáticos, cuya carga por rueda no sea inferior a tres toneladas (3 t) y cuya presión de inflado no sea inferior a 0,8 MPa (8 kp/cm).

## 6. Tramos de prueba

En el tramo de prueba deberán conseguirse los siguientes grados de compactación, referidos a la densidad máxima «Proctor modificado» obtenida en laboratorio:

- Media de la capa no inferior al noventa y siete por ciento (97%).
- Fondo de la capa no inferior al noventa y cinco por ciento (95%).
- Cada uno de los ensayos individuales que componen las medias anteriores podrán bajar hasta dos (2) puntos porcentuales de la media indicada.

Se realizará un mínimo de veinte (20) medidas con el equipo que servirá para el control ulterior en obra, repartidas aleatoriamente sobre toda la superficie del tramo.

Se fabricarán, al menos, cinco (5) probetas de amasijos diferentes, que se ensayarán a los siete (7) días a tracción indirecta, comprobándose que en todas ellas se supera la resistencia especificada.

Se comprobará asimismo la idoneidad del proceso de curado y protección del hormigón compactado fresco.

Si los resultados no fueran satisfactorios, se procederá a la realización de sucesivos tramos de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en la fabricación y puesta en obra hasta obtener las calidades exigidas. Si mediante los ensayos característicos se hubiese comprobado la idoneidad de otras dosificaciones, podrá sustituirse la empleada en el primer tramo de prueba por alguna de éstas, con la aprobación previa del Director de las obras.

## 7. Ejecución de las obras

### 7.1 Fabricación de la mezcla

No se admitirá ningún método de acopio de los áridos, ni de transporte desde los acopios a las tolvas de la central, que pueda ser causa de segregación, degradación o mezcla de materiales de distintos tamaños. Se tomarán las medidas necesarias para impedir la contaminación de los áridos en contacto con el suelo, y para asegurar un drenaje adecuado de la superficie de apoyo.

Antes de iniciarse la fabricación, deberá estar acopiado, al menos, un cincuenta por ciento (50%) del árido necesario para la totalidad del hormigón compactado previsto.

El cemento se suministrará y acopiará según las prescripciones



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

del apartado 5.2 de la vigente Instrucción EH-82. La capacidad mínima de acopio corresponderá al consumo de una jornada de rendimiento normal. Deberá preverse la misma capacidad de acopio en silos para las cenizas volantes, caso de que se suministren por separado en estado seco.

Cuando las cenizas volantes se suministren en húmedo, antes de iniciarse la fabricación del hormigón compactado deberá estar acopiado al menos un cincuenta por ciento (50%) de las necesarias. No deberán emplearse en la formación de estos acopios equipos capaces de originar aterronamientos. Se recomienda proteger los acopios con toldos, y adoptar las precauciones necesarias para asegurar una descarga regular a la tolva dosificadora.

Las adiciones se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; en particular los sacos de productos en polvo se almacenarán a cubierto y sobre plancha aislante, observando las mismas precauciones que en el caso del cemento.

Las adiciones suministradas en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos y protegidos de las heladas.

## **7.2 Extensión de la mezcla**

Siempre que sea posible, la mezcla se extenderá por anchos completos; en caso contrario, deberá obtenerse el ancho total dentro del plazo de trabajabilidad del primer material colocado en obra. Si no se empleasen retardadores de fraguado, no se permitirá la puesta en obra por franjas contiguas con más de una hora (1 h) de diferencia entre los comienzos de sus respectivas extensiones.

## **7.3 Compactación y acabado**

Se recomienda efectuar unas pasadas previas de rodillo liso sin vibración.

En una sección transversal cualquiera, la compactación deberá quedar totalmente terminada dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se empleasen retardadores de fraguado, no podrán transcurrir más de tres horas (3 h) desde el instante en que se haya obtenido el primer amasijo para una determinada sección transversal, y el final de la compactación.

En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante riego con agua finamente pulverizada, el cual deberá prolongarse hasta la colocación del riego de curado, asegurando que la superficie quede húmeda pero no encharcada.

## **7.4 Refino de la superficie**

Caso de que se considere necesario efectuar un refino de la superficie del hormigón compactado, la extensión se realizará de



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

forma que la superficie quede unos centímetros (cm) por encima de la rasante teórica. El refino podrá realizarse con motoniveladora u otros equipos adecuados, a partir de una compactación mínima del noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima «Proctor modificado». Una vez concluido el refino, deberá continuarse la compactación hasta alcanzar la densidad especificada.

Los materiales procedentes del refino deberán ser retirados, evitándose aportaciones en capa delgada.

## **7.5 Ejecución de juntas**

### *7.5.1 Transversales*

Se dispondrán juntas de trabajo transversales al final de cada jornada, o siempre que el proceso constructivo se interrumpa durante un tiempo superior al plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se utilizasen retardadores de fraguado, deberá disponerse una junta siempre que la detención sea superior a dos horas (2 h).

Las juntas de trabajo se cortarán de forma que su borde quede perfectamente vertical.

### *7.5.2 Longitudinales*

Cuando se trabaje por franjas, la puesta en obra se organizará de forma que no sea necesaria la disposición de juntas de trabajo longitudinales. Para ello, la unión de dos franjas contiguas se realizará dejando sin compactar un cordón longitudinal con una anchura del orden de cincuenta centímetros (50 cm), el cual se compactará al ejecutar la segunda franja.

## **7.6 Curado**

Terminada la capa de hormigón compactado, se procederá a la aplicación de un riego de curado. Podrán usarse productos especiales a base de polímeros, que aseguren no sólo una adecuada retención de la humedad, sino también un endurecimiento de su superficie: su dotación mínima será de cuatrocientos gramos por metro cuadrado (400 g/m<sup>2</sup>). También podrán usarse emulsiones aniónicas con un pH no inferior a cinco (5), con una dotación mínima de betún residual de seiscientos gramos por metro cuadrado (600 g/m<sup>2</sup>). Las anteriores dotaciones podrán ser modificadas, en caso necesario, por el Director de las obras.

Se verterá una cantidad suplementaria de producto de curado en las juntas de trabajo, hasta conseguir su obturación.

En la aplicación de la emulsión se seguirán las prescripciones del Artículo 530 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. En un plazo máximo de cinco (5) minutos desde la aplicación de la emulsión se procederá a la extensión sobre la misma de arena 2/6, con una dotación comprendida entre cuatro y seis litros por metro cuadrado (4 a 6 l/m<sup>2</sup>).



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

Estas operaciones se efectuarán antes de transcurridas doce horas (12 h) desde el final de la compactación. En tiempo cálido y seco, el Director de las obras podrá reducir este plazo.

La capa de hormigón compactado así tratada podrá abrirse al tráfico una vez producida la rotura de la emulsión. La capa de rodadura no se pondrá en obra antes de transcurridos siete (7) días, recomendándose alargar este plazo hasta uno o dos (1 ó 2) meses, especialmente en tiempo frío.

## 8. Tolerancias de la superficie acabada

La regularidad superficial de cada lote de hormigón compactado se controlará dentro de las veinticuatro horas (24 h) siguientes a su ejecución. Cuando el incumplimiento de las tolerancias sea debido exclusivamente a la existencia de puntos altos, éstos podrán eliminarse por abrasión con discos de diamante.

El espesor de la capa de hormigón compactado se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos, con la frecuencia y en los puntos que señale el Director de las obras. Dicho espesor no deberá ser en ningún punto inferior en más de quince milímetros (15 mm) al prescrito. Si se rebasase esta tolerancia, se extraerán testigos más próximos, para delimitar la zona rechazada.

Los orificios de los sondeos serán rellenados con hormigón de la misma calidad que el empleado en el resto de la capa, el cual será correctamente compactado y enrasado.

Las desviaciones en planta respecto de la alineación teórica no deberán ser superiores a cinco centímetros (5 cm).

## 9. Limitaciones de la ejecución

El hormigón compactado se ejecutará cuando las condiciones ambientales permitan esperar que no se producirán heladas durante su período de endurecimiento. En caso de lluvia, deberán suspenderse las operaciones.

## 10. Medición y abono

El hormigón compactado se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente construidos, medidos con arreglo a las secciones-tipo que figuran en los planos. No se abonarán las operaciones necesarias para reparar las superficies que acusen irregularidades superiores a las tolerables o que presenten aspecto defectuoso.

Los riegos de curado se abonarán según lo previsto en el Artículo 530 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

## 11. Controles de fabricación y puesta en obra

### 11.1 Control de fabricación

Se comprobará la humedad de la mezcla un mínimo de cinco (5) veces al día.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

Dos (2) veces al día se comprobarán la granulometría, especialmente el contenido de finos, y el contenido de conglomerante.

Se llevará asimismo un control del consumo medio de conglomerante.

## **11.2 Control de puesta en obra**

### *11.2.1 Compactación*

Se referirá este control al procedimiento y número de pasadas aprobados en el tramo de prueba. Se utilizarán, siempre que sea posible, equipos gráficos de registro continuo instalados en los compactadores, para controlar su velocidad de avance, la frecuencia de la vibración, el tiempo de trabajo y la distancia recorrida.

### *11.2.2 Densidad*

Se efectuará una medición en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de una (1) medida por cada cien metros cuadrados (100 m<sup>2</sup>) de superficie de capa, recomendándose el empleo de sondas nucleares.

### *11.2.3 Humedad «in situ»*

Se efectuarán medidas en emplazamientos aleatorios, en correspondencia con las efectuadas en el control de fabricación. Las zonas donde manifiestamente se hubiera producido un incidente se corregirán debidamente.

Si se produjeran desviaciones muy frecuentes, superiores a las tolerables, a juicio del Director de las obras, se reforzará el control al día siguiente.

### *11.2.4 Espesores*

Cada diez metros (10 m) de extendido deberá realizarse, sobre el material sin compactar, un control de espesor mediante hincas de un clavo con escala, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá el material al compactarse.

### *11.2.5 Tiempo de manejabilidad*

Deberá controlarse la temperatura en el extendido y, según los ensayos previos, dosificar el retardador.

Cuando así lo indique el Director de las obras, se procederá al control del tiempo de manejabilidad del hormigón seco, por el método de la medida del tiempo de propagación del sonido u otro método aprobado por aquél.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON COMPACTADO

## 11.2.6 *Curado*

Se controlará que la superficie del hormigón compactado permanece constantemente húmeda antes de la extensión del producto de curado.

Se realizará un control diario, como mínimo, de la dosificación del producto de curado, mediante placa de setecientos milímetros en cuadro (700×700 mm).



## 2. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO

## 1. Definición

Se denomina hormigón magro a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a un pavimento de hormigón vibrado, aunque su contenido de cemento es bastante inferior al de éste.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del Artículo 550 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, completadas con las contenidas en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 2. Materiales

### 2.1 Cemento

No se exigirá limitación al contenido de aluminato tricálcico del «clinker».

### 2.2 Arido fino

No se exigirá porcentaje mínimo de partículas silíceas en el árido fino.

### 2.3 Arido grueso

El tamaño máximo del árido grueso no deberá ser superior a cuarenta milímetros (40 mm). Su coeficiente de desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72, será inferior a treinta (30).

### 2.4 Productos filmógenos de curado

Se seguirán las prescripciones del Artículo 285 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales.

El producto filmógeno de curado deberá ser previamente aprobado por el Director de las obras. La dotación se determinará en la ejecución del tramo de prueba, y no deberá ser inferior a doscientos gramos por metro cuadrado (200 g/m<sup>2</sup>), salvo instrucciones contrarias del Director de las obras. Este podrá, además, variar dicha dotación si las circunstancias atmosféricas así lo aconsejasen.

Con la frecuencia que indique el Director de las obras deberán efectuarse los ensayos necesarios para garantizar la constancia de las propiedades del producto.

## 3. Dosificación del hormigón magro

Para establecer la dosificación del hormigón magro deberán realizarse ensayos previos a la ejecución.

La cantidad total de partículas cernidas por el tamiz 150  $\mu$ m UNE no deberán ser inferior a doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (250 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón magro, incluyéndose en dicha cantidad el cemento y las adiciones.



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO

La dosificación de cemento no deberá ser inferior a ciento cuarenta kilogramos por metro cúbico (140 kg/m<sup>3</sup>) de hormigón magro. La relación ponderal agua/cemento deberá estar comprendida entre setenta y cinco y ciento cincuenta centésimas (0,75 a 1,50). No se exigirán otras condiciones a la consistencia del hormigón magro que las derivadas de la posibilidad de su puesta en obra con el equipo empleado.

Será obligatoria la utilización de un aireante, el cual deberá cumplir las mismas condiciones exigidas al que se utilice en el pavimento de hormigón vibrado. Su dosificación será tal, que el contenido de aire ocluido del hormigón magro recién puesto en obra, según la Norma UNE 7141, esté comprendido entre el cuatro y el seis por ciento (4 a 6%), en volumen.

La resistencia a compresión simple de probetas, según las Normas UNE 8330184 y 8330484, no deberá ser inferior a 8 MPa (80 kp/cm<sup>2</sup>) a los siete (7) días, o bien a 12 MPa (120 kg/cm<sup>2</sup>) a los noventa (90) días. Las probetas se compactarán por vibración o mediante picado de veinticinco (25) golpes por capa; en todo caso, las capas serán tres (3).

## 4. Ensayos previos a la ejecución

### 4.1 Ensayos previos en laboratorio

Para cada dosificación ensayada deberán controlarse la resistencia a compresión simple a siete (7) días, y el contenido de aire ocluido.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma UNE 8330184. Dichas probetas se ensayarán a compresión simple según la Norma UNE 8330484, obteniéndose el valor medio de las roturas, el cual deberá superar a la resistencia mínima especificada en el apartado 3 del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión introducida por la puesta en obra, la resistencia media real sobrepase también la especificada.

Cada vez que se confecciona una serie de probetas se controlará también el aire ocluido, según la Norma UNE 7141.

### 4.2 Ensayos característicos en obra

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, para comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón magro de las características exigidas.

El asiento del hormigón magro fresco, según la Norma UNE 7103, deberá estar comprendido entre dos y seis centímetros (2 a 6 cm).

Para cada dosificación elegida a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre



# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO

probetas procedentes de seis (6) amasijos diferentes, confeccionándose series de dos (2) probetas por cada uno, según la Norma 8330184. Dichas probetas se ensayarán a compresión simple, según la Norma UNE 8330484, obteniéndose el valor medio de las roturas. Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el aire ocluido, según la Norma UNE 7141.

Si la resistencia media no fuera inferior a la especificada, y el contenido de aire ocluido estuviera en todos los ensayos dentro de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con la dosificación elegida. En caso contrario, se introducirán los ajustes necesarios a la dosificación hasta conseguir que se cumplan las exigencias del presente apartado.

## **5. Equipo necesario para la ejecución de las obras**

Se utilizará el mismo tipo de equipo utilizado para la construcción del pavimento de hormigón vibrado.

El Constructor podrá proponer la ejecución de la obra con otro tipo de equipo, siempre que cumpla las prescripciones del Artículo 550 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales. En todo caso, los equipos deberán ser aprobados previa y específicamente por el Director de las obras.

La producción de la central de fabricación deberá garantizar que la extendidora no se detenga por falta de suministro.

## **6. Tramos de prueba**

La ubicación del tramo de ensayo deberá ser previamente aprobada por el Director de las obras. Su longitud no deberá ser inferior a cien metros (100 m).

## **7. Ejecución de las obras**

A la superficie del hormigón magro no se dará ningún tipo de textura, procurando por el contrario que quede lo más lisa posible.

El curado se realizará obligatoriamente con productos filmógenos.

Solamente se realizarán juntas de hormigonado, tanto longitudinales como transversales; estas últimas se dispondrán perpendiculares al eje de la calzada.

No se sellará junta alguna.

## **8. Control de la resistencia del hormigón magro en obra**

Cada día de hormigonado se determinará la resistencia de dos (2) amasijos diferentes, por el valor medio de la resistencia a compresión simple de dos (2) probetas confeccionadas con arreglo a lo prescrito en el apartado 3 del presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

# PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TECNICAS PARTICULARES. HORMIGON MAGRO

## 9. Tolerancias de la superficie acabada

La regularidad superficial de cada lote de hormigón magro se controlará dentro de las veinticuatro horas (24 h) siguientes a su ejecución.

La superficie acabada no deberá rebasar en la teórica en ningún punto, ni quedar por debajo de la misma en más de treinta milímetros (30 mm). Asimismo, no deberá variar en más de cinco milímetros (5 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), aplicada tanto paralela como normalmente al eje de la carretera.

Las zonas en las que no se cumplan las tolerancias establecidas, o que retengan agua sobre su superficie, deberán corregirse con arreglo a lo siguiente:

- Los puntos altos se eliminarán por fresado.
- No se permitirá en ningún caso el recrecimiento en capa delgada. Si la superficie del hormigón magro quedase por bajo de la teórica en más de la tolerancia establecida, se adoptará una de las dos siguientes soluciones, según las instrucciones del Director de las obras:
  - Incremento del espesor del pavimento de hormigón vibrado.
  - Reconstrucción de la zona afectada.

## 10. Medición y abono

El hormigón magro se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente construidos, medidos con arreglo a las secciones-tipo que figuran en los planos.



# 3. 500. ZAHORRAS NATURALES

2

## 500. ZAHORRAS NATURALES

### 500.1 Definición

Se define como zahorra natural el material formado por áridos no<sup>3</sup> triturados, suelos granulares, o una mezcla de ambos, cuya granulometría es de tipo continuo.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Preparación y comprobación de la superficie de asiento.
- Aportación del material.
- Extensión, humectación si procede, y compactación de cada tongada.
- Refino de la superficie de la última tongada.

### 500.2 Materiales

#### 500.2.1 Condiciones generales

Los materiales serán áridos no triturados procedentes de grave-ras o depósitos naturales, o bien suelos granulares, o una mezcla de ambos.

También podrán utilizarse productos inertes de desecho industrial, en cuyo caso las condiciones para su aplicación vendrán fijadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, serán determinadas por el Director de las obras.

#### 500.2.2 Granulometría

El cernido por el tamiz 80  $\mu\text{m}$ . UNE será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 400  $\mu\text{m}$  UNE.

La curva granulométrica estará comprendida dentro de los husos reseñados en el cuadro 500.1. El huso ZNA sólo podrá utilizarse en calzadas con tráfico T3 ó T4, o en arcenes.

CUADRO 500.1

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)				
	ZN (50)	ZN (40)	ZN (25)	ZN (20)	ZNA
50	100	—	—	—	100
40	80-95	100	—	—	—
25	60-90	75-95	100	—	60-100
20	—	60-85	80-100	100	—
10	40-70	45-75	50-80	70-100	40-85
5	25-50	30-55	35-65	50-85	30-70
2	15-35	20-40	25-50	30-60	15-50
400 $\mu\text{m}$	6-22	6-25	8-30	10-35	8-35
80 $\mu\text{m}$	0-10	0-12	0-12	0-15	0-18

#### 500.2.4 Dureza

El coeficiente de desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72, será inferior a cuarenta (40), excepto para el huso ZNA, en



## 500. ZAHORRAS NATURALES

que deberá ser menor de cincuenta (50). El ensayo se realizará con la granulometría tipo B de las indicadas en la citada Norma.

### 500.2.5 Limpieza

Los materiales estarán exentos de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas. El coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86, no deberá ser inferior a dos (2).

El equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72, será mayor de treinta (30), excepto para el huso ZNA, en que deberá ser mayor de veinticinco (25).

### 500.2.6 Capacidad de soporte

La zahorra natural tendrá un CBR no inferior a veinte (20), según la Norma NLT 111/78, para las condiciones de humedad máxima y densidad mínima de puesta en obra fijadas en el apartado 500.4.1 de este Artículo o determinadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 500.2.7 Plasticidad

Cuando la zahorra natural se utilice bajo calzada con tráfico T0, T1 ó T2, el material será «no plástico».

Para tráfico T3 ó T4, o en arcenes, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Límite líquido, según la Norma NLT 105/72, inferior a veinticinco (25).
- Índice de plasticidad, según la Norma NLT 106/72, inferior a seis (6).

## 500.3 Ejecución de las obras

### 500.3.1 Preparación de la superficie de asiento

La zahorra natural no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que haya de asentarse tenga las condiciones de calidad y forma previstas, con las tolerancias establecidas. Para ello, además de la eventual reiteración de los ensayos de aceptación de dicha superficie, el Director de las obras podrá ordenar el paso de un camión cargado, a fin de observar su efecto.

Si en la citada superficie existieran defectos o irregularidades que excediesen de las tolerables, se corregirán antes del inicio de la puesta en obra de la zahorra natural, según las prescripciones del correspondiente Artículo del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

## 500. ZAHORRAS NATURALES

### 500.3.3 Extensión de la tongada

Los materiales serán extendidos, una vez aceptada la superficie de asiento, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones, en tongadas con espesores comprendidos entre diez y treinta centímetros (10 ó 30 cm).

Antes de extender una tongada se procederá, si fuera necesario, a su homogeneización y humectación. Se podrán utilizar para ello la prehumidificación en central u otros procedimientos sancionados por la práctica que garanticen, a juicio del Director de las obras, la correcta homogeneización y humectación del material.

La humedad óptima de compactación, deducida del ensayo «Proctor modificado» según la Norma NLT 108/72, podrá ser ajustada a la composición y forma de actuación del equipo de compactación, según los ensayos realizados en el tramo de prueba.

Todas las operaciones de aportación de agua tendrán lugar antes de la compactación. Después, la única humectación admisible será la destinada a lograr en superficie la humedad necesaria para la ejecución de la capa siguiente. El agua se dosificará adecuadamente, procurando que en ningún caso un exceso de la misma lave al material.

### 500.3.4 Compactación de la tongada

Conseguida la humedad más conveniente, la cual no deberá rebasar a la óptima en más de un (1) punto porcentual, se procederá a la compactación de la tongada, que se continuará hasta alcanzar la densidad especificada en el apartado 500.4.1 del presente Artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando se compactarán con medios adecuados a cada caso, de forma que las densidades que se alcancen cumplan las especificaciones exigidas a la zahorra natural en el resto de la tongada.

### 500.3.5 Tramo de prueba

Antes del empleo de un determinado tipo de material, será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para fijar la composición y forma de actuación del equipo compactador, y para determinar la humedad de compactación más conforme a aquéllas.

La capacidad de soporte, y el espesor si procede, de la capa sobre la que se vaya a realizar el tramo de prueba serán semejantes a los que vaya a tener en el firme la capa de zahorra natural.

El Director de las obras decidirá si es aceptable la realización



## 500. ZAHORRAS NATURALES

del tramo de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

Se establecerán las relaciones entre número de pasadas y densidad alcanzada, para cada compactador y para el conjunto del equipo de compactación.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las obras definirá:

- Si es aceptable o no el equipo de compactación propuesto por el constructor.
- En el primer caso, su forma específica de actuación y, en su caso, la corrección de la humedad óptima.
- En el segundo, el Constructor deberá proponer un nuevo equipo, o la incorporación de un compactador suplementario o sustitutorio.

Asimismo, durante la realización del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Comportamiento del material bajo la compactación.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de humedad y densidad «in situ» establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control, tales como isótopos radiactivos, carburo de calcio, picnómetro de aire, etc.

### 500.4 Especificaciones de la unidad terminada

#### 500.4.1 Densidad

La compactación de la zavorra natural se continuará hasta alcanzar una densidad no inferior a la que corresponde al noventa y siete por ciento (97%) de la máxima obtenida en el ensayo «Proctor modificado», según la Norma NLT 108/72, efectuando las pertinentes sustituciones de materiales gruesos.

Cuando la zavorra natural se emplee en calzadas para tráfico T3 ó T4, o en arcenes, se admitirá una densidad no inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida en el ensayo «Proctor modificado».

El ensayo para establecer la densidad de referencia se realizará sobre muestras de material obtenidas «in situ» en la zona a controlar, de forma que el valor de dicha densidad sea representativo de aquélla. Cuando existan datos fiables de que el material no difiere sensiblemente, en sus características, del aprobado en el estudio de los materiales y existan razones de urgencia, así apreciadas por el Director de las obras, se podrá aceptar como densidad de referencia la correspondiente a dicho estudio.

#### 500.4.2 Carga con placa

En las capas de zavorra natural, los valores del módulo E2, determinado según la Norma NLT 357/86, no serán inferiores a los indicados en el Cuadro 500.2.

## 500. ZAHORRAS NATURALES

CUADRO 500.2

Situación	E2 (MPa)		
	T0-T1	T2-T3	T4, arcén
Explanada .....	50	40	25
Sub-base .....	100	80	40
Base .....	—	—	50

### 500.4.3 Tolerancias geométricas de la superficie acabada

Dispuestas estacas de refino, niveladas hasta milímetros con arreglo a los planos, en el eje, quiebros de peralte si existen, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad (1/2) de la distancia entre los perfiles del Proyecto, se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por la cabeza de dichas estacas.

La citada superficie no deberá diferir de la teórica en ningún punto en más de veinte milímetros (20 mm) bajo calzadas con tráfico T0, T1 ó T2, ni de treinta milímetros (30 mm) en los demás casos.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los planos.

Será optativa del Director de las obras la comprobación de la superficie acabada con regla de tres metros (3 m), estableciendo la tolerancia admisible en dicha comprobación, de no venir fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias especificadas se corregirán por el Constructor, a su cargo. Para ello, se escarificará en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), se añadirá o retirará el material necesario y de las mismas características, y se volverá a compactar y refinar.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existieran problemas de encharcamiento, el Director de las obras podrá aceptar la superficie, siempre que la capa superior a ella compense la merma de espesor sin incremento de coste para la Administración.

### 500.5 Limitaciones de la ejecución

Las zahorras naturales se podrán emplear siempre que las condiciones climatológicas no hayan producido alteraciones en la humedad del material, tales que se supere en más de dos (2) puntos porcentuales la humedad óptima.

Sobre las capas recién ejecutadas se prohibirá la acción de todo tipo de tráfico, mientras no se construya la capa siguiente. Si esto no fuera posible, el tráfico que necesariamente tuviera que pasar sobre ellas se distribuirá de forma que no se concentren las rodadas en una sola zona. El Constructor será responsable de los daños originados, debiendo proceder a su reparación con arreglo a las instrucciones del Director de las obras.



## 500. ZAHORRAS NATURALES

### 500.6 Medición y abono

La zahorra natural se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ) realmente ejecutados, medidos con arreglo a las secciones-tipo señaladas en los planos.

No serán de abono las creces laterales, ni las consecuentes de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes.

### 500.7 Control de calidad

#### 500.7.1 Control de procedencia

Antes del inicio de la producción, se reconocerá cada préstamo o procedencia, determinándose su aptitud en función del resultado de los ensayos. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible, mediante sondeos, zanjas, catas u otros métodos de toma de muestras.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayará un mínimo de cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada diez mil metros cúbicos ( $10.000 m^3$ ), o fracción de exceso sobre cincuenta mil metros cúbicos ( $50.000 m^3$ ).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Humedad natural, según la Norma NLT 102/72.
- Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las Normas NLT 105/72 y 106/72.
- Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.
- Equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72.
- CBR, según la Norma NLT 111/78.
- Desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72.
- Coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86.

Además, sobre una (1) de las muestras se determinará el peso específico de gruesos y finos, según las Normas NLT 153/76 y 154/76.

#### 500.7.2 Control de producción

Se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos ( $1.000 m^3$ ) de material producido, o cada día si se emplea menos material:
  - Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.
  - Equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72.
  - Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Cada cinco mil metros cúbicos ( $5.000 m^3$ ) de material producido, o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
  - CBR, según la Norma NLT 111/78.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las Normas NLT 105/72 y 106/72.

## 500. ZAHORRAS NATURALES

- Coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86.
- Cada veinte mil metros cúbicos (20.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez al mes si se emplea menos material:
  - Desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72.

### 500.7.3 Control de ejecución

Se considerará como «lote», que se aceptará o rechazará en bloque, al material uniforme que entre en doscientos cincuenta metros (250 m) de calzada o arcén, o alternativamente en tres mil metros cuadrados (3.000 m<sup>2</sup>) de capa, o en la fracción construida diariamente si ésta fuere menor.

Las muestras se tomarán, y los ensayos «in situ» se realizarán, en puntos previamente seleccionados mediante un muestreo aleatorio, tanto longitudinal como transversalmente.

#### 500.7.3.1 Compactación

Sobre una muestra de efectivo cinco unidades (5 ud) se realizarán ensayos de:

- Humedad natural, según la Norma NLT 102/72.
- Densidad «in situ», según la Norma NLT 109/72.

#### 500.7.3.2 Carga con placa

Sobre una muestra de efectivo una unidad (1 ud) se realizará un ensayo de carga con placa, según la Norma NLT 357/86.

#### 500.7.3.3 Materiales

Sobre cada uno de los individuos de la muestra tomada para el control de compactación, según el apartado 500.7.3.1 del presente Artículo, se realizarán ensayos de:

- Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.

#### 500.7.3.4 Criterios de aceptación o rechazo del lote

Las densidades medias obtenidas en la tongada compactada no deberán ser inferiores a las especificadas en el apartado 500.4.1 del presente Artículo; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta dos (2) puntos porcentuales por debajo de la densidad exigida.

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



## 500. ZAHORRAS NATURALES

Si durante la compactación apareciesen blandones localizados, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Para la realización de ensayos de humedad y densidad podrán utilizarse métodos rápidos no destructivos, tales como isótopos radiactivos, carburo de calcio, picnómetro de aire, etc, siempre que mediante ensayos previos se haya determinado una correspondencia razonable entre estos métodos y las Normas NLT 102/72 y 109/72.

Los módulos E2 obtenidos en el ensayo de carga con placa no deberán ser inferiores a los especificados en el cuadro 500.2 del presente Artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Caso de no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta alcanzar las densidades y módulos especificados.

Se recomienda llevar a cabo una determinación de humedad natural en el mismo lugar en que se realice el ensayo de carga con placa; así como proceder, cuando corresponda por frecuencia de control, a tomar muestras en dicha zona para granulometría y Proctor modificado.

# 4. 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

8



## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

### 501.1 Definición

Se define como zahorra artificial el material granular formado por áridos machacados, total o parcialmente, cuya granulometría es de tipo continuo.

Su ejecución incluye las siguientes operaciones:

- Preparación y comprobación de la superficie de asiento.
- Aportación del material.
- Extensión, humectación si procede, y compactación de cada tongada.
- Refino de la superficie de la última tongada.

### 501.2 Materiales

#### 501.2.1 Condiciones generales

Los materiales procederán de la trituración de piedra de cantera o grava natural. El rechazo por el tamiz 5 UNE deberá contener un mínimo del setenta y cinco por ciento (75%), para tráfico T0 y T1, o del cincuenta por ciento (50%), para los demás casos, de elementos triturados que pesenten no menos de dos (2) caras de fractura.

#### 501.2.2 Granulometría

El cernido por el tamiz 80  $\mu\text{m}$  UNE será menor que los dos tercios (2/3) del cernido por el tamiz 400  $\mu\text{m}$  UNE.

La curva granulométrica estará comprendida dentro de los husos reseñados en el Cuadro 501.1.

CUADRO 501.1

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)	
	ZA (40)	ZA (25)
40	100	—
25	75-100	100
20	50-90	75-100
10	45-70	50-80
5	30-50	35-60
2	15-32	20-40
400 $\mu\text{m}$	6-20	8-22
80 $\mu\text{m}$	0-10	0-10

#### 501.2.3 Forma

El índice de lajas, según la Norma NLT 354/74, deberá ser inferior a treinta y cinco (35).

## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

### 501.2.4 Dureza

El coeficiente de desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72, será inferior a treinta (30) para tráfico T0 y T1, y a treinta y cinco (35) en los demás casos. El ensayo se realizará con la granulometría tipo B de las indicadas en la citada Norma.

### \* 501.2.5 Limpieza

Los materiales estarán exentos de terrones de arcilla, materia vegetal, marga u otras materias extrañas. El coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86, no deberá ser inferior a dos (2).

El equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72, será mayor de treinta y cinco (35) para tráfico T0 y T1, y a treinta (30) en los demás casos.

### 501.2.7 Plasticidad

El material será «no plástico», según la Norma NLT 105/72 y 106/72.

## 501.3 Ejecución de las obras

### 501.3.1 Preparación de la superficie de asiento

La zahorra artificial no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que haya de asentarse tenga las condiciones de calidad y forma previstas, con las tolerancias establecidas. Para ello, además de la eventual reiteración de los ensayos de aceptación de dicha superficie, el Director de las obras podrá ordenar el paso de un camión cargado, a fin de observar su efecto.

Si en la citada superficie existieran defectos o irregularidades que excediesen de las tolerables, se corregirán antes del inicio de la puesta en obra de la zahorra artificial, según las prescripciones del correspondiente Artículo del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

### 501.3.2 Preparación del material

La preparación de la zahorra artificial se hará en central y no «in situ». La adición del agua de compactación se hará también en la central, salvo que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares señale expresamente, o el Director de las obras autorice la humectación «in situ» con tráficos que no sean T0 y T1.

La humedad óptima de compactación, deducida del ensayo «Proctor modificado» según la Norma NLT 108/72, podrá ser ajus-



## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

tada a la composición y forma de actuación del equipo de compactación, según los ensayos realizados en el tramo de prueba.

### 501.3.3 Extensión de la tongada

Los materiales serán extendidos, una vez aceptada la superficie de asiento, tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones, en tongadas con espesores comprendidos entre diez y treinta centímetros (10 a 30 cm).

Las eventuales aportaciones de agua tendrán lugar antes de la compactación. Después, la única humectación admisible será la destinada a lograr en superficie la humedad necesaria para la ejecución de la capa siguiente. El agua se dosificará adecuadamente, procurando que en ningún caso un exceso de la misma lave al material.

### 501.3.4 Compactación de la tongada

Conseguida la humedad más conveniente, la cual no deberá rebasar a la óptima en más de un (1) punto porcentual, se procederá a la compactación de la tongada, que se continuará hasta alcanzar la densidad especificada en el apartado 501.4.1 del presente Artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de paso o desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando, se compactarán con medios adecuados a cada caso, de forma que las densidades que se alcancen cumplan las especificaciones exigidas a la zahorra artificial en el resto de la tongada.

### 501.3.5 Tramo de prueba

Antes del empleo de un determinado tipo de material, será preceptiva la realización del correspondiente tramo de prueba, para fijar la composición y forma de actuación del equipo compactador, y para determinar la humedad de compactación más conforme a aquéllas.

La capacidad de soporte, y el espesor si procede, de la capa sobre la que se vaya a realizar el tramo de prueba serán semejantes a los que vaya a tener en el firme la capa de zahorra artificial.

El Director de las obras decidirá si es aceptable la realización del tramo de prueba como parte integrante de la obra en construcción.

Se establecerán las relaciones entre número de pasadas y densidad alcanzada, para cada compactador y para el conjunto del equipo de compactación.

A la vista de los resultados obtenidos, el Director de las obras definirá:

## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

- Si es aceptable o no el equipo de compactación propuesto por el Constructor.
- En el primer caso, su forma específica de actuación y, en su caso, la corrección de la humedad óptima.
- En el segundo, el Constructor deberá proponer un nuevo equipo, o la incorporación de un compactador suplementario o sustitutorio.

Asimismo, durante la ejecución del tramo de prueba se analizarán los aspectos siguientes:

- Comportamiento del material bajo la compactación.
- Correlación, en su caso, entre los métodos de control de humedad y densidad «in situ» establecidos en los Pliegos de Prescripciones Técnicas y otros métodos rápidos de control, tales como isótopos radiactivos, carburo de calcio, picnómetro de aire, etc.

### 501.4 Especificaciones de la unidad terminada

#### 501.4.1 Densidad

La compactación de la zahorra artificial se continuará hasta alcanzar una densidad no inferior a la que corresponda al cien por cien (100%) de la máxima obtenida en el ensayo «Proctor modificado», según la Norma NLT 108/72, efectuando las pertinentes sustituciones de materiales gruesos.

Cuando la zahorra artificial se emplee en calzadas para tráfico T3 ó T4, o en arcenes, se admitirá una densidad no inferior al noventa y siete por ciento (97%) de la máxima obtenida en el ensayo «Proctor modificado».

El ensayo para establecer la densidad de referencia se realizará sobre muestras de material obtenidas «in situ» en la zona a controlar, de forma que el valor de dicha densidad sea representativo de aquélla. Cuando existan datos fiables de que el material no difiere sensiblemente, en sus características, del aprobado en el estudio de los materiales y existan razones de urgencia, así apreciadas por el Director de las obras, se podrá aceptar como densidad de referencia la correspondiente a dicho estudio.

#### 501.4.2 Carga con placa

En las capas de zahorra artificial, los valores del módulo E2, determinado según la Norma NLT 357/86, no serán inferiores a los indicados en el Cuadro 501.2.

CUADRO 501.2

Situación	E2 (MPa)		
	T0-T1	T2-T3	T4, arcén
Sub-base .....	100	80	40
Base .....	120	100	60



## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

### 501.4.3 Tolerancias geométricas de la superficie acabada

Dispuestas estacas de refino, niveladas hasta milímetros (mm) con arreglo a los planos, en el eje, quiebros de peralte si existen, y bordes de perfiles transversales cuya separación no exceda de la mitad (1/2) de la distancia entre los perfiles del Proyecto, se comparará la superficie acabada con la teórica que pase por la cabeza de dichas estacas.

La citada superficie no deberá diferir de la teórica en ningún punto en más de quince milímetros (15 mm) bajo calzadas con tráfico T0, T1 ó T2, ni de veinte milímetros (20 mm) en los demás casos.

En todos los semiperfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso deberá ser inferior a la teórica deducida de la sección-tipo de los planos.

Será optativa del Director de las obras la comprobación de la superficie acabada con regla de tres metros (3 m), estableciendo la tolerancia admisible en dicha comprobación, de no venir fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Las irregularidades que excedan de las tolerancias especificadas se corregirán por el Constructor, a su cargo. Para ello, se escarificará en una profundidad mínima de quince centímetros (15 cm), se añadirá o retirará el material necesario y de las mismas características, y se volverá a compactar y refinar.

Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existieran problemas de encharcamiento, el Director de las obras podrá aceptar la superficie, siempre que la capa superior a ella compense la merma de espesor sin incremento de coste para la Administración.

### 501.5 Limitaciones de la ejecución

Las zahorras artificiales se podrán emplear siempre que las condiciones climatológicas no hayan producido alteraciones en la humedad del material, tales que se supere en más de dos (2) puntos porcentuales la humedad óptima.

Sobre las capas recién ejecutadas se prohibirá la acción de todo tipo de tráfico, mientras no se construya la capa siguiente. Si esto no fuera posible, el tráfico que necesariamente tuviera que pasar sobre ellas se distribuirá de forma que no se concentren las rodadas en una sola zona. El Constructor será responsable de los daños originados, debiendo proceder a su reparación con arreglo a las instrucciones del Director de las obras.

### 501.6 Medición y abono

La zahorra artificial se abonará por metros cúbicos (m<sup>3</sup>) realmente ejecutados, medidos con arreglo a las secciones-tipo señaladas en los planos.

No serán de abono las creces laterales, ni las consecuentes de la aplicación de la compensación de la merma de espesores de capas subyacentes.

## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

### 501.7 Control de calidad

#### 501.7.1 Control de procedencia

Antes del inicio de la producción, se reconocerá cada procedencia, determinándose su aptitud en función del resultado de los ensayos. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible, mediante toma de muestras en los acopios o a la salida de la cinta de las instalaciones de machaqueo.

Para cualquier volumen de producción previsto se ensayará un mínimo de cuatro (4) muestras, añadiéndose una (1) más por cada diez mil metros cúbicos (10.000 m<sup>3</sup>), o fracción, de exceso sobre cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Humedad natural, según la Norma NLT 102/72.
- Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las Normas NLT 105/72 y 106/72.
- Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.
- Equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72.
- Índice de lajas, según la Norma NLT 354/74.
- CBR, según la Norma NLT 111/78.
- Desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 149/72.
- Coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86.

Además, sobre una (1) de las muestras se determinará el peso específico de gruesos y finos, según las Normas NLT 153/76 y 154/76.

#### 501.7.2 Control de producción

Se realizarán los siguientes ensayos:

- Por cada mil metros cúbicos (1.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o cada día si se emplea menos material:
  - Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.
  - Equivalente de arena, según la Norma NLT 113/72.
  - Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Cada cinco mil metros cúbicos (5.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez a la semana si se emplea menos material:
  - Índice de lajas, según la Norma NLT 354/74.
  - Límite líquido e índice de plasticidad, según las Normas NLT 105/72 y 106/72.
  - Coeficiente de limpieza, según la Norma NLT 172/86.
- Cada quince mil metros cúbicos (15.000 m<sup>3</sup>) de material producido, o una (1) vez al mes si se emplea menos material:
  - Desgaste Los Angeles, según la Norma NLT 148/72.

#### 501.7.3 Control de ejecución

Se considerará como «lote», que se aceptará o rechazará en



## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

bloque, al material uniforme que entre en doscientos cincuenta metros (250 m) de calzada o arcén, o alternativamente en tres mil metros cuadrados (3.000 m<sup>2</sup>) de capa, o en la fracción construida diariamente si ésta fuera menor.

Las muestras se tomarán, y los ensayos «in situ» se realizarán, en puntos previamente seleccionados mediante un muestreo aleatorio, tanto longitudinal como transversalmente.

### 501.7.3.1 Compactación

Sobre una muestra de efectivo seis unidades (6 ud) se realizarán ensayos de:

- Humedad natural, según la Norma NLT 102/72.
- Densidad «in situ», según la Norma NLT 109/72.

### 501.7.3.2 Carga con placa

Sobre una muestra de efectivo una unidad (1 ud) se realizará un ensayo de carga con placa, según la Norma NLT 357/86.

### 501.7.3.3 Materiales

Sobre cada uno de los individuos de la muestra tomada para el control de compactación, según el apartado 501.7.3.1 del presente Artículo, se realizarán ensayos de:

- Granulometría por tamizado, según la Norma NLT 104/72.
- Proctor modificado, según la Norma NLT 108/72.

### 501.7.3.4 Criterios de aceptación o rechazo del lote

Las densidades medias obtenidas en la tongada compactada no deberán ser inferiores a las especificadas en el apartado 501.4.1 del presente Artículo; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta dos (2) puntos porcentuales por debajo de la densidad exigida.

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

Si durante la compactación apareciesen blandones localizados, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Para la realización de ensayos de humedad y densidad podrán utilizarse métodos rápidos no destructivos, tales como isótopos radiactivos, carburo de calcio, picnómetro de aire, etc, siempre que mediante ensayos previos se haya determinado una correspondencia razonable entre estos métodos y las Normas NLT 102/72 y 109/72.

Los módulos E2 obtenidos en el ensayo de carga con placa no

## 501. ZAHORRAS ARTIFICIALES

deberán ser inferiores a los especificados en el Cuadro 501.2 del presente Artículo o en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Caso de no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta alcanzar las densidades y módulos especificados.

Se recomienda llevar a cabo una determinación de humedad natural en el mismo lugar en que se realice el ensayo de carga con placa, así como proceder, cuando corresponda por frecuencia de control, a tomar muestras en dicha zona para granulometría y Proctor modificado.



