



ANEJO N.º 6

CÁLCULO DEL FIRME

AUTOR: NÉSTOR GIMÉNEZ CRIADO

TUTORES: ÁLVARO CUADRADO TARODO

DAVID LLOPIS CASTELLÓ



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 4

2. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO 4

3. EXPLANADA..... 4

3.1 INTRODUCCIÓN4

3.2 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA.....4

3.3 ANÁLISIS DE PRECIOS.....6

4. FIRME..... 7

4.1 INTRODUCCIÓN7

4.2 SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO7

4.3 ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FIRME7

4.3.1 LIGANTES BITUMINOSOS9

4.3.2 RIEGOS9

4.4 PRECIO DE FIRME.....9

4.5 PROPUESTA DE FIRME10

5. BIBLIOGRAFÍA..... 10

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo incluye la descripción y justificación de las secciones de firme a ejecutar en el tramo objeto de estudio, unas secciones que se encontrarán condicionadas por la categoría de tráfico pesado identificado, así como por el tipo de explanada disponible. En la confección del presente anejo se ha seguido la Norma 6.1-IC Secciones de firme de la instrucción de carreteras (BOE de 12 de diciembre de 2003).

2. CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO

En el Anejo 2. Estudio de Tráfico se ha calculado la intensidad media diaria de vehículos pesados para el carril de proyecto y año de puesta en servicio. Como resultado, se ha obtenido un valor de 1 vehículo pesado por día, lo que se atribuye a una categoría de tráfico tipo T42 para la carretera CV-427.

3. EXPLANADA

3.1 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de definir la estructura del firme, se establecen tres categorías de explanada, cuyo nombre son E1, E2 y E3.

En el Anejo 3. Estudio geológico y geotécnico, se ha identificado que a lo largo de la traza de la carretera de estudio se dispone de un suelo TOLERABLE.

3.2 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

Una vez determinado el tipo de suelo obtenido, se establecen nueve opciones distintas para formar la explanada en la Norma 6.1-IC, las cuales se muestran en la Figura 1.

- Explanada E1:

- Opción 1: Colocación de 60 cm de espesor de suelo adecuado como capa de coronación.
- Opción 2: Colocación de 45 cm de espesor de suelo seleccionado como capa de coronación.
- Opción 3: Colocación de 25 cm de espesor de suelo estabilizado S-EST1 con cal como capa de coronación.

- Explanada E2:

- Opción 4: Colocación de 75 cm de espesor de suelo seleccionado como capa de coronación.
- Opción 5: Colocación de 50 cm de espesor formado por 25 cm de S-EST1 con cal y 25 cm de S-EST2 como capa de coronación.

- Opción 6: Colocación de 90 cm de espesor formado por 40 cm de suelo seleccionado sobre 50 cm de suelo adecuado como capa de coronación.
- Opción 7: Colocación de 50 cm de espesor formado por 25 cm de suelo seleccionado sobre 25 cm de S-EST1 como capa de coronación.

- Explanada E3:

- Opción 8: Colocación de 60 cm de espesor formado por 30 cm de S-EST3 sobre 30 cm de suelo seleccionado como capa de coronación.
- Opción 9: Colocación de 80 cm de espesor formado por 30 cm de S-EST3 sobre 50 cm de suelo adecuado como capa de coronación.

| | | TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO) | | | | | |
|------------------------|---------------------------------------|--|--|-----------------------|----------------------|--------------------------------|----------|
| | | SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN) | | SUELOS TOLERABLES (0) | SUELOS ADECUADOS (1) | SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3) | ROCA (R) |
| CATEGORÍA DE EXPLANADA | E1 $E_{0.05} \geq 60 \text{ MPa}$ | | | | | | |
| | E2 $E_{0.05} \geq 120 \text{ MPa}$ | | | | | | |
| | E3 $E_{0.05} \geq 300 \text{ MPa}$ | | | | | | |

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material

espesor mínimo en cm

30

2

S-EST3

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Figura 1: Formación de la explanada. (Fuente: Norma 6.1 IC)

Puesto que en varias opciones cabe la posibilidad de usar suelo estabilizado, es necesaria la comprobación de si el suelo de la traza se puede estabilizar con cal o con cemento, siguiendo para ello las directrices enunciadas en el pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3) y que se recogen en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5.



| TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | CERNIDO ACUMULADO (% en masa) | |
|----------------------------|---|-------|
| | ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm) | |
| | 80 | 0,063 |
| S-EST1 y S-EST2 | 100 | ≥ 15 |

Tabla 1: Granulometría del suelo en las estabilizaciones con cal. (Fuente: PG-3).

| TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) (normas UNE 103103 y UNE 103104) |
|----------------------------|--|
| S-EST1 | IP ≥ 12 |
| S-EST2 | 12 ≤ IP ≤ 40 |

Tabla 2: Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con cal. (Fuente:PG-3)

| TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | CERNIDO ACUMULADO (% en masa) | | |
|----------------------------|---|------|-------|
| | ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm) | | |
| | 80 | 2 | 0,063 |
| S-EST1 y S-EST2 | 100 | > 20 | < 50 |
| S-EST3 | | | < 35 |

Tabla 3: Granulometría del suelo en las estabilizaciones con cemento. (Fuente:PG-3).

| CARACTERÍSTICA | NORMA | TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | | |
|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------|--------|
| | | S-EST1 | S-EST2 | S-EST3 |
| LÍMITE LÍQUIDO (LL) | UNE 103103 | | ≤ 40 | |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP) | UNE 103103 UNE 103104 | ≤ 15 | | |

Tabla 4: Plasticidad del suelo en las estabilizaciones con cemento. (Fuente: PG-3)

| CARACTERÍSTICA | NORMA | UNIDAD | TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------|----------------------------|--------|--------|
| | | | S-EST1 | S-EST2 | S-EST3 |
| MATERIA ORGÁNICA (MO) | UNE 103204 | % en masa | < 2 | < 1 | |
| SULFATOS SOLUBLES (SO ₃) | UNE 103201 ^(*) | % en masa | < 0,7 ^(**) | | |

Tabla 5: Composición química del suelo. (Fuente:PG-3).

En el Apéndice 3 del Anejo 3, Estudio geológico y geotécnico vienen adjuntos los resultados de los diferentes ensayos que se han realizado a las muestras obtenidas de las 2 calicatas del proyecto de construcción B-270.

La cata nº1, contiene material no válido, ya que no cumple con la normativa tanto para estabilizaciones con cal como para estabilizaciones con cemento.

La cata nº2, no cumple la normativa de estabilización con cal, pero sí la estabilización con cemento, por lo que podría usarse el suelo de la traza.

Al estar en una zona de incertidumbre en la que no se sabe con exactitud cual es la superficie de suelo con las características de la cata nº2, se decide emplear tierras de préstamo.

En la zona de la Hoya de Buñol hay varias canteras, por lo que se contacta con una de ellas, en este caso con la Cantera 'Los Serranos'. El suelo en préstamo procedente de la cantera presenta unas características que vienen recogidas en la Tabla 6.

| CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE PRÉSTAMO | |
|---------------------------------------|-------|
| Materia Orgánica (MO) | 0,30% |
| Índice de Plasticidad (IP) | 11 |
| Límite Líquido (LL) | 25 |
| Sulfatos Solubles (SO ₃) | 0,50% |
| #80 | 100% |
| #2 | 63% |
| #0,063 | 34% |

Tabla 6: Características del suelo de cantera. (Fuente: Datos facilitados por la Cantera Los Serranos, Buñol).

La comprobación de las características del suelo dicta que es apto para estabilizar con cemento, pero no así con cal, ya que el índice de Plasticidad no cumple con normativa. Por tanto, los suelos S-EST1, S-EST2 y S-EST3 podrán ser estabilizados con cemento.

También deberá tenerse en cuenta el contenido de conglomerante, el cual se presenta en la Tabla 7.

| CARACTERÍSTICA | UNIDAD | NORMA | TIPO DE SUELO ESTABILIZADO | | |
|----------------------------|--------------------------|-------|----------------------------|--------|--------|
| | | | S-EST1 | S-EST2 | S-EST3 |
| CONTENIDO DE CONGLOMERANTE | % en masa del suelo seco | | ≥ 2 | ≥ 3 | |

Tabla 7: Contenido de conglomerante. (Fuente: PG-3).

3.3 ANÁLISIS DE PRECIOS

En este apartado se estudian los diferentes posibles tipos de explanada, viendo así cual de todas ellas resulta la opción más económica. En primera instancia se tienen tres posibilidades de ejecución de explanada: E1, E2 y E3, cuyo análisis según el precio y el material se pueden observar en las Tablas 8, 9 y 10.

Son necesarios considerar varios aspectos previos al análisis de precios:

- La carretera CV-427 presenta un volumen de tráfico bajo.
- Se tiene en cuenta que los materiales que van a ser utilizados en la explanada no se encuentran en la traza. Como se ha dicho antes, ha sido necesario contactar con la Cantera ‘Los Serranos’ para su obtención, siendo esta la cantera más cercana. Se encuentra entre unos 5 y 10 kilómetros de la actuación.
- En los suelos estabilizados S-EST1 y S-EST2, queda descartada a la opción de estabilización con cal por incumplimiento de normativa, como se ha explicado anteriormente.
- El S-EST3 únicamente puede estabilizarse con cemento.
- El precio del suelo seleccionado viene determinado por la ‘Base de Precios de Referencia de la Dirección General de Carreteras (DGC)’, cuadro de precios nº2 siendo de un valor de 6,67€/Tn.
- El precio del suelo adecuado viene determinado por la ‘Base de Precios de Referencia de la DGC’, cuadro de precios nº1, siendo de un valor de 5,87€/Tn
- La densidad de los suelos seleccionado y adecuado es de 2,1 Tn/m³, por lo que la multiplicación de este por el precio establecido por la cantera dará como resultado el precio unitario en €/m³.
- El contenido en cemento es de un 3% del contenido en masa del suelo. El 3% de 2,1 Tn/m³, que es la densidad del suelo seleccionado, es 63 kg. Su precio es de 71,18 €/Tn por lo que multiplicando ambos factores se obtiene el precio unitario, resultando 4,48 €/m³. A este precio se le debe sumar el precio para cada tipo de suelo estabilizado (1, 2 o 3) según aparece en la ‘ORDEN CIRCULAR 37/2016: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras’.

Explanada E1

| OPCIÓN 1 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| 60 cm de espesor de suelo adecuado | 12,33 €/m³ | 7,40 €/m² |

| OPCIÓN 2 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|--|-----------------|-----------|
| 45 cm de espesor de suelo seleccionado | 14 €/m³ | 6,30 €/m² |

| OPCIÓN 3 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|---|-----------------|-----------|
| 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento | 11,73 €/m³ | 2,93 €/m² |

Tabla 8: Precios de explanada E1. (Fuente: Elaboración propia)

Explanada E2

| OPCIÓN 4 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|------------------------------------|-----------------|-----------|
| 75 cm de espesor de suelo adecuado | 12,33 €/m³ | 10,5 €/m² |

| OPCIÓN 5 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|--|-----------------|-----------|
| 25cm de espesor de S-EST 2 cemento | 12,50 €/m³ | 3,13 €/m² |
| 25cm de espesor de S-EST 1 con cemento | 11,73 €/m³ | 2,93 €/m² |
| | | 6,06 €/m² |



| OPCIÓN 6 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 40cm de espesor de suelo seleccionado | 14 €/m ³ | 5,6 €/m ² |
| 50cm de espesor de suelo adecuado | 12,33 €/m ³ | 6,17 €/m ² |
| | | 11,77 €/m ² |

| OPCIÓN 7 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|--|------------------------|-----------------------|
| 25cm de espesor de suelo seleccionado | 14 €/m ³ | 3,5 €/m ² |
| 25cm de espesor de S-EST 1 con cemento | 11,73 €/m ³ | 2,93 €/m ² |
| | | 6,43 €/m ² |

Tabla 9: Precios de explanada E2. (Fuente: Elaboración propia)

Explanada E3

| OPCIÓN 8 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|--|------------------------|-----------------------|
| 30cm de espesor de S-EST 3 con cemento | 12,74 €/m ³ | 3,82 €/m ² |
| 30cm de espesor de suelo seleccionado | 14 €/m ³ | 4,2 €/m ² |
| | | 8,02 €/m ² |

| OPCIÓN 9 | PRECIO UNITARIO | TOTAL |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 30cm de espesor de S-EST 2 cemento | 12,50 €/m ³ | 3,75 €/m ² |
| 50cm de espesor de suelo seleccionado | 14 €/m ³ | 7 €/m ³ |
| | | 10,75 €/m ² |

Tabla 10: Precios de explanada E3. (Fuente: Elaboración propia)

4. FIRME

4.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se va a analizar los firmes que son compatibles con el suelo de la traza para las diferentes opciones de explanada (E1, E2 y E3), haciendo una comparativa de precios para la obtención de la solución más económica.

4.2 SUELOCEMENTO Y GRAVACEMENTO

En la elección del firme es necesaria la comprobación del posible empleo de suelocemento o gravacemento. Para ello, se seguirán las directrices establecidas en el artículo 513 del PG-3.

El artículo 513.2.3.3 'Plasticidad' del PG-3, establece que, para la utilización del suelocemento, el suelo debe cumplir con que el límite líquido sea inferior a 30 y el índice de plasticidad inferior a 12. En este caso, el suelo de préstamo tiene un valor del límite líquido de 25 y un índice de plasticidad de 11. Por tanto, el material de cantera cumple con la normativa para el suelocemento, pero esta solución queda descartada ya que no resulta coherente utilizar suelocemento al no haber un volumen suficiente que justifique la instalación de una planta para ello.

En lo que respecta a gravacemento, los valores máximos para el límite líquido y para el índice de plasticidad son de 25 y 6 respectivamente, por lo que esta opción queda descartada por incumplimiento de normativa.

4.3 ANÁLISIS DE LOS TIPOS DE FIRME

Las opciones existentes de firme para el tráfico T42 son las representadas en las Figuras 2, 3 y 4:

- Explanada E1:

- Opción 4211: 20 cm de mezcla bituminosa sobre 35 cm de zahorra artificial.
- Opción 4214: 18 cm de hormigón de firme sobre 20 cm de zahorra artificial.

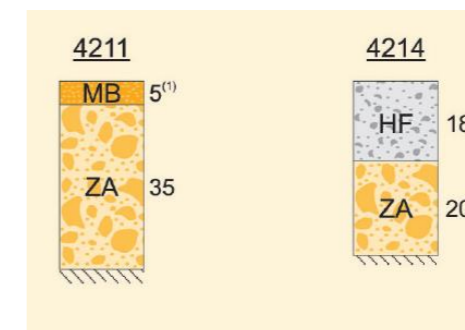


Figura 2: Sección de firme para explanada E1. (Fuente: Norma 6.1 IC)

- Explanada E2:

- Opción 4221: 5 cm de mezcla bituminosa sobre 25 cm de zahorra artificial.
- Opción 4224: 18 cm de hormigón de firme.

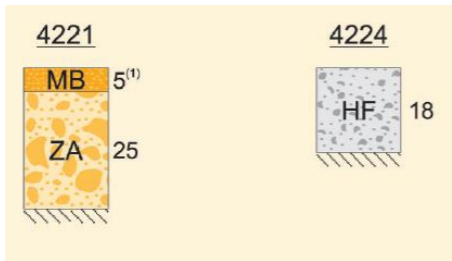


Figura 3: Sección de firme para explanada E2. (Fuente: Norma 6.1 IC)

- Explanada E3:

- Opción 4231: 5 cm de mezcla bituminosa sobre 20 cm de zahorra artificial.
- Opción 4234: 18 cm de hormigón de firme.

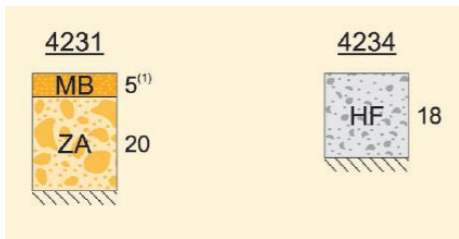


Figura 4: Sección de firme para explanada E3. (Fuente: Norma 6.1 IC)

Las opciones 4214, 4224 y 4234 se descartan porque el tramo objeto de estudio es una vía que no necesita una capa de rodadura de hormigón tan rígida debido a que el tráfico que soporta no es para nada elevado. Esta capa de rodadura solo se utiliza en zonas con una alta necesidad de capacidad portante elevada, siendo un claro ejemplo los aeropuertos. Adicionalmente, para favorecer la continuidad del firme carece de sentido realizar pequeñas variaciones en el trazado con este tipo de capa de rodadura.

No es posible disponer de mezclas drenantes (PA) por el tipo de tráfico pesado existente, aunque si fuese posible estas quedarían descartadas al tratarse de una zona pluviométrica no lluviosa.

Por tanto, una única opción es viable para el tipo de tráfico pesado de la carretera existente. Al tener 5 cm de mezcla bituminosa, este espesor estará formado únicamente por una capa de rodadura, ya que no hay más espesor para disponer de capa intermedia o de una base. La mezcla será de tipo semidenso (S), AC 16 surf S, que viene determinada en la Tabla 11, donde se han recortado los tipos de capa intermedia y base.

La Norma 6.1-IC indica los diferentes tipos de espesores de capas posibles para mezclas bituminosas en caliente, tanto para la capa de rodadura, como para la intermedia y base (Figura 5).

| TIPO DE CAPA | TIPO DE MEZCLA (*) | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | |
|--------------|--------------------|-----------------------------|----------|----------------------|
| | | T00 a T1 | T2 y T31 | T32 y T4 (T41 y T42) |
| Rodadura | PA | 4 | | |
| | M | 3 | 2-3 | |
| | F | | | |
| | D y S | | 6-5 | 5 |
| Intermedia | D y S | 5-10 ^(**) | | |
| Base | S y G | 7-15 | | |
| | MAM | 7-13 | | |

Figura 5: Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente. (Fuente: Norma 6.1 IC)

| TIPO DE CAPA | TIPO DE MEZCLA | ESPESOR (cm) |
|--------------|---------------------------------------|--------------|
| | DENOMINACIÓN. NORMA UNE-EN 13108-1(*) | |
| RODADURA | AC16 surf D AC16 surf S | 4 – 5 |
| | AC22 surf D AC22 surf S | > 5 |

Tabla 11: Tipo de mezcla en función del tipo y espesor de la capa. (Fuente: PG-3).

4.3.1 LIGANTES BITUMINOSOS

Para la elección del ligante bituminoso se tiene en cuenta la zona térmica estival donde se encuentra la carretera objeto de estudio y el tipo de tráfico que se tiene. Estas directrices vienen dadas en la Tabla 12.

| ZONA TÉRMICA ESTIVAL | CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | T00 | T0 | T1 | T2 y T31 | T32 y ARCENES | T4 |
| CÁLIDA | 35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-65 | 35/50 BC35/50 PMB 25/55-65 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 |
| MEDIA | 35/50 BC35/50 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 35/50 50/70 BC35/50 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 |
| TEMPLADA | 50/70 BC50/70 PMB 45/80-60 PMB 45/80-65 | 50/70 70/100 BC50/70 PMB 45/80-60 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 | 50/70 70/100 BC50/70 |

Tabla 12: Tipo de ligante hidrocarbonado a emplear en capa de rodadura y siguiente. (Fuente: PG-3)

Como determina la normativa, estando en una zona térmica estival media (Valencia) y una categoría de tráfico pesado T4, se elegirá un ligante bituminoso 50/70 por delante del ligante 70/100 y del BC50/70 al ser el más barato de los tres, estando en una zona térmica estival media (Valencia) y una categoría de tráfico pesado T4.

Deberá de aportarse a la mezcla bituminosa una cantidad de ligante hidrocarbonado que viene establecido en la Tabla 13:

| TIPO DE CAPA | TIPO DE MEZCLA | DOTACIÓN MÍNIMA (%) |
|--------------|--------------------|---------------------|
| RODADURA | densa y semidensa | 4,50 |
| INTERMEDIA | densa y semidensa | 4,00 |
| | alto módulo | 4,50 |
| BASE | semidensa y gruesa | 4,00 |
| | alto módulo | 4,75 |

Tabla 13: Dotación mínima de ligante hidrocarbonado. (Fuente: PG-3)

4.3.2 RIEGOS

La función de los riegos en las carreteras es la aplicación de una emulsión bituminosa sobre una capa de firme. Con esto se consigue garantizar la adherencia entre capas, además de un correcto curado entre capas de firme que son tratadas con cemento.

En el caso de la carretera de estudio, se va a utilizar un riego de imprimación, ya que, como dice la Norma 6.1-IC, “Sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial, deberá efectuarse, previamente, un riego de imprimación, definido en el artículo 530 del PG-3.”

El riego de imprimación prepara la superficie y garantiza la adherencia entre la capa granular y la mezcla bituminosa. En este caso se utilizará el riego de imprimación C50BF5 IMP, con una dotación de 1,5 kg/m².

4.4 PRECIO DE FIRME

Una vez determinados los diferentes tipos de explanada y la composición de los distintos firmes, se realiza una comparación de los precios de cada opción.

Para la obtención del importe en €/m² de la capa de rodadura y de la subbase, se multiplica el precio unitario total de la capa por su densidad, 2.5 t/m³ y 2.3 t/m³, respectivamente. El resultado viene multiplicado después por el espesor de la capa.

El precio unitario de todos los materiales viene determinado en la ‘ORDEN CIRCULAR 37/2016: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras’.

Las Figuras 6, 7 y 8 representan las diferentes opciones para el firme.

Opción 4211, Explanada E1

| Espesor | Capa | Material | Precio unitario (€/t) | Densidad (t/m³) | Importe (€/m²) |
|---------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| 5cm | Rodadura | AC 16 Surf S + 50/70 | 26,50 19,80 | 2,50 | 5,788 |
| | Riego de imprimación | C50 BF5 IMP | 356,97 | | 0,535 |
| 35cm | Subbase | Zahorra artificial | 4,00 | 2,30 | 3,22 |
| | | | | | 9,5425 |

Figura 6: Precios del firme para la opción 4211. (Fuente: Elaboración propia)



Opción 4221, Explanada E2

| Espesor | Capa | Material | Precio unitario (€/t) | Densidad (t/m³) | Importe (€/m²) |
|---------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| 5cm | Rodadura | AC 16 Surf 16 + 50/70 | 26,50 19,80 | 2,50 | 5,788 |
| | Riego de imprimación | C50 BF5 IMP | 356,97 | | 0,535 |
| 25cm | Subbase | Zahorra artificial | 4,00 | 2,30 | 2,3 |
| | | | | | 8,6225 |

Figura 7: Precios del firme para la opción 4211. (Fuente: Elaboración propia)

Opción 4231, Explanada E3

| Espesor | Capa | Material | Precio unitario (€/t) | Densidad (t/m³) | Importe (€/m²) |
|---------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
| 5cm | Rodadura | AC 16 Surf 16 + 50/70 | 26,50 19,80 | 2,50 | 5,788 |
| | Riego de imprimación | C50 BF5 IMP | 356,97 | | 0,535 |
| 20cm | Subbase | Zahorra artificial | 4,00 | 2,30 | 1,84 |
| | | | | | 8,1625 |

Figura 8: Precios del firme para la opción 4211. (Fuente: Elaboración propia)

4.5 PROPUESTA DE FIRME

Teniendo los precios de los diferentes tipos de firme para cada tipo de explanada, se compara la solución más económica.

- Explanada E1 con 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento junto con la sección de firme 4211: 12,473 €/m²
- Explanada E2 con 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento y 25cm de espesor de S-EST 2 cemento junto con la sección de firme 4221: 14,683 €/m²
- Explanada E2 con 30 cm de espesor de S-EST 3 con cemento y 30cm de espesor de suelo seleccionado junto con la sección de 4231: 16,183 €/m²

Por tanto, se realizará una explanada E1 formada por 25 cm de espesor de S-EST 1 con cemento sobre la traza de la carretera. El firme estará compuesto por 5 cm de capa de rodadura de material AC 16 Surf S con betún 50/70 sobre 35 cm de subbase de zahorra artificial. Para ello se dispondrá un riego de imprimación C50 BF5 IMP. La Figura 9 muestra el esquema de la sección completa.

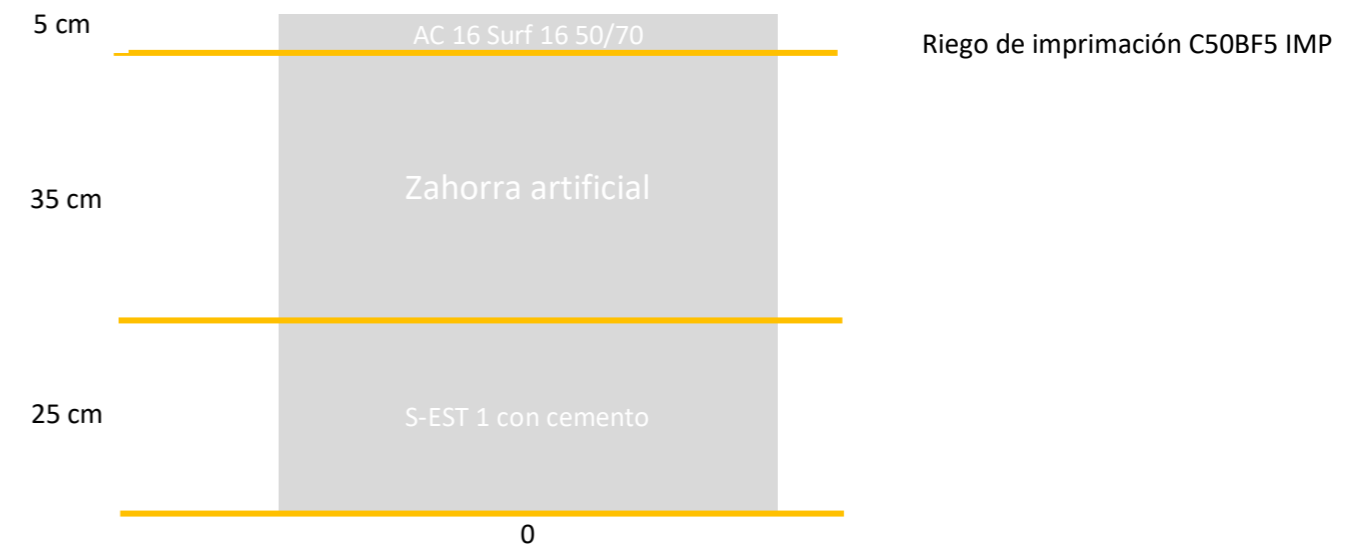


Figura 9: Sección del firme. (Fuente: Elaboración propia).

5. BIBLIOGRAFÍA

- Orden FOM 3460/2003, BOE-A-2003-22787 de 12 de diciembre de 2003. Norma 6.1 IC: SECCIONES DE FIRMES, apartado 5 "Explanada".
- ORDEN CIRCULAR 37/2016: Base de precios de referencia de la dirección general de carreteras'.
- Orden FOM 891/2004, BOE-A-2004-6192 de 4 de abril de 2004. Sección III.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3). 1976. (Ministerio de Fomento).
- Proyecto de construcción B-270 'Acondicionamiento de trazado y carril ciclo-peatonal en la carretera CV-429. Tramo del PK 0+220 al PK 3+000'.

