

**ANEJO nº 14**  
**TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL Y TÚNELES**

---



## ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>2 RELACIÓN DE ESTRUCTURAS.....</b>	<b>2</b>
<b>3 RELACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS .....</b>	<b>7</b>
<b>4 ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS.....</b>	<b>8</b>
4.1 Pasos superiores.....	8
4.1.1 <i>Condicionantes.....</i>	<i>8</i>
4.1.2 <i>Tipologías consideradas.....</i>	<i>8</i>
4.1.3 <i>Justificación de la tipología escogida .....</i>	<i>9</i>
4.2 Pasos inferiores.....	9
4.2.1 <i>Condicionantes.....</i>	<i>9</i>
4.2.2 <i>Tipologías consideradas.....</i>	<i>10</i>
4.2.3 <i>Justificación de la tipología escogida .....</i>	<i>10</i>
4.3 Viaductos y puentes .....	10
4.3.1 <i>Introducción y generalidades.....</i>	<i>10</i>
4.3.2 <i>Tipologías analizadas.....</i>	<i>11</i>
4.3.3 <i>Puentes de menos de 50 m (tipo 0) .....</i>	<i>12</i>
4.3.4 <i>Viaductos de entre 50 y 100 m (tipo 1).....</i>	<i>12</i>
4.3.5 <i>Viaductos de entre 100 y 250 m (tipo 2).....</i>	<i>13</i>
4.3.6 <i>Viaductos de entre 250 y 500 m (tipo 3).....</i>	<i>14</i>
4.3.7 <i>Viaductos de 500 m o más (tipo 4).....</i>	<i>15</i>
4.4 Túneles.....	19
4.5 Muros .....	21
<b>5 ACABADOS Y RECOMENDACIONES PARA OBRAS DE FÁBRICA .....</b>	<b>23</b>
<b>6 RESUMEN DE TIPOLOGÍAS SELECCIONADAS.....</b>	<b>23</b>

APÉNDICE 1: PLANOS DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

APÉNDICE 2: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS  
ESTUDIADAS

## MEMORIA

### 1 INTRODUCCIÓN

Las soluciones estudiadas en el presente Estudio Informativo, de acuerdo con la Orden de Estudio, se plantean como carretera - tipo C-80 - de nueva construcción en general. En los primeros 34 Km esto es totalmente cierto, mientras que en los 6 Km finales se propone el aprovechamiento de la actual N-230.

En toda su longitud, en cualquier caso, la carretera discurre por una orografía muy accidentada, con fuertes pendientes y profundas vaguadas. Este es el hecho que define la concepción de la nueva vía, e implica que el número de estructuras tipo puente/viaducto planteadas sea elevado, con unas alturas sobre el terreno considerables, y con métodos constructivos que resultarán ciertamente costosos en relación a otras obras en terrenos más llanos.

Además de los puentes previstos para el tronco de la carretera también se han previsto pasos inferiores y superiores para caminos y vías pecuarias, un gran número de muros y un considerable número de túneles.

En los siguientes apartados las estructuras previstas para la nueva N-230 se analizan, agrupadas por tipologías, desde el punto de vista económico, constructivo, estético, etc., valorando todos los aspectos y seleccionando de entre las distintas alternativas planteadas la idónea en cada caso.

### 2 RELACIÓN DE ESTRUCTURAS

A continuación se presentan resumidas, en forma de cuadro, las características de todas las estructuras de cada uno de los tramos.

### CUADRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y TÚNELES

Alternativa	Tramo/s	Designación	Identificador geográfico	Pk inicial	Pk final	Tipo	Subtipo	Características viaducto tipo	Long. total(m)	Ancho tabl. (m)	Sup. Tabl. (m2)	Altura máx.(m)
1-3	1A	O.F. - 95.9A	Clotada de Pedrillos	95+870	95+940	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	70	11	770	17
1-3	1A	TÚNEL 96.1A	Sopeira - Tossal Sobirà	96+060	99+200	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	3.140			-
1-3	1A	O.F.-99.2A	camino Aulet 99.2A			P.I.	1	Pórtico in situ	14	9	126	-
1-3	1A	O.F. - 99.4A	Barranco de Aulet (Embalse de Escales)	99+310	99+570	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	260	10	2.600	40
1-3	1A	O.F. - 99.7A	Barranco	99+680	99+760	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	80	11	880	29
1-3	1A	TÚNEL 100.0A	Serrat de Sant Salvador	99+930	102+135	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	2.205			-
1-3	1A	O.F. - 102.2A	Barranco de Les Casetes	102+160	102+295	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	135	10	1.350	39
1-3	1A - 2A	TÚNEL 102.4A	Tossal de les Casetes - Les Socarrades	102+315	103+235	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	920			(485 m en tramo 1A) (435 m en tramo 2A)
2	1B	O.F.- 96.1B	Clotada de Pedrillos	96+070	96+250	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	180	10	1.800	22
2	1B	TÚNEL 96.4B	Sopeira	96+375	98+085	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	1.710			-
2	1B	TÚNEL 98.4B	Bosque de Aulet	98+325	98+675	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	350			-
2	1B	O.F.- 99.8B	Embalse de Escales	99+800	100+085	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	285	10	2.850	40
2	1B	O.F.- 100.2B	Barranco	100+200	100+290	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	90	11	990	20
2	1B	O.F.- 100.4B	Barranco del Camp de Cumó	100+380	100+505	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	125	10	1.250	22
2	1B	TÚNEL 101.1B	La Seuva	101+010	102+100	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	1.090			-
2	1B	O.F.- 102.3B	Barranco de Granet	102+255	102+415	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	160	10	1.600	50
2	1B	O.F.- 102.8B	Barranco	102+710	102+860	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	150	10	1.500	12
2	1B	O.F.- 103.1B	Barranco	103+040	103+135	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	95	11	1.045	20
2	1B	O.F.- 103.3B	Barranco de Les Casetes	103+290	103+415	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	125	10	1.250	38

### CUADRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y TÚNELES

Alternativa	Tramo/s	Designación	Identificador geográfico	Pk inicial	Pk final	Tipo	Subtipo	Características viaducto tipo	Long. total(m)	Ancho tabl. (m)	Sup. Tabl. (m2)	Altura máx.(m)
2	1B - 2B	TÚNEL 103.5B	Tossal de les Casetes - Les Socarrades	103+440	104+400	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	960	(495 m en tramo 1B) (465 m en tramo 2B)		
1-3	2A	O.F. - 103.7A	Les Socarrades	103+615	103+835	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	220	10	2.200	23
1-3	2A	TÚNEL 103.9A	Serrat de la Creu	103+885	104+095	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	210	-		
1-3	2A	O.F. - 104.2A	Barranco de Tressarrado	104+145	104+215	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	70	11	770	21
1-3	2A	O.F. - 104.5A	Barranco de Buira	104+495	104+995	Viaducto tipo 4	4C	Vigas artesa prefabricadas - 20 vanos (20x30,5)	500	10	5.000	46
2	2B	O.F. - 104.9B	Les Socarrades	104+815	104+900	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	85	11	935	13
2	2B	TÚNEL 105.1B	Serrat de la Creu	105+040	105+260	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	220	-		
2	2B	O.F. - 105.3B	Barranco de Tressarrado	105+300	105+355	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	55	11	605	15
1-3	3A	TÚNEL 105.8A	El Pont de Suert	105+715	106+665	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	950	-		
1-3	3A	O.F. - 107.0A	Barranco de Sirès	106+910	106+965	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	55	11	605	-
1-3	3A	O.F. - 107.6A	Pont de Suert - Río La Noguera Ribagorzana	107+525	107+806,5	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	282	10	2.815	16
2	3B	O.F.- 107.2B	Enlace Pont de Suert Sur			P.S.	P.S.1	Tablero losa "in situ"postensada	55	9	495	-
2	3B	TÚNEL 107.3B	Pont de Suert	107+295	108+150	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	855	-		
2	3B	O.F.- 108.3B	Barranco de Sirès	108+305	108+350	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	45	11	495	-
2	3B	O.F. - 109.0B	Pont de Suert - Río La Noguera Ribagorzana	108+910	109+192,5	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	282,5	10	2.825	16
2	4B	O.F. - 109.7B	Río La Noguera de Tor	109+645	109+840	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	195	11	2.145	8
2	4B	O.F. - 110.4B	Enlace L-500	110+395	110+412	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	17,5	11	192,5	8
2	4B	O.F. - 110.5B	Enlace L-500	110+435	110+450	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	15	11	165	8

### CUADRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y TÚNELES

Alternativa	Tramo/s	Designación	Identificador geográfico	Pk inicial	Pk final	Tipo	Subtipo	Características viaducto tipo	Long. total(m)	Ancho tabl. (m)	Sup. Tabl. (m2)	Altura máx.(m)
2	4B	O.F. - 111.7B	Enlace Sarroqueta			P.S.	P.S.1	Tablero losa "in situ"postensada	41	9	369	-
1-3	4C	O.F. - 109.7C	Río La Noguera de Tor	109+645	109+840	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	190	11	2.090	8
1-3	4C	O.F. - 110.4C	Enlace L-500	110+395	110+412	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	17,5	11	192,5	8
1-3	4C	O.F. - 110.5C	Enlace L-500	110+435	110+450	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	15	11	165	8
1-3	4C	O.F. - 111.7C	Enlace Sarroqueta			P.S.	P.S.1	Tablero losa "in situ"postensada	41	9	369	-
1-3	4C	O.F. - 113.9C	Río La Noguera Ribagorzana	N-260	N-260	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	190	11	2.090	15
1-2	5B	O.F. - 115.6B	Enlace Vilaller sur	115+605	115+650	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	45	11	495	8
1-2	5B	O.F.- 115.9B	Río La Noguera Ribagorzana	115+825	116+030	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	205	10	2.050	25
1-2	5B	O.F.-116.4B	Carretera Vilaller - Montanuy			P.S.	P.S.1	Tablero losa "in situ"postensada	17	8	136	-
1-2	5B	O.F.- 117.6B	Río La Noguera Ribagorzana	117+510	119+900	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	390	10	3.900	12
1-2	5B	O.F.-118.0B	Enlace Vilaller Norte			Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	87	11	957	-
3	5C	TÚNEL 117.3C	Vilaller	117+210	117+475	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	265			
3	5C	O.F.-117.5C	Camino Vilaller - Barranco Casós			P.S.	P.S.1	Tablero losa "in situ"postensada	20	8	160	-
2	6B	O.F.- 120.7B	Río La Noguera Ribagorzana	120+625	120+725	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	100	11	1.100	5
1-3	6C	O.F.-120.6C	Río La Noguera Ribagorzana	120+560	120+695	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	135	10	1.350	14
1-3	6C	O.F.-121.6C	Río La Noguera Ribagorzana	121+570	121+695	Viaducto tipo 2	2A	Tablero con losa in situ aligerada postesada. 5 vanos	125	10	1.250	12
2-3	7B	O.F.- 125.3B	Río de Llauset	125+245	125+320	Viaducto tipo 1	1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	75	13,50	1.012,5	27
2-3	7B	O.F.- 125.8B	Conducción central de Senet	125+820	125+830	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	10	11	110	-

### CUADRO RESUMEN DE ESTRUCTURAS Y TÚNELES

Alternativa	Tramo/s	Designación	Identificador geográfico	Pk inicial	Pk final	Tipo	Subtipo	Características viaducto tipo	Long. total(m)	Ancho tabl. (m)	Sup. Tabl. (m2)	Altura máx.(m)
2-3	7B	TÚNEL 125.9B	La Creueta - Aneto	125+885	126+400	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	515			-
1	7C	O.F.- 124.2C	Río La Noguera Ribagorzana	124+170	124+485	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	315	10	3.150	20
1	7C	O.F.- 125.3C	Río de Llauset	125+260	125+285	Puente tipo 0	0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	25	10	250	-
1	7C	O.F.- 125.6C	Central de Senet	125+585	126+040	Viaducto tipo 3	3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	455	10	4.550	50
1	7C	TÚNEL 126.1C	La Creueta - Aneto	126+075	126+395	Túnel	1	Sistemas de excavación y sostenimiento convencionales.	320			-
1-2-3	8A	O.F.- 132.2A	Barranco de Salenques	132+140	132+320	Viaducto tipo 2	2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	180	10	1.800	14

**TIPOS**

**TIPO**

**DESCRIPCIÓN**

Puente
Viaducto

0  
1  
2  
3  
4

Longitud total <= 50 m  
50 m < Longitud total <=100 m  
100 m < Longitud total < 250 m  
250 m < Longitud total < 500 m  
Longitud total >= 500 m

Paso superior o inferior
--------------------------

1

Túnel
-------

T1

Túnel de 2 carriles



### 3 RELACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

Se ha establecido un cuadro de precios unitarios para poder proceder al estudio comparativo económico de tipologías. Estos precios se han obtenido a partir de estudios y proyectos de características similares redactados por METAENGINEERING en la zona del Pirineo Catalán y de la Base de Precios de Referencia de la DGC (según Nota de Servicio 7/2014).

CAPÍTULO	CONCEPTO	UNIDAD DE MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (€)
Hormigones	Hormigón HP-40 para alzados, pilas y tableros, sin encofrado	m <sup>3</sup>	116
	Hormigón HA-30 para alzados, pilas y tableros, sin encofrado	m <sup>3</sup>	100
	Hormigón HA-25 para cimientos y encepados, sin encofrado	m <sup>3</sup>	90
Aceros	Acero pasivo para armar	kg	1,05
	Acero activo de pretensado	kg	3,06
Encofrados y cimbras	Encofrado no visto	m <sup>2</sup>	32
	Encofrado visto	m <sup>2</sup>	36
	Encofrado perdido	m <sup>2</sup>	35
	Encofrado trepante en pilas, acabado visto	m <sup>2</sup>	45
	Cimbra cuajada	m <sup>3</sup>	11
	Cimbra con torres	m <sup>3</sup>	25
	Autocimbra	m <sup>2</sup> de tablero	200
Vigas prefabricadas	Vigas doble T canto 1,2 m	m	380
	Vigas doble T canto 1,5 m	m	470
	Vigas doble T canto 1,7 m	m	490
	Vigas doble T canto 2,0 m	m	590
	Vigas doble T canto 2,2 m	m	800
	Vigas prefabricadas tipo artesa de canto 2,20 m	m	2.100
	Vigas prefabricadas tipo artesa de canto 1,70 m	m	1.700
	Vigas prefabricadas tipo artesa de canto 1,50 m	m	1.500
	Vigas prefabricadas tipo artesa de canto 1,30 m	m	1.350
	Vigas prefabricadas tipo artesa de canto 1,00 m	m	1.150
Tierras y pilotes	Excavación	m <sup>3</sup>	7
	Relleno	m <sup>3</sup>	5
	Pilotes de 1,2 m de diámetro	m	350
Otros	Elementos auxiliares (apoyos, pruebas de carga, juntas...)	m <sup>2</sup>	70
	Acabados (barreras, impermeabilización, pavimento, drenajes...)	m <sup>2</sup>	170
Muros	Muro de hormigón armado. H < 5 m	m <sup>2</sup>	180
	Muro de hormigón armado. 5 < H < 10 m	m <sup>2</sup>	250
	Muro de hormigón armado. 10 < H < 15 m	m <sup>2</sup>	450
	Muro de escollera. H < 5 m	m <sup>2</sup>	135
	Muro de escollera. 5 < H < 10 m	m <sup>2</sup>	200
	Muro de tierra armada	m <sup>2</sup>	200
Túnel	Obra civil de túnel	m	18.000
	Instalaciones de túnel de L < 500 m	m	2.400
	Instalaciones de túnel de 500 m < L < 800 m	m	4.300
	Instalaciones de túnel de 800 m < L < 1.500 m	m	6.000
	Instalaciones de túnel de L > 1.500 m	m	6.300

## 4 ANÁLISIS DE TIPOLOGÍAS

### 4.1 Pasos superiores

#### 4.1.1 Condicionantes

A continuación se relacionan y comentan los distintos condicionantes que se han tenido en cuenta en el estudio de la tipología estructural para pasos superiores.

#### **Geometría longitudinal de los pasos superiores**

La carretera proyectada contempla la siguiente sección tipo en desmonte:

Calzada:	7,0 m
Arcenes:	1,5 m
Cuneta de pie de desmonte:	1,5 m
Banqueta de pie de desmonte:	1,0 m

Los pasos superiores, para el trazado proyectado, cruzan sobre el tronco principal cuando éste se excava en trinchera. Con esto, y dada la contenida anchura de la calzada principal, se ha previsto una estructura de un solo vano con sus estribos cimentados en la parte superior del desmonte. Resulta una longitud de aproximadamente 30 metros.

Se podría plantear una solución con una luz inferior mediante estribos cerrados más o menos próximos a la calzada del tronco principal. No obstante, y dado el rango de luces que tratamos, se ha desestimado porque esta solución reduce la visibilidad, produce sensación de estrechamiento de la carretera y genera un obstáculo adicional para la circulación.

#### **Sección tipo**

En estructuras tipo paso superior para el paso de caminos se ha previsto una anchura libre de 8,0 m. Añadiendo 50 cm a cada lado para la colocación de los pretiles de seguridad se obtiene un tablero de 9,0 m de ancho total.

#### **Condicionantes geotécnicos**

A la vista de las conclusiones del informe geotécnico se puede considerar que todas las posibles estructuras tipo paso superior dispondrán de cimentación superficial, hallándose en general los niveles de roca a escasa profundidad.

#### **Condicionantes constructivos**

Dado que los pasos se proyectan sobre una calzada de nueva construcción no existen condicionantes relativos a afecciones al tráfico.

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de más de 25 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

#### **Condicionantes estéticos**

Dado que se trata de pasos sobre la calzada de una carretera de la Red Nacional se ha considerado el aspecto estético como uno de los factores principales a tener en cuenta en el análisis comparativo. Por este motivo se desestima la utilización de vigas “doble T” y la ejecución de pilas intermedias.

#### 4.1.2 Tipologías consideradas

Se plantean dos posibles tipologías de tablero que en todo caso, como se ha comentado anteriormente, será isostático de un solo vano.

#### **Tableros mediante losa postesada ejecutada in situ**

Esta solución precisa de la colocación de cimbra cuajada o autoportante, en función de la altura del tablero sobre el terreno.

Permite construir una estructura muy atractiva visualmente por la ausencia de juntas, la posibilidad de encajar una gran variedad de geometrías, y especialmente la esbeltez que se consigue mediante este esquema, del orden de hasta  $L/22$ .

Por otro lado, la ejecución in situ permite adoptar formas variables con facilidad, tanto longitudinal como transversalmente.

### **Tableros mediante vigas prefabricadas**

En contraposición con el caso anterior, esta solución se ejecuta sin cimbra y con el mínimo encofrado posible en forma de losas de encofrado perdido apoyado en las propias vigas. Por este motivo la ejecución es limpia y rápida.

El transporte de vigas de más de 25 metros siempre puede plantear problemas. En la obra que nos ocupa se deberá hacer el traslado por la actual carretera, la cual plantea algunos pasos complicados en las inmediaciones del embalse de Escales.

Se ha descartado la utilización de vigas doble T por motivos estéticos, de modo que en las valoraciones comparativas se considera vigas artesa.

Por último cabe comentar que no se contempla la posibilidad de proyectar estructuras con secciones cajón o estructura mixta dado que, para el rango de luces estudiado, resultan económicamente inviables.

En el Apéndice 2 se presenta en detalle la valoración económica estimada para los dos tipos de tablero que se acaban de exponer.

#### *4.1.3 Justificación de la tipología escogida*

A la vista de los resultados obtenidos (a pesar del incremento de coste) se ha escogido la **solución 1**, valorando por encima del coste que el aspecto que se puede conseguir con la estructura in situ es mucho más favorable, y también por las dudas que plantea el coste del traslado de las vigas hasta la obra.

## **4.2 Pasos inferiores**

### *4.2.1 Condicionantes*

A continuación se relacionan y comentan los distintos condicionantes que se han tenido en cuenta en el estudio de la tipología estructural para pasos inferiores.

#### **Geometría longitudinal de los pasos inferiores**

La carretera proyectada contempla la siguiente sección tipo en terraplén:

Calzada:	7,0 m
Arcenes:	1,5 m
Bermas de terraplén:	0,75 m

Los pasos inferiores, para el trazado proyectado, cruzan en general bajo el tronco principal cuando éste se construye en terraplén.

#### **Sección tipo**

En estructuras tipo paso inferior para el paso de caminos se ha previsto una anchura libre de 7,0 – 9,0 metros. No se ha previsto la ejecución de aceras atendiendo al carácter rural de los caminos repuestos. Se mantendrá siempre un gálibo vertical libre de 5,0 metros.

Los pasos de fauna se realizan adaptando cajones de obras de drenaje resultando una anchura de paso de entre 7 y 9 metros y altura entre 3,5 y 4 metros.

A efectos de valoración económica se consideran estos pasos de fauna dentro de la categoría de cajones de drenaje.

#### **Condicionantes geotécnicos**

A la vista de las conclusiones del informe geotécnico se puede considerar que todas las posibles estructuras tipo paso inferior dispondrán de cimentación superficial, hallándose en general los niveles de roca a escasa profundidad.

#### **Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

Todos los pasos inferiores previstos se construirán de forma previa a la nueva carretera, por lo que podrán utilizarse los métodos clásicos de ejecución.

#### **Condicionantes estéticos**

No se consideran especialmente importantes dado que se trata de pasos bajo calzada que serán transitados por un escaso número de usuarios. Por este motivo, y dado el buen

aspecto que se consigue hoy día tanto en pasos inferiores ejecutados in situ como con elementos prefabricados no se desestima a priori ninguna solución estructural.

#### 4.2.2 Tipologías consideradas

##### **Pórtico abierto ejecutado in situ**

Esta solución precisa de la utilización de cimbra cuajada, que podrá ser colocada sin mayor problema.

Permite construir una estructura muy limpia visualmente, y ofrece como gran ventaja la posibilidad de encajar una gran variedad de geometrías.

##### **Cajón ejecutado con elementos prefabricados**

En contraposición con el caso anterior, esta solución se ejecuta sin cimbra. Por este motivo la ejecución es limpia y rápida. Es posible prefabricar tanto los módulos del cajón como las aletas.

El transporte de los marcos por la actual N-230 puede plantear problemas, y en cualquier caso la situación geográfica de la obra puede encarecer en demasía esta solución.

En el Apéndice 2 se presenta la valoración económica estimada detallada para los dos tipos de paso inferior que se acaban de exponer. Para la valoración y comparación entre distintas soluciones estructurales se ha realizado una estimación del presupuesto para una sección de 7,0 x 5,0 metros interiores.

#### 4.2.3 Justificación de la tipología escogida

A la vista de los resultados obtenidos se ha escogido la **solución 1**, correspondiente al pórtico ejecutado in situ. Esta tipología resulta más económica, permite adaptarse a geometrías variables o irregulares y permite también conseguir un aspecto mucho más favorable.

## 4.3 Viaductos y puentes

### 4.3.1 Introducción y generalidades

Entre todas las alternativas de trazado propuestas se proyectan un total de 5 puentes ( $L \leq 50m$ ) y 27 viaductos para el tronco principal de la nueva carretera. Las longitudes totales de estas estructuras varían entre los 10 y los 500 metros.

La anchura del tablero de estas estructuras, para tableros de menos de 100 metros de longitud total, es de 11 metros, que se dividen en:

Calzada: 7,0 m  
 Arcén derecho: 1,5 m  
 Arcén izquierdo: 1,5 m  
 Espacio para el anclaje de las defensas: 0,5 m en cada borde del tablero

En los casos con longitud total superior a los 100 metros se ha aplicado la reducción de arcenes que admite la Norma 3.1-IC, resultando un tablero de 10 metros de anchura:

Calzada: 7,0 m  
 Arcén derecho: 1,0 m  
 Arcén izquierdo: 1,0 m  
 Espacio para el anclaje de las defensas: 0,5 m en cada borde del tablero

Desde un punto de vista del esquema longitudinal se han analizado diferentes posibilidades de reparto de longitudes de vano, comparando la repercusión sobre el coste de la estructura del aumento del número de vanos y pilas, reduciendo el canto de los tableros, contra la opción de aumentar las luces de vano.

En la implantación de los viaductos sobre cauces fluviales se han tenido en cuenta las características del curso atravesado. Se pueden agrupar en dos familias, atendiendo a las características del valle atravesado:

1. Viaductos en tramos a media ladera. En este caso se atraviesan en general barrancos con pronunciada forma en “V”, así que se descartan problemas de gálibo respecto a episodios de avenida de los diferentes cursos hidrológicos.
2. Viaductos en los cruces con los ríos Noguera Ribagorzana y Noguera de Tor. En estos casos, la anchura y la cota de la lámina de agua en episodios de inundación es determinante para el diseño, tal como se justifica en el Anejo número 6 de “Climatología, Hidrología y Drenaje”.

De acuerdo con los resultados del informe geotécnico, se consideran una cimentación profunda para las pilas centrales de los viaductos.

Con el objetivo de facilitar el análisis técnico y económico de las distintas tipologías estructurales posibles se propone clasificar los viaductos en cuatro grupos. Dentro de cada grupo se analizarán diferentes tipologías para un viaducto tipo que por sus dimensiones se considere representativo de ese grupo.

Los grupos que se proponen son los siguientes:

- **Puentes de menos de 50 m de longitud.** Dentro de este capítulo se analizan varias opciones para un “puente tipo” de 30 m de longitud total,
- **Viaductos de entre 50 y 100 m de longitud total.** Dentro de este capítulo se analizan varias opciones para un “viaducto tipo” de 90 m de longitud total y una altura máxima sobre el fondo del valle de 25 m.
- **Viaductos de más de 100 y hasta 250 m de longitud total.** Dentro de este capítulo se analizan varias opciones para un “viaducto tipo” de 160 m de longitud total y una altura máxima sobre el valle de 20 m
- **Viaductos de más de 250 y menos de 500 m de longitud total.** Dentro de este capítulo se analizan varias opciones para un “viaducto tipo” de 360 m de longitud total y una altura máxima sobre el valle de 18 m
- **Viaductos de 500 o más m de longitud total.** Dentro de este capítulo se analizan varias opciones para un “viaducto tipo” de 610 m de longitud total y una altura máxima de pilas de 23 m.

#### 4.3.2 Tipologías analizadas

Atendiendo al rango de luces que nos ocupa, entre 10 y 500 m, se consideran cuatro tipologías de tablero posibles: tableros losa ejecutados in situ, tableros cajón ejecutados in situ, y tableros de vigas prefabricadas con losa de compresión in situ, ya sean tipo artesa o tipo “doble T”. Cabe realizar en este punto un breve resumen de las ventajas e inconvenientes de cada tipología.

##### Tableros losa:

- El tablero losa permite adaptarse mejor a la geometría de la carretera, tanto en planta como en alzado.
- Permite reducir, por su esquema estático de viga continua, el canto del tablero en relación a una estructura de vigas (isostática).
- Ofrecen un aspecto visual de gran calidad, por su esbeltez, por las escasas aristas resultantes, y por los buenos acabados superficiales que ofrecen los sistemas de encofrado actuales.
- Precisa de un cimbrado para la colocación de los encofrados, el cual resulta especialmente costoso con pilas de alturas superiores a los 10 – 15 metros.

##### Tableros cajón:

- Presentan similares ventajas e inconvenientes que los tableros en losa postensada, pero admitiendo un rango de luces mayor que permite minimizar el número de pilas a proyectar. Con ello se consigue un aspecto muy limpio visualmente.

##### Tableros de vigas:

- La principal ventaja de las vigas es la calidad de fabricación y la rapidez en el montaje.
- No precisan de la ejecución de una cimbra.
- Se deben prever dinteles que permitan disponer todos los aparatos de apoyo y transmitir los esfuerzos a las pilas.
- El transporte de grandes vigas por carretera representa un inconveniente importante, y por su situación geográfica este hecho es especialmente destacable en el caso que nos ocupa.



#### 4.3.3 Puentes de menos de 50 m (tipo 0)

Dentro de este grupo hay cinco estructuras, con longitudes totales de entre 10 y 45 m. Para el estudio de costes de las distintas tipologías planteadas se considera un viaducto tipo de 90 m.

##### **Geometría longitudinal**

Para la estructura tipo de 30 m se ha analizado la posibilidad de plantear un vano mediante losa in situ (tipo 0A), así como la posibilidad de plantar (tipos 0B y 0C) para tipologías de vigas.

##### **Sección tipo**

En cuanto a la sección transversal se ha analizado el coste de ejecutar tableros mediante losa in situ con aligeramientos, tableros con vigas prefabricadas artesa y tableros con vigas prefabricadas doble T.

##### **Condicionantes geotécnicos**

En el apartado de “geología y geotecnia de estructuras” del anejo de geología y geotecnia se presenta una tabla resumen de las condiciones de cimentación de todas las estructuras. Como regla general se puede deducir que los estribos siempre tendrán una cimentación superficial.

##### **Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de hasta 30 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

##### **Condicionantes estéticos**

Dado que se trata de puentes sobre barrancos y cursos torrenciales de agua no se considera el aspecto estético como un factor principal a tener en cuenta en el análisis comparativo.

Por último cabe comentar que no se contempla la posibilidad de proyectar estructuras con secciones cajón o estructura mixta dado que, para el rango de luces estudiado, resultan económicamente inviables.

En el Apéndice 2 se detallan en forma de cuadro los costes calculados para cada una de las alternativas analizadas.

Al final del presente capítulo se presenta una tabla resumen con todos los costes de las distintas alternativas estudiadas.

##### **Justificación de la tipología escogida**

Las opciones de estructura ejecutada in situ resultan tener un coste superior a las soluciones con elementos prefabricados, a la vista de los resultados obtenidos.

Se ha escogido la **solución 0C** por resultar la alternativa más económica.

#### 4.3.4 Viaductos de entre 50 y 100 m (tipo 1)

Dentro de este grupo hay diez estructuras, con longitudes totales de entre 55 y 100 m. Para el estudio de costes de las distintas tipologías planteadas se considera un viaducto tipo de 90 m.

##### **Geometría longitudinal**

Para la estructura tipo de 90 m se ha analizado la posibilidad de plantear tres vanos mediante losa in situ (tipo 1A), así como la posibilidad de plantar igual número de vanos (tipos 1B y 1C) para tipologías de vigas. No se contempla la posibilidad de un número par de vanos dado que se trata de barrancos de una gran profundidad. Las posibilidades de un vano o bien de cinco vanos dan lugar a estructuras muy descompensadas.

##### **Sección tipo**

En cuanto a la sección transversal se ha analizado el coste de ejecutar tableros mediante losa in situ con aligeramientos, tableros con vigas prefabricadas artesa y tableros con vigas prefabricadas doble T.

### **Condicionantes geotécnicos**

En el apartado de “geología y geotecnia de estructuras” del anejo de geología y geotecnia se presenta una tabla resumen de las condiciones de cimentación de todas las estructuras.

Como regla general se puede deducir que los estribos de viaductos siempre tendrán una cimentación superficial y que, para las pilas, puede ser necesario en algún caso ejecutar cimentaciones profundas. Por este motivo se ha introducido una partida para una longitud tipo de pilotes en las estructuras con pilas intermedias.

### **Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de hasta 30 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

### **Condicionantes estéticos**

Dado que se trata de puentes y viaductos sobre barrancos y cursos torrenciales de agua no se considera el aspecto estético como un factor principal a tener en cuenta en el análisis comparativo.

Por último cabe comentar que no se contempla la posibilidad de proyectar estructuras con secciones cajón o estructura mixta dado que, para el rango de luces estudiado, resultan económicamente inviables.

En el Apéndice 2 se detallan en forma de cuadro los costes calculados para cada una de las alternativas analizadas.

Al final del presente capítulo se presenta una tabla resumen con todos los costes de las distintas alternativas estudiadas.

### **Justificación de la tipología escogida**

Las opciones de estructura ejecutada in situ resultan tener un coste superior a las soluciones con elementos prefabricados, a la vista de los resultados obtenidos. Además se ha tenido en cuenta que las dos estructuras correspondientes a este grupo no serán vistas desde debajo.

Se ha escogido la **solución 1C** por resultar la alternativa más económica.

#### **4.3.5 Viaductos de entre 100 y 250 m (tipo 2)**

Dentro de este grupo hay nueve estructuras, con longitudes totales de entre 110 y 220 m. Para el estudio de costes de las distintas tipologías planteadas se considera un viaducto tipo de 160 m.

#### **Geometría longitudinal**

Para la estructura tipo de 160 m se ha analizado un tipología mediante losa in situ de cinco vanos (tipo 2A) y cuatro opciones de construcción con elementos prefabricados, planteando cinco o siete vanos (tipos 2B, 2C, 2D y 2E) para distintas tipologías de vigas.

#### **Sección tipo**

En cuanto a la sección transversal se ha analizado el coste de ejecutar tableros mediante losa in situ con aligeramientos, tableros con vigas prefabricadas artesa y tableros con vigas prefabricadas doble T.

#### **Condicionantes geotécnicos**

En el apartado de “geología y geotecnia de estructuras” del anejo de geología y geotecnia se presenta una tabla resumen de las condiciones de cimentación de todas las estructuras.

Como regla general se puede deducir que los estribos de viaductos siempre tendrán una cimentación superficial y que, para las pilas, puede ser necesario en algún caso ejecutar cimentaciones profundas. Por este motivo se ha introducido una partida para una longitud tipo de pilotes en las estructuras con pilas intermedias.

**Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de hasta 32 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

**Condicionantes estéticos**

Dado que se trata en general de puentes y viaductos que pueden ser visibles desde la actual carretera N-230 o desde alguno de los pequeños núcleos de población repartidos a lo largo del trazado se debe considerar el aspecto estético como un factor a tener en cuenta en el análisis comparativo.

Por último cabe comentar que no se contempla la posibilidad de proyectar estructuras con secciones cajón o estructura mixta dado que, para el rango de luces estudiado, resultan económicamente inviables.

**Justificación de la tipología escogida**

Las opciones de estructura ejecutada in situ resultan tener un coste superior a las soluciones con elementos prefabricados, a la vista de los resultados obtenidos. Se ha escogido la **solución 2B** por resultar la alternativa más económica, hecho que se consigue gracias a que la contenida anchura del tablero permite disponer una única viga artesa. Además, esta tipología permite conseguir un mejor aspecto estético que las vigas doble T. En el viaducto 121.6C se ha escogido la solución 2A con canto constante por restricciones hidráulicas de resguardo entre la lámina de agua y la cota inferior del tablero.

En el Apéndice 2 se detallan en forma de cuadro los costes calculados para cada una de las alternativas analizadas.

Al final del presente capítulo se presenta una tabla resumen con todos los costes de las distintas alternativas estudiadas.

**4.3.6 Viaductos de entre 250 y 500 m (tipo 3)**

Dentro de este grupo hay seis estructuras, con longitudes totales de entre 260 y 390 m. Para el estudio de costes de las distintas tipologías planteadas se considera un viaducto tipo de 360 m.

**Geometría longitudinal**

Para la estructura tipo de 360 m se ha analizado, para las soluciones in situ, la posibilidad de plantear diez (losa aligerada, 3A) o seis vanos (cajón canto constante, 3B), así como la posibilidad de plantar doce o dieciséis vanos con la misma luz (tipos 3C, 3D, 3E y 3F) para tipologías de vigas.

**Sección tipo**

En cuanto a la sección transversal se ha analizado el coste de ejecutar tableros mediante losa in situ con aligeramientos, cajón cerrado, tableros con vigas prefabricadas artesa y tableros con vigas prefabricadas doble T.

**Condicionantes geotécnicos**

En el apartado de “geología y geotecnia de estructuras” del anejo de geología y geotecnia se presenta una tabla resumen de las condiciones de cimentación de todas las estructuras.

Como regla general se puede deducir que los estribos de viaductos siempre tendrán una cimentación superficial y que, para las pilas, puede ser necesario en algún caso ejecutar cimentaciones profundas. Por este motivo se ha introducido una partida para una longitud tipo de pilotes en las estructuras con pilas intermedias.

**Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de hasta 30 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.



### **Condicionantes estéticos**

Dado que se trata en general de puentes y viaductos que pueden ser visibles desde la actual carretera N-230 o desde alguno de los pequeños núcleos de población repartidos a lo largo del trazado se debe considerar el aspecto estético como un factor a tener en cuenta en el análisis comparativo.

Por último cabe comentar que no se contempla la posibilidad de proyectar estructuras con estructura mixta dado que, para el rango de luces estudiado, resultan económicamente inviables.

### **Justificación de la tipología escogida**

Las opciones de estructura ejecutada in situ resultan tener un coste general muy superior a las soluciones con elementos prefabricados tipo artesa o doble T, a la vista de los resultados obtenidos. Este hecho se debe en gran medida al alto coste de la cimbra y los encofrados en tableros de estas dimensiones.

Se ha escogido la **solución 3C** por resultar la alternativa más económica, y valorando además que supone la ejecución de únicamente once pilas frente a las quince de la solución 3D. Al ser, además, una estructura con vigas artesa, permite obtener un acabado estéticamente aceptable.

En el Apéndice 2 se detallan en forma de cuadro los costes calculados para cada una de las alternativas analizadas.

Al final del presente capítulo se presenta una tabla resumen con todos los costes de las distintas alternativas estudiadas.

#### **4.3.7 Viaductos de 500 m o más (tipo 4)**

Dentro de este grupo hay dos estructuras, con longitudes totales de entre 500 y 515 m. Para el estudio de costes de las distintas tipologías planteadas se considera un viaducto tipo de 530 m.

### **Geometría longitudinal**

Para la estructura tipo de 530 m se ha analizado, para las soluciones in situ, la posibilidad de plantear catorce (losa aligerada, 4A) o nueve vanos (cajón canto constante, 4B), así como la posibilidad de plantar dieciocho o veintitrés vanos con la misma luz (tipos 4C, 4D, 4E y 4F) para tipologías de vigas.

### **Sección tipo**

En cuanto a la sección transversal se ha analizado el coste de ejecutar tableros mediante losa in situ con aligeramientos, tableros con vigas prefabricadas artesa y tableros con vigas prefabricadas doble T.

No se han introducido tipologías de estructura metálica o mixta en el análisis por el alto coste que suponen, considerando además que en la obra que se proyecta no existen grandes restricciones de gálibo ni se atraviesan entornos urbanos.

### **Condicionantes geotécnicos**

En el apartado de “geología y geotecnia de estructuras” del anejo de geología y geotecnia se presenta una tabla resumen de las condiciones de cimentación de todas las estructuras.

Como regla general se puede deducir que los estribos de viaductos siempre tendrán una cimentación superficial y que, para las pilas, puede ser necesario en algún caso ejecutar cimentaciones profundas. Por este motivo se ha introducido una partida para una longitud tipo de pilotes en las estructuras con pilas intermedias.

### **Condicionantes constructivos**

El condicionante constructivo fundamental es la posibilidad de trasladar elementos prefabricados de grandes dimensiones (en este caso vigas de hasta 30 m) a la obra. De los medios que disponga y de la forma de ejecutar las obras que plantee el futuro contratista dependerá que la opción prefabricada sea más o menos ventajosa.

### **Condicionantes estéticos**

Dado que se trata en general de puentes y viaductos que pueden ser visibles desde la actual carretera N-230 o desde alguno de los pequeños núcleos de población repartidos a

lo largo del trazado se debe considerar el aspecto estético como un factor a tener en cuenta en el análisis comparativo.

#### **Justificación de la tipología escogida**

Las opciones de estructura ejecutada in situ resultan tener un coste general muy superior a las soluciones con elementos prefabricados tipo artesa o doble T, a la vista de los resultados obtenidos. Este hecho se debe en gran medida al alto coste de la cimbra y los encofrados en tableros de estas dimensiones.

Además, las alternativas con un mayor número de pilas se encarecen más debido a la elevada altura de las mismas sobre los cauces y valles atravesados.

Se ha escogido la **solución 4C** por resultar la alternativa más económica, y valorando además que supone la ejecución de únicamente diecisiete pilas frente a las veintidós de la solución 4D. Al ser, además, una estructura con vigas artesa, permite obtener un acabado estéticamente aceptable.

En el Apéndice 2 se detallan en forma de cuadro los costes calculados para cada una de las alternativas analizadas.

Al final del presente capítulo se presenta una tabla resumen con todos los costes de las distintas alternativas estudiadas.

<b>PUENTES TIPO 0. TABLA RESUMEN DE COSTES</b> LONGITUD TIPO: 30 m							
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	PILAS	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
0A	Losa in situ Cto.Variable - 1 vano (1X30)	203.043,67	0,00	165.515,36	79.200,00	447.759,02	1.356,85
0B	Vigas artesa prefabricadas - 1 vano (1x30)	124.278,75	0,00	165.515,36	79.200,00	368.994,11	1.118,16
0C	Vigas "doble T" prefabricadas - 1 vano (1x30)	104.223,00	0,00	165.515,36	79.200,00	348.938,36	1.057,39
<b>VIADUCTOS TIPO 1. TABLA RESUMEN DE COSTES</b> LONGITUD TIPO: 90 m ALTURA MÁXIMA TIPO: 25 m							
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	PILAS	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
1A	Losa in situ Cto.Variable - 3 vanos (25+40+25)	609.131,00	128.389,98	165.515,36	237.600,00	1.140.636,34	1.152,16
1B	Vigas artesa prefabricadas - 3 vanos (3x30)	372.836,25	132.762,92	165.515,36	237.600,00	908.714,53	917,89
1C	Vigas "doble T" prefabricadas - 3 vanos (3x30)	312.669,00	146.754,92	165.515,36	237.600,00	862.539,28	871,25
<b>VIADUCTOS TIPO 2. TABLA RESUMEN DE COSTES</b> LONGITUD TIPO: 160 m ALTURA MÁXIMA TIPO: 20 m							
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	PILAS	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
2A	Losa in situ Cto. Variable - 5 vanos (23+3x38+23)	820.447,12	200.664,80	127.319,51	384.000,00	1.532.431,42	957,77
2B	Vigas artesa prefabricadas - 5 vanos (5x32)	414.200,00	263.394,80	131.117,50	384.000,00	1.192.712,30	745,45
2C	Vigas artesa prefabricadas - 7 vanos (7x22)	358.200,00	395.092,20	131.117,50	384.000,00	1.268.409,70	792,76
2D	Vigas "doble T" prefabricadas - 5 vanos (5x32)	547.248,00	285.048,56	127.319,51	384.000,00	1.343.616,07	839,76
2E	Vigas "doble T" prefabricadas - 7 vanos (7x22)	470.448,00	427.572,84	127.319,51	384.000,00	1.409.340,35	880,84
<b>VIADUCTOS TIPO 3. TABLA RESUMEN DE COSTES</b> LONGITUD TIPO: 360 m ALTURA MÁXIMA TIPO: 18 m							
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	PILAS	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
3A	Losa in situ Cto. Variable - 10 vanos (20+8x40+20)	1.636.216,01	310.538,34	127.319,51	864.000,00	2.938.073,86	816,13
3B	Cajón in situ Cto.Constante - 6 vanos (50+4x65+50)	2.035.872,00	179.521,30	127.319,51	864.000,00	3.206.712,81	890,75
3C	Vigas artesa prefabricadas - 12 vanos (12x30)	913.950,00	379.546,86	127.319,51	864.000,00	2.284.816,37	634,67
3D	Vigas artesa prefabricadas - 16 vanos (16x22)	805.950,00	752.801,40	131.117,50	864.000,00	2.553.868,90	709,41
3E	Vigas "doble T" prefabricadas - 12 vanos (12x30)	1.040.760,00	451.750,86	127.319,51	864.000,00	2.483.830,37	689,95
3F	Vigas "doble T" prefabricadas - 16 vanos (16x22)	1.011.960,00	834.003,00	127.319,51	864.000,00	2.837.282,51	788,13
<b>VIADUCTOS TIPO 4. TABLA RESUMEN DE COSTES</b> LONGITUD TIPO: 530 m ALTURA MÁXIMA TIPO: 23 m							
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	PILAS	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
4A	Losa in situ Cto. Variable - 14 vanos (25+12x40+25)	2.408.873,57	533.827,71	127.319,51	1.272.000,00	4.342.020,79	819,25
4B	Cajón in situ Cto.Constante - 9 vanos (44,5+7x63+44,5)	2.997.256,00	339.709,36	127.319,51	1.272.000,00	4.736.284,87	893,64
4C	Vigas artesa prefabricadas - 18 vanos (25+16x30+25)	1.345.537,50	586.572,42	127.319,51	1.272.000,00	3.331.429,43	628,57
4D	Vigas artesa prefabricadas - 23 vanos (18+21x23,5+18,5)	1.186.537,50	1.104.108,72	131.117,50	1.272.000,00	3.693.763,72	696,94
4E	Vigas "doble T" prefabricadas - 18 vanos (25+16x30+25)	1.532.230,00	711.288,42	127.319,51	1.272.000,00	3.642.837,93	687,33
4F	Vigas "doble T" prefabricadas - 23 vanos (18+21*23,5+18,5)	1.489.830,00	1.239.444,72	127.319,51	1.272.000,00	4.128.594,23	778,98

<b>PASOS INFERIORES.</b> TABLA RESUMEN DE COSTES		LONGITUD TIPO: 18 m SECCIÓN INTERIOR: 7 x 5 m				
TIPO	TIPOLOGÍA	MÓDULOS	ALETAS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
1	Pórtico "in situ" con cimbra cuajada	58.488,60	34.607,00	25.500,00	118.595,60	790,64
2	Módulos prefabricados tipo marco	103.610,00	27.982,00	25.500,00	157.092,00	1.047,28

  

<b>PASOS SUPERIORES.</b> TABLA RESUMEN DE COSTES		LONGITUD TIPO: 30 m				
TIPO	TIPOLOGÍA	TABLERO	ESTRIBOS	OTROS CONCEPTOS	TOTAL (€)	TOTAL POR m2
1	Tablero losa "in situ" postesada	104.579,58	42.109,75	64.800,00	211.489,33	783,29
2	Tablero con viga prefabricada artesa	64.496,25	42.109,75	64.800,00	171.406,00	634,84

#### 4.4 Túneles

En el presente estudio se ha previsto la ejecución de los siguientes túneles, considerando todos los tramos combinados. Estos túneles presentan las siguientes características:

Alternativa/s	Tramo/s	Designación	Identificador geográfico	Pk inicial	Pk final	Longitud (m)
1-3	1A	TÚNEL 96.1A	Sopeira - Tossal Sobirà	96+060	99+200	3140,00
1-3	1A	TÚNEL 100.0A	Serrat de Sant Salvador	99+930	102+135	2205,00
1-3	1A - 2A	TÚNEL 102.4A	Tossal de les Casetes - Les Socarrades	102+315	103+235	920,00
2	1B	96.4B	Sopeira	96+375	98+085	1710,00
2	1B	TÚNEL 98.4B	Bosque de Aulet	98+325	98+675	350,00
2	1B	TÚNEL 101.1B	La Seuva	101+010	102+100	1090,00
2	1B - 2B	TÚNEL 103.5B	Tossal de les Casetes - Les Socarrades	103+440	104+400	960,00
1-3	2A	TÚNEL 103.9A	Serrat de la Creu	103+885	104+095	210,00
2	2B	TÚNEL 105.1B	Serrat de la Creu	105+040	105+260	220,00
1-3	3A	TÚNEL 105.8A	El Pont de Suert	105+715	106+665	950,00
2	3B	TÚNEL 107.3B	Pont de Suert	107+295	108+150	855,00
3	5C	TÚNEL 11.73C	Vilaller	117+210	117+475	265,00
2-3	7B	TÚNEL 125.9B	La Creueta - Aneto	125+885	126+400	515,00
1	7C	TÚNEL 126.1C	La Creueta - Aneto	126+075	126+395	320,00

A partir de las estaciones geomecánicas y de los trabajos de campo y de laboratorio efectuados se ha estimado el sostenimiento que deberá aplicarse a los túneles previstos en el presente estudio, tal como se detalla en el Anejo 13.

En cuanto a las instalaciones, el equipo mínimo necesario para los túneles objeto de estudio deberá contener todos los elementos que el RD 635/2006 de 26 de Mayo sobre los requisitos mínimos de seguridad en los túneles de Carreteras del Estado estipula en cada caso.

Cabe destacar que gran parte de los túneles proyectados disponen de una longitud superior a los 500 m, y por tanto se ven obligados a disponer de iluminación permanente y de emergencia, ventilación, galerías de evacuación cada 400 metros, etc. No obstante, entre las tres alternativas hay 5 túneles de longitud comprendida entre 200 y 500 m, los cuales tienen menos instalaciones.

Además de los túneles indicados, cabe mencionar que el trazado, en el tramo 8A, aprovecha los tres túneles existentes de Lladó, Colladetes y Fogá, siendo estos tres túneles los únicos túneles existentes que se mantienen en servicio.

A continuación se resumen en forma de tabla aquellas características de este grupo de túneles que determinan el nivel de equipamiento necesario. Para facilitar la comprensión se han clasificado en cinco niveles, a, b, c, d y e, atendiendo a la longitud e IMD prevista para cada uno de ellos.

## CUADRO RESUMEN DE INSTALACIONES DE TÚNELES DE ACUERDO CON RD 635/2006

TÚNEL	TRAMO/S	ALTERNATIVA	LONGITUD (m)	IMD prevista 2025 (veh/día)	IMDcarril > 2000 (veh/día)	IMDcarril > 1000 (veh/día)	NIVEL DE EQUIPAMIENTO	EQUIPAMIENTO SEGÚN APARTADO	CENTRO DE CONTROL	SALIDAS DE EMERGENCIA	VENTILACIÓN TIPO
96.1A	1A	1-3	3 140	3 411	NO	SI	a	2.21.2.1.1	SI	SI	TRANSVERSAL
100.0A	1A	1-3	2 205	3 411	NO	SI	a	2.21.2.1.1	SI	SI	TRANSVERSAL
102.4A	1A - 2A	1-3	920	3 411	NO	SI	c	2.21.2.2.2	NO	SI	LONGITUDINAL
96.4B	1B	2	1 710	3 411	NO	SI	a	2.21.2.1.1	SI	SI	TRANSVERSAL
98.4B	1B	2	350	3 411	NO	SI	e	2.21.2.3.2	NO	NO	NO
101.1B	1B	2	1 090	3 411	NO	SI	a	2.21.2.1.1	SI	SI	TRANSVERSAL
103.5B	1B - 2B	2	960	3 411	NO	SI	c	2.21.2.2.2	NO	SI	LONGITUDINAL
103.9A	2A	1-3	210	2 532	NO	SI	e	2.21.2.3.2	NO	NO	NO
105.1B	2B	2	220	2 532	NO	SI	e	2.21.2.3.2	NO	NO	NO
105.8A	3A	1-3	950	4 708	SI	SI	b	2.21.2.2.1	SI	SI	LONGITUDINAL
107.3B	3B	2	855	4 708	SI	SI	b	2.21.2.2.1	SI	SI	LONGITUDINAL
117.3C	5C	3	265	3 760	NO	SI	e	2.21.2.3.2	NO	NO	NO
125.9B	7B	2 - 3	515	3 128	NO	SI	c	2.21.2.2.2	NO	SI	LONGITUDINAL
126.1C	7C	1	320	3 128	NO	SI	e	2.21.2.3.2	NO	NO	NO

NOTA: El nivel de equipamiento se ha fijado atendiendo al Apartado 2.21.2 del Anexo 1 del RD 635/2006

Para la determinación del coste por unidad de longitud de la construcción túnel se han utilizado valores medios recientes obtenidos de proyectos y obras realizados por el equipo autor del presente Estudio.



#### 4.5 Muros

En el presente estudio se han previsto tres tipos de muros: de hormigón armado, de tierra armada y muros de escollera.

Para la determinación del coste por metro cuadrado de muro se han utilizado valores medios obtenidos de proyectos y obras realizados por el equipo autor del presente Estudio.

RELACIÓN DE MUROS									
Alternativa	Tramo	Designación	Lado	Desmorte / Terraplén	Tipo	Long. total(m)	Altura max. (m)	Altura media (m)	Superf. (m2)
1 - 3	1A	M-99.3A	Izquierdo	Terraplén	Tierra Armada	21	14.5	10.68	224
1 - 3	1A	M-99.6A	Derecho	Terraplén	Hormigón	21	4.7	2.48	52
2	1B	M-98.7B	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	271	10.0	5.29	1,434
2	1B	M-99.0B	Derecho	Terraplén	Hormigón	56	4.4	3.27	183
2	1B	M-99.1B	Derecho	Terraplén	Hormigón	25	12.0	8.60	215
2	1B	M-100.5B	Derecho	Terraplén	Hormigón	35	8.0	7.57	265
2	1B	M-100.7B	Derecho	Terraplén	Hormigón	161	11.7	8.37	1,348
2	1B	M-102.1B	Derecho	Terraplén	Hormigón	41	0.7	0.68	28
2	1B	M-102.2B	Derecho	Terraplén	Hormigón	26	3.8	2.23	58
2	1B	M-102.5B	Derecho	Terraplén	Hormigón	108	8.8	7.28	786
2	1B	M-102.9B	Derecho	Terraplén	Hormigón	122	10.8	5.00	610
2	1B	M-103.1B	Derecho	Terraplén	Hormigón	26	6.5	5.19	135
1 - 3	2A	M-103.8A	Derecho	Terraplén	Hormigón	46	15.3	10.57	486
1 - 3	2A	M-105.4IA	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	26	5.6	4.42	115
1 - 3	2A	M-105.4DA	Derecho	Terraplén	Hormigón	126	12.2	6.87	865
1 - 3	2A	M-EPSS 0.0	-	Terraplén	Hormigón	156	10.0	8.49	1,324
1 - 3	2A	M-EPSS 0.2	-	Terraplén	Hormigón	81	8.0	5.58	452
2	2B	M-104.5B	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	373	8.0	6.97	2,599
2	2B	M-104.9IB	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	118	10.0	5.74	677
2	2B	M-104.9DB	Derecho	Terraplén	Hormigón	60	10.5	4.87	292
2	2B	M-105.3B	Derecho	Terraplén	Hormigón	26	7.2	5.69	148
2	2B	M-106.1B	Derecho	Terraplén	Escollera	36	5.3	4.78	172
2	2B	M-106.6B	Derecho	Terraplén	Escollera	50	6.5	5.10	255
2	2B	M-106.9B	Derecho	Terraplén	Escollera	48	8.2	7.04	338
2	2B	M-107.1B	Derecho	Terraplén	Escollera	135	6.2	5.05	682
1 - 3	3A	M-105.6A	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	136	7.7	4.43	602
1 - 3	3A	M-106.7A	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	137	10.0	8.53	1,168
2	4B	M-109.6B	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	35	< 5	1.17	41

RELACIÓN DE MUROS									
Alternativa	Tramo	Designación	Lado	Desmorte / Terraplén	Tipo	Long. total(m)	Altura max. (m)	Altura media (m)	Superf. (m2)
2	4B	M-110.2B	Derecho	Terraplén	Hormigón	215	< 10	7.27	1,563
2	4B	M-110.3B	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	161	> 10	9.25	1,489
2	4B	M-110.5B	Derecho	Terraplén	Hormigón	205	< 10	6.51	1,335
2	4B	M-110.6B	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	217	< 10	6.82	1,479
2	4B	M-114.5B	Izquierdo	Terraplén	Escollera	26	1.0	0.81	21
2	4B	M-114.7B	Izquierdo	Terraplén	Escollera	129	3.3	2.54	328
2	4B	M-115.3B	Izquierdo	Terraplén	Escollera	102	< 10	3.82	390
1 - 3	4C	M-109.6C	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	35	< 5	1.17	41
1 - 3	4C	M-110.2C	Derecho	Terraplén	Hormigón	215	< 10	7.27	1,563
1 - 3	4C	M-110.3C	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	161	> 10	9.25	1,489
1 - 3	4C	M-110.5C	Derecho	Terraplén	Hormigón	205	< 10	6.51	1,335
1 - 3	4C	M-110.6C	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	217	< 10	6.82	1,479
1 - 3	4C	M-114.5C	Izquierdo	Terraplén	Escollera	26	1.0	0.81	21
1 - 3	4C	M-114.7C	Izquierdo	Terraplén	Escollera	129	3.3	2.54	328
1 - 3	4C	M-115.3C	Izquierdo	Terraplén	Escollera	102	< 10	3.82	390
2	6B	M-120.0B	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	135	5.0	3.78	510
2	6B	M-121.6B	Derecho	Terraplén	Escollera	51	1.9	1.76	90
1 - 3	6C	M-120.0C	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	135	5.0	3.78	510
1 - 3	6C	M-121.6C	Derecho	Terraplén	Escollera	51	1.9	1.76	90
2 - 3	7B	M-124.1B	Derecho	Terraplén	Hormigón	124	5.8	4.67	579
2 - 3	7B	M-124.4B	Derecho	Terraplén	Hormigón	161	8.5	4.78	769
2 - 3	7B	M-124.9B	Derecho	Terraplén	Hormigón	267	5.0	3.21	857
2 - 3	7B	M-125.1B	Derecho	Terraplén	Hormigón	121	13.8	5.34	646
2 - 3	7B	M-125.4B	Derecho	Terraplén	Hormigón	475	12.7	6.87	3,263
2 - 3	7B	M-125.8IB	Izquierdo	Desmorte	Hormigón	41	14.0	7.10	291
2 - 3	7B	M-125.8DB	Derecho	Terraplén	Hormigón	31	6.0	5.55	172
2 - 3	7B	M-126.5B	Derecho	Terraplén	Hormigón	127	11.9	9.35	1,188
2 - 3	7B	M-126.7B	Derecho	Terraplén	Hormigón	116	6.1	4.76	552
1	7C	M-124.5C	Derecho	Terraplén	Escollera	96	5.8	4.69	450
1	7C	M-124.6C	Derecho	Terraplén	Escollera	21	2.1	1.48	31
1	7C	M-124.7C	Derecho	Terraplén	Hormigón	51	3.5	2.61	133
1	7C	M-124.9C	Derecho	Terraplén	Hormigón	51	2.2	1.69	86
1	7C	M-125.1C	Derecho	Terraplén	Escollera	41	2.6	1.85	76
1	7C	M-125.5C	Derecho	Terraplén	Hormigón	35	7.3	4.09	143
1	7C	M-126.5C	Derecho	Terraplén	Hormigón	117	11.3	8.52	997
1	7C	M-126.7C	Derecho	Terraplén	Hormigón	126	6.7	4.97	626
1 - 2 - 3	8A	M-127.4A	Derecho	Terraplén	Hormigón	179	3.4	2.65	475
1 - 2 - 3	8A	M-127.6A	Derecho	Terraplén	Hormigón	41	3.3	2.44	100



RELACIÓN DE MUROS									
Alternativa	Tramo	Designación	Lado	Desmonte / Terraplén	Tipo	Long. total(m)	Altura max. (m)	Altura media (m)	Superf. (m2)
1 - 2 - 3	8A	M-127.8A	Derecho	Terraplén	Hormigón	88	10.1	7.26	639
1 - 2 - 3	8A	M-128.8A	Derecho	Terraplén	Hormigón	31	6.0	5.06	157
1 - 2 - 3	8A	M-129.3A	Derecho	Terraplén	Hormigón	176	2.0	0.93	163
1 - 2 - 3	8A	M-130.3A	Derecho	Terraplén	Hormigón	72	6.8	2.67	192
1 - 2 - 3	8A	M-130.8A	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	92	4.2	1.13	104
1 - 2 - 3	8A	M-130.9A	Derecho	Terraplén	Hormigón	85	4.2	3.45	293
1 - 2 - 3	8A	M-131.1DA	Derecho	Terraplén	Escollera	66	6.8	3.94	260
1 - 2 - 3	8A	M-131.1IA	Izquierdo	Terraplén	Hormigón	67	0.8	0.67	45
1 - 2 - 3	8A	M-132.5A	Derecho	Terraplén	Escollera	31	1.2	1.00	31

## 5 ACABADOS Y RECOMENDACIONES PARA OBRAS DE FÁBRICA

Los tableros de pasos superiores y viaductos se impermeabilizan mediante la aplicación de pintura de origen asfáltico, por encima de la cual se ejecutará una capa de rodadura con mezcla bituminosa en caliente con un grosor de 5 cm previa aplicación del correspondiente riego de adherencia.

En cuanto a los pretilas de seguridad, de acuerdo con la Orden Circular 35/2014 *Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos*, en todos los viaductos proyectados se deberán disponer pretilas homologadas con el nivel de contención que corresponda en cada caso.

No se recomienda la aplicación de ningún tipo de pintura con objetivos estéticos en ningún elemento estructural salvo en los pretilas metálicos de seguridad. En el futuro Proyecto Constructivo a redactar se debería escoger un color para aplicar dichos pretilas.

En cuanto a los estribos se recomienda disponer estribos de hormigón armado cerrados, con aletas colgadas en vuelta. De este modo se acepa que delante del estribo se

producirá un derrame de tierras, que deberá tener la misma pendiente que los taludes de terraplén, es decir, 3H:2V.

## 6 RESUMEN DE TIPOLOGÍAS SELECCIONADAS

A continuación se presenta un cuadro resumen de la tipología escogida para cada familia de estructuras, detallándose para cada una de ellas el coste de ejecución material a aplicar en el presupuesto.

### Pasos superiores tipo 1:

Tableros mediante losa postensada ejecutada in situ, un vano. Coste unitario: 783,29 €/m<sup>2</sup>.

### Pasos inferiores tipo 1:

Pórtico in situ con cimbra cuajada. Coste unitario: 790,64 €/m<sup>2</sup>.

### Puentes tipo 0C (luz hasta 50 m)

Tablero de vigas doble T prefabricadas  
Coste unitario: 1.057,39 €/m<sup>2</sup>.

**Viaductos tipo 1C (luz total hasta 100 m):**

Tablero de vigas doble T prefabricadas, tres vanos.

Coste unitario: 871,25 €/m<sup>2</sup>.

**Viaductos tipo 2B (luz total entre 100 y 250 m):**

Tablero de vigas artesa prefabricadas. Coste unitario: 745,45 €/m<sup>2</sup>.

**Viaductos tipo 3C (luz total entre 250 y 500 m):**

Tablero de vigas artesa prefabricadas. Coste unitario: 634,67 €/m<sup>2</sup>.

**Viaductos tipo 4C (luz total superior a 500 m):**

Tablero de vigas artesa prefabricadas. Coste unitario: 628,57 €/m<sup>2</sup>.

**Obra civil túnel dos carriles.** Coste unitario: 18.000 €/m

**Instalaciones de túnel de longitud menor de 500 m.** Coste unitario: 2.400 €/m

**Instalaciones de túnel de longitud entre 500 y 1.000 m.** Coste unitario: 5.000 €/m

**Instalaciones de túnel de longitud mayor de 1.000 m.** Coste unitario: 6.300 €/m

**Muro de hormigón armado de altura menor de 5 m.** Coste unitario: 180 €/m<sup>2</sup>.

**Muro de hormigón armado de altura entre 5 y 10 m.** Coste unitario: 250 €/m<sup>2</sup>.

**Muro de hormigón armado de altura entre 10 y 15 m.** Coste unitario: 450 €/m<sup>2</sup>.

**Muro de escollera de altura menor de 5 m.** Coste unitario: 135 €/m<sup>2</sup>.

**Muro de escollera de altura entre 5 y 10 m.** Coste unitario: 200 €/m<sup>2</sup>.

**Muro de tierra armada.** Coste unitario: 200 €/m<sup>2</sup>.

**Apéndice 1:**  
**Planos de las alternativas estudiadas**



**Apéndice 2:**  
**Valoración económica de las alternativas estudiadas**

